



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Diseño del mantenimiento centrado en la confiabilidad de
motores Cummins ISF 2.8 para aumentar su disponibilidad en
Nazareo S.A.C**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Atalaya Salazar, Ruben Arnaldo (orcid.org/0000-0002-6504-6240)

ASESOR:

Dr. Lujan Lopez, Jorge Eduardo (orcid.org/0000-0003-1208-1242)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Este trabajo se dedica al viaje constante de descubrimiento, al fluir de las circunstancias que moldearon mi comprensión y me instan a crecer. En el inmenso tejido de la existencia, donde cada hilo cuenta una historia única, dedico este esfuerzo a la maravilla de vivir y aprender, reconociendo que cada paso es una contribución valiosa al tapiz inimitable de la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente al profesor Jorge Luján, destacado docente de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Universidad César Vallejo (UCV), por su invaluable orientación, conocimiento y apoyo durante todo el desarrollo de esta investigación. Su dedicación y experiencia han sido fuentes fundamentales de inspiración y crecimiento académico.

También extendo mi gratitud a la UCV por brindarme el entorno propicio para mi formación profesional.

A mi familia, agradezco su constante respaldo y comprensión, siendo mi motor y sostén en cada etapa de esta travesía académica. Este logro no sería posible sin el apoyo de todos quienes, de diversas maneras, han contribuido a mi formación.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Diseño del mantenimiento centrado en la confiabilidad de motores Cummins ISF 2.8 para aumentar su disponibilidad en Nazareo S.A.C.", cuyo autor es ATALAYA SALAZAR RUBEN ARNALDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 08 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO DNI: 17897692 ORCID: 0000-0003-1208-1242	Firmado electrónicamente por: JLUJAN el 08-12- 2023 07:02:33

Código documento Trilce: TRI - 0688499



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, ATALAYA SALAZAR RUBEN ARNALDO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño del mantenimiento centrado en la confiabilidad de motores Cummins ISF 2.8 para aumentar su disponibilidad en Nazareo S.A.C.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
RUBEN ARNALDO ATALAYA SALAZAR DNI: 41242780 ORCID: 0000-0002-6504-6240	Firmado electrónicamente por: RATALAYAS el 08-12- 2023 13:21:15

Código documento Trilce: TRI - 0688500

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO.....	6
III.METODOLOGÍA.....	21
3.1. Tipo y diseño de investigación	21
3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada.....	21
3.1.2. Diseño de investigación: Pre – experimental	21
3.2. Variables y Operacionalización	22
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5. Procedimiento	24
3.6. Método de análisis	26
3.7. Aspecto ético.....	27
IV.RESULTADOS.....	28
4.1. Evaluación de la situación actual de la gestión del mantenimiento.....	28
4.2. Análisis de criticidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareno S.A.C	32
4.3. Análisis de las causas-raíz de los problemas de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa de transportes Nazareno S.A.C	38
4.4. Diseño de un sistema de mantenimiento para los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareno S.A.C.....	53
V.DISCUSIÓN	106
VI.CONCLUSIONES	113
VII.RECOMENDACIONES.....	115
REFERENCIAS.....	116
ANEXOS	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones del motor Cummins ISF 2.8.....	12
Tabla 2. Disponibilidad actual de los motores diésel ISF 2.8 de la flota de la empresa de transportes Nazareo S.A.C durante el periodo de 24 meses (agosto 2021 – agosto 2023).....	29
Tabla 3. Criticidad del subsistema inyección del combustible de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses (agosto 2021- agosto 2023).....	33
Tabla 4. Criticidad del subsistema Tren alternativo de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses (agosto 2021- agosto 2023).....	33
Tabla 5. Criticidad de los subsistemas Turbocompresor e Intercooler del motor Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses (agosto 2021- agosto 2023).....	34
Tabla 6. Criticidad de los subsistemas Lubricación del motor Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses (agosto 2021- agosto 2023).....	35
Tabla 7. Criticidad del subsistema Refrigeración de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses (agosto 2021- agosto 2023).....	36
Tabla 8. Criticidad del subsistema Refrigeración de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C.....	37
Tabla 9. Análisis de las causas raíz de las fallas (AMEF) de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa de transportes Nazareo S.A.C.....	39
Tabla 10. Cumplimiento del ciclo P.H.V.A. en la unidad de mantenimiento del área de transportes según lo establecido en la norma ISO 9001:2015.....	53
Tabla 11. Análisis de las causas raíz (AMEF) de las fallas estimado con el sistema de mantenimiento propuesto de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo SAC.....	86
Tabla 12. Disponibilidad estimada al implementar el sistema de mantenimiento propuesto en los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo SAC.....	104

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Motor Cummins aplicable para minibús Fotón	13
Figura 2. Matriz de criticidad	15
Figura 3. Actividades de mantenimiento del Árbol lógico de decisiones RCM.....	20
Figura 4. Procedimiento de la investigación	25
Figura 5. Procesos de la propuesta del sistema de mantenimiento para motores Cummins ISF 2.8.....	73

RESUMEN

El objetivo general fue diseñar un sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo S.A.C. La metodología de la investigación aplicó un diseño pre-experimental, de corte transversal, de nivel explicativo de enfoque cuantitativo y de tipo aplicada, consideró la población de 5 (cinco) motores diésel Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo S.A.C.; utilizando la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés) utilizando como técnica de recolección de datos, las fichas de registro de información de fallas del periodo agosto 2021 a agosto 2023 (24 meses)

Los resultados arrojaron una disponibilidad actual del 81.50% de los motores, para lo cual se realizó la propuesta de un diseño de sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad integrándose de manera innovadora la implementación de disparadores que permite ver en tiempo real parámetros operativos críticos del motor, proporcionando un enfoque proactivo que supera los métodos convencionales. El cual se socializó a las partes interesadas de la empresa, a través de un cuestionario validado a juicio de expertos, arrojando una V de Aiken de 0.99, y un alfa de Cronbach de 0.964 en el pre-test y 0.828 en el post-test; postulándose científicamente un aumento en la eficacia de la gestión por parte de Nazareo S.A.C, con relación a la gestión del mantenimiento preventivo de un 45% a un 93.26%. Lo cual permitió realizar una estimación de disponibilidad de la flota de los motores a 92.85%, para concluir con la comprobación de la hipótesis de que la propuesta de un diseño de mantenimiento centrado en la confiabilidad aumenta la disponibilidad de los motores Cummins.

Palabras clave: Disponibilidad, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), Scanner ELM OBD2

ABSTRACT

The overall objective was to design a reliability-centered maintenance system to enhance the availability of Cummins ISF 2.8 engines at Nazareo S.A.C. The research methodology employed a pre-experimental, cross-sectional design with an explanatory quantitative approach and an applied nature. The study focused on a population of five Cummins ISF 2.8 diesel engines from Nazareo S.A.C. Utilizing Reliability-Centered Maintenance (RCM) methodology, data collection involved fault information records spanning from August 2021 to August 2023 (24 months).

The results revealed a current availability of 81.50% for the engines. Subsequently, a proposal for a reliability-centered maintenance system was introduced, innovatively integrating the system. This integration allows real-time monitoring and optimization of automotive performance by providing advanced diagnostics, offering a proactive approach surpassing conventional methods. The proposal was communicated to stakeholders through a questionnaire validated by experts, yielding a pre-test Aiken's V of 0.99 and a Cronbach's alpha of 0.964, with post-test values of 0.828. Scientifically, there is a postulation of a 45% to 93.26% increase in Nazareo S.A.C.'s efficiency in preventive maintenance management. This led to an estimated fleet availability of 92.85%, confirming the hypothesis that the proposed reliability-centered maintenance design enhances the availability of Cummins engines.

Keywords: Availability, Reliability-Centered Maintenance (RCM), ELM OBD2 Scanner.

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento desempeña un papel fundamental en la industria en general al garantizar la operatividad, confiabilidad y seguridad de equipos, maquinaria e instalaciones (Meneses, Tello y Pinto, 2022; Marcial y Ortiz, 2020). Contribuye a prevenir fallas costosas (Hidalgo, Lucero y Cueva, 2020), reducir tiempos de inactividad (De la Cruz y Beltrán, 2023), mejorar la eficiencia operativa (Sosa y Herrera, 2023) y prolongar la vida útil de los sistemas (Mohan *et al*, 2021), lo que a su vez aumenta la productividad, reduce costos operativos y fortalece la competitividad de las empresas en un entorno socioeconómico cada vez más exigente (Ahmadian, Tawfeeq, Motaghian, 2023; Geisbush y Ariaratnam, 2023)

En el contexto de vehículos automotrices, el mantenimiento cobra una importancia crítica, ya que garantiza la seguridad de los conductores y pasajeros, así como la eficiencia y confiabilidad de los vehículos (Paez, 2022, Mazaquipa, Cárdenas y Mancheno, 2022). El mantenimiento regular, que incluye cambios de aceite, inspecciones, reparaciones y el reemplazo de piezas desgastadas, no solo prolonga la vida útil del vehículo, sino que también contribuye a prevenir accidentes y averías inesperadas en carretera, lo que es esencial para la seguridad vial. Además, un mantenimiento adecuado puede mejorar la eficiencia en el consumo de combustible y reducir las emisiones (López, *et al*, 2021), lo que beneficia tanto a los propietarios de vehículos, como al medio ambiente.

La gestión del mantenimiento a nivel mundial enfrenta varias problemáticas significativas. En primer lugar, la falta de inversión adecuada en mantenimiento en muchas industrias y sectores conduce a un envejecimiento prematuro de equipos e infraestructuras (Denton, 2020), lo que resulta en costosas interrupciones y riesgos para la seguridad. Además, la escasez de personal calificado en mantenimiento es una preocupación global (Avitia, *et al*, 2022), ya que la demanda de técnicos y especialistas supera la oferta, lo que dificulta la ejecución efectiva de programas de mantenimiento preventivo y predictivo.

En segundo lugar, la diversidad de flotas de vehículos y tecnologías en diferentes regiones del mundo genera complicaciones en la estandarización de procesos de mantenimiento y en la disponibilidad de piezas de repuesto

(Armenzoni, 2015). Esto puede resultar en demoras en las reparaciones y un aumento de los tiempos de inactividad de los vehículos (Coloma,2022). Además, la creciente complejidad de los sistemas de propulsión, como vehículos eléctricos e híbridos, requiere una capacitación especializada y el acceso a tecnologías avanzadas para el mantenimiento, lo que puede ser un desafío en muchas partes del mundo.

Otro problema importante es la necesidad de mantener altos estándares de seguridad y cumplir con regulaciones ambientales en un contexto de rápido avance tecnológico (Paez, 2022). La gestión del mantenimiento debe adaptarse a las normativas cambiantes y garantizar que los vehículos cumplan con estándares cada vez más estrictos, lo que puede aumentar los costos y la complejidad de la operación (Arizaga, Salcedo y Herrera, 2017). Además, la presión constante para reducir costos y aumentar la eficiencia puede llevar a prácticas de mantenimiento insuficientes o poco adecuadas, lo que, a su vez, puede poner en riesgo la seguridad y la confiabilidad de los vehículos de transporte a nivel mundial (Campos, et al, 2019).

En el contexto de la gestión del mantenimiento de vehículos de transporte a nivel nacional en el Perú, se enfrentan varios desafíos significativos. En primer lugar, la infraestructura vial en algunas regiones del país está en condiciones precarias, lo que aumenta el desgaste de los vehículos y genera la necesidad de un mantenimiento más constante (Domínguez y LaMadrid, 2022). La falta de mantenimiento adecuado de las carreteras también contribuye a un mayor desgaste de neumáticos y sistemas de suspensión, lo que representa costos adicionales para los operadores de vehículos de transporte. Además, la escasez de técnicos y especialistas en mantenimiento en algunas áreas del país dificulta la realización de un mantenimiento de alta calidad, lo que puede dar lugar a reparaciones deficientes y aumentar el riesgo de accidentes (Santisteban, 2018).

La gestión del mantenimiento a nivel mundial se enfrenta a una serie de desafíos complejos que afectan a diversas industrias y sectores (Ardila et al, 2016). En primer lugar, la falta de inversión adecuada en el mantenimiento de activos críticos conduce a un envejecimiento prematuro de infraestructuras y equipos, lo que resulta en costosas interrupciones y riesgos para la seguridad (Di

Sivo y Ladiana, 2011). Además, la escasez de personal altamente capacitado en mantenimiento representa un problema global, ya que la demanda de técnicos y especialistas supera la oferta, lo que dificulta la ejecución eficiente de programas de mantenimiento preventivo y predictivo (Yin et al, 2011).

La adopción de tecnologías avanzadas, como el mantenimiento basado en datos y el monitoreo en tiempo real (Bisaro, 2022), plantea desafíos adicionales, ya que requiere una inversión en infraestructura y una capacitación especializada. Además, en un mundo cada vez más globalizado, la gestión del mantenimiento debe abordar cuestiones de sostenibilidad y cumplimiento normativo, lo que agrega complejidad a las operaciones (Véliz, Sarmiento y Obando, 2021). En resumen, la problemática en la gestión del mantenimiento a nivel mundial es multifacética y abarca desde la inversión y la capacitación, hasta la adaptación a un entorno cambiante y regulado, y la necesidad de adoptar tecnologías de vanguardia para mantener activos críticos de manera eficiente y segura.

La empresa Nazareo S.A.C enfrenta una problemática significativa en la gestión del mantenimiento de su flota de minibuses que operan en una ruta que atraviesa desde la costa hasta la sierra liberteña del Perú. Las condiciones adversas de las vías, incluyen terrenos accidentados y climas variables, por lo cual ponen una tensión constante en los motores de fabricación china de sus vehículos. Esta situación se agrava por la falta de profesionalización de los técnicos encargados del mantenimiento, lo que resulta en diagnósticos incorrectos y reparaciones deficientes. La escasez de piezas de repuesto específicas para motores chinos también se convierte en un obstáculo importante, ya que la empresa enfrenta demoras en las reparaciones y tiempos de inactividad no planificados, lo que afecta la continuidad del servicio.

Además, el hecho de que la empresa opere una flota relativamente pequeña de solo 5 minibuses limita sus capacidades de mantenimiento preventivo y predictivo, ya que llegan a carecer de la escala necesaria para justificar inversiones significativas en infraestructura y tecnología de monitoreo. En conjunto, estas problemáticas en la gestión del mantenimiento de vehículos ponen en riesgo la confiabilidad de la flota de Nazareo S.A.C y su capacidad para brindar un servicio seguro y eficiente a sus clientes.

Contextualizada la real del presente estudio, se plantea el siguiente enunciado o problema general. ¿Cómo mejorar la disponibilidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo S.A.C?, y los problemas específicos ¿Cuál es la confiabilidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo S.A.C.?, ¿Cuál es la criticidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo S.A.C.? ¿Cuáles son las causas raíz de las fallas? ¿Qué sistema de mantenimiento es el adecuado para los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo S.A.C.? ¿Cuál es la disponibilidad estimada de los motores Cummins ISF 2.8 con la implementación del sistema de mantenimiento propuesto?

Desde un enfoque técnico, el sistema propuesto está respaldada por la necesidad de mejorar la disponibilidad de los motores Cummins ISF 2.8. Dado el desafío que representa el entorno diverso y demandante por el que operan estos motores, se requiere una estrategia de mantenimiento más efectiva para garantizar su rendimiento. La estimación de disponibilidad del sistema busca una gestión más precisa y proactiva de las operaciones de mantenimiento, lo que se traduce en una mayor vida útil de los motores y menos tiempos de inactividad no planificados, mejorando así la eficiencia operativa de Nazareo S.A.C.

En términos económicos, la justificación se sustenta en la reducción de costos a largo plazo. Si con la estimación se logra un aumento significativo en la disponibilidad de los motores, la empresa experimentará una disminución en los gastos relacionados con reparaciones urgentes y reemplazo de componentes costosos. Además, una mayor disponibilidad contribuirá a un servicio más confiable y a la retención de clientes, lo que puede generar ingresos adicionales.

Desde una perspectiva ambiental, la adopción de prácticas de mantenimiento más efectivas también puede reducir el impacto ambiental. Menos componentes desechados y menos recursos utilizados para reparaciones y reemplazos innecesarios contribuirán a una gestión más sostenible de los recursos y a una menor huella ambiental.

Además, científicamente, la introducción de tecnologías como el Scanner ELM OBD2 se alinea con las tendencias de la industria automotriz hacia la digitalización y la optimización de procesos. La capacidad de realizar diagnósticos

avanzados y la recolección eficiente de datos son componentes clave en la mejora continua de la eficacia y eficiencia del mantenimiento de los motores, lo que se traduce en un impacto positivo en la disponibilidad, rendimiento y durabilidad del sistema.

Además, el trabajo se enfoca en alcanzar el siguiente propósito u objetivo general: Diseñar un sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo S.A.C.

Siendo los objetivos específicos: evaluar la confiabilidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo S.A.C, elaborar un análisis de criticidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo S.A.C., analizar las causas raíz de las fallas, diseñar un sistema de mantenimiento para los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo S.A.C y, estimar la disponibilidad de los motores Cummins ISF 2.8 con la implementación del sistema de mantenimiento propuesto.

Del mismo modo, en el planteamiento científico se formula la hipótesis de que, al proponer un sistema de mantenimiento, se obtendrá una estimación del aumento porcentual en la disponibilidad de los motores Cummins ISF 2.8 en Nazareo S.A.C.

II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes de investigación en el ámbito de la gestión de mantenimiento de flotas de transporte ofrecen una perspectiva sólida sobre la importancia de este tema. Autores como Campos *et al* (2019) han destacado la crítica necesidad de una planificación de mantenimiento efectiva para garantizar la operación eficiente y segura de los vehículos. Además, según los hallazgos de Sainz y Sebastián (2013), una estrategia de mantenimiento adecuada no solo reduce costos operativos sino que también aumenta la confiabilidad de los vehículos, lo que a su vez mejora la satisfacción del cliente.

La influencia del entorno en el mantenimiento de vehículos también ha sido subrayada por autores como Quevedo, Paredes y Chinchayan (2017), quienes observaron que las condiciones de las vías y el clima pueden aumentar la necesidad de mantenimiento y afectar la vida útil de los vehículos. La falta de piezas de repuesto específicas y la carencia de técnicos especializados, como argumenta Pérez (2020), son factores que han contribuido a una gestión deficiente del mantenimiento. La acumulación de evidencia de investigaciones anteriores respalda la necesidad de un enfoque más eficaz en la gestión de mantenimiento de flotas de transporte como el propuesto en este estudio.

En estudios internacionales, como el llevado a cabo por Kiroliyanos y Jeong (2023) en la ciudad Glasgow, tuvo como objetivo examinar la confiabilidad y criticidad de dos sistemas de motores de combustible dual en comparación con un sistema de motor diésel convencional de la marina del Reino Unido, utilizando el análisis de árbol de fallas dinámico. Los resultados del análisis de confiabilidad para los motores de combustible dual indicaron que la probabilidad de falla del motor de combustible dual es del 8,84 % en promedio a las 14.000 horas de funcionamiento, mientras que para los motores diésel es del 8,48 %. Los resultados de la investigación, obtenidos del mantenimiento centrado en la confiabilidad, sugieren una forma eficaz de mejorar la seguridad de los sistemas del motor a través del mantenimiento predictivo, basado en el mantenimiento periódico de los componentes críticos. Por lo tanto, puede contribuir a mejorar la confiabilidad de todos los sistemas en los que los componentes mecánicos y los sistemas de alimentación de fueloil se identificaron como elementos críticos para

disminuir significativamente la confiabilidad del sistema. También destaca la importancia del mantenimiento adecuado de los componentes del sistema, lo que mejoraría en gran medida los niveles de seguridad al restaurar los sistemas a su condición operativa original, minimizando así el tiempo de inactividad y los costos operativos.

En una investigación realizada en Medio oriente, Yogi y Kimuel (2020) presentan la aplicación del RCM, para optimizar la confiabilidad de los equipos a través de una ilustración de un estudio de caso y una revisión exhaustiva de la literatura. La necesidad de realizar la revisión surge de los datos recopilados de una empresa manufacturera. La metodología describe la justificación de la investigación y el propósito, el cual es determinar si la aplicación del mantenimiento predictivo centrado en la confiabilidad puede optimizar la confiabilidad de los 6 equipos de la investigación. Además, se destaca la importancia de centrarse en etapas específicas del RCM, como la identificación de componentes críticos, como método para aplicar el RCM. También se demuestra que el RCM informa sobre los planes de mantenimiento. Se optimizó hasta aproximadamente un 80% y 85%.

En una investigación en Medan, Sumatra del Norte, Rizkya et al (2019) identifican que elevados tiempos de inactividad de las máquinas provocan perturbaciones en el proceso de producción. La avería media del motor en la producción de esterilizadores es de 35,66 horas/mes. El método de mantenimiento correctivo no ha podido garantizar un proceso de producción fluido. Este estudio tuvo como objetivo planificar actividades de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad de la maquinaria de producción y también mantener el proceso de producción sin problemas. La recomendación del método de mantenimiento RCM tuvo el potencial de tener un impacto positivo, es decir, una disminución en el tiempo de inactividad promedio de los componentes críticos del 37,103 % y también un aumento en la confiabilidad de 18.75%.

En el contexto peruano, es importante considerar los antecedentes nacionales relacionados con los sistemas de mantenimiento.

En la investigación realizada por Herrera (2021) en el proyecto minero Constancia - Cusco, se propuso la implementación de una estrategia de

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para abordar los motores diésel C175-16 de los camiones mineros modelo 793F. La metodología adoptada incluyó un análisis detallado de todas las áreas de mantenimiento existentes, con el fin de identificar factores críticos relacionados con las fallas en el funcionamiento, los modos de falla y sus consecuencias. Con base en este análisis, se propusieron iniciativas de mejora destinadas a mejorar la disponibilidad de la flota y fortalecer la confiabilidad de los sistemas. Como resultado, se logró reducir las incidencias de modos de falla y se establecieron enfoques más efectivos de mantenimiento preventivo para los motores diésel C175-16. Durante el proceso de evaluación de la criticidad, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los componentes y subdivisiones de los equipos, lo que reveló que el 25% de los sistemas presentaban una alta criticidad, el 33% tenía criticidad media y el 42% tenía criticidad baja. Se hizo especial hincapié en el sistema del motor, donde se identificaron que el 18% de los subsistemas tenían una alta criticidad, el 41% presentaba criticidad media y otro 41% mostraba criticidad baja. Adicionalmente, en el análisis de Modo de Falla y Efecto (AMEF) y su clasificación basada en el riesgo prioritario, se evaluaron en total 85 modos de falla. Se encontró que el 4.7% de las fallas se consideraron inaceptables, el 40% se categorizaron como deseables para su reducción, y el 55.3% se consideraron aceptables en términos de criticidad. Como conclusión, la hipótesis planteada en relación a la implementación de un enfoque de mantenimiento centrado en la confiabilidad se validó con éxito, logrando un aumento del 3.19% en la disponibilidad y alcanzando un promedio del 90.81%. Esta investigación contribuye significativamente al campo de la gestión de mantenimiento, proporcionando un enfoque efectivo para mejorar la confiabilidad y la eficiencia operativa en el contexto de operaciones mineras en el proyecto Constancia – Cusco.

En esa línea, la investigación de Grijalva (2019) en respuesta a la necesidad de mejorar la eficiencia operativa de la flota de equipos Jumbo DD421 de la empresa Nexa El Porvenir, ubicada en la comunidad de San Juan de Milpo, distrito de Tinyahuarco, región Pasco. Se enfocó en analizar diversos indicadores, como la lista de verificación del operador, el historial de inspecciones, informes diarios y registros de desempeño. Estos datos revelaron que, en promedio, la

disponibilidad mensual estaba en el 81.29%, por debajo del umbral mínimo requerido por la empresa. Como resultado de la ejecución de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, se logró un aumento promedio del 9.08% en la eficiencia operativa de la flota de equipos Jumbo DD421, alcanzando una media mensual del 90.37%. Este incremento se tradujo en un aumento de 65 horas y 54 minutos de tiempo operativo por mes, así como en una reducción de 69 horas y 35 minutos de tiempo de parada mensual. Estos valores superaron los requisitos mínimos establecidos por la empresa. A la luz de estos resultados, se recomienda la extensión de la implementación del enfoque de mantenimiento centrado en la confiabilidad a otros equipos, además de llevar a cabo un análisis económico para evaluar su impacto en la compañía.

Los antecedentes locales ofrecen información valiosa para comprender el entorno y las necesidades particulares de la región La Libertad, ámbito en la que opera la organización.

En la ciudad de Trujillo, Zavaleta (2021) llevó a cabo una investigación aplicada en la empresa de autobuses Nuevo California, ubicada en el distrito de Trujillo, centrada en la elaboración de un plan de mantenimiento mediante la implementación de la metodología de RCM aplicada a cuatro motores Mercedes Benz. El propósito de esta investigación fue formular un plan de mantenimiento basado en el análisis de aceite con el fin de incrementar la disponibilidad de los motores Mercedes Benz instalados en los autobuses de la compañía Nuevo California. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de RCM que incluyó el examen del contexto operativo de los motores, la investigación de las funciones primordiales, los posibles fallos en la operatividad utilitaria y las potenciales causas y consecuencias relacionadas con los sistemas principales que integran los motores. Se utilizó un diagrama de decisión para establecer las tareas de mantenimiento requeridas y su frecuencia correspondiente, elementos esenciales del plan. Los resultados obtenidos demostraron un aumento del 4.7% en el porcentaje de disponibilidad en relación al sistema de lubricación, en contraste con la disponibilidad promedio previa a la ejecución del plan de mantenimiento basado en el análisis de aceite.

En la investigación explicativa y pre-experimental, De la Cruz y Zavaleta (2021) utilizaron diversas herramientas en el estudio, como fichas de observación, entrevistas y registros de datos, así como cálculos de formulaciones. También se emplearon informes técnicos, historial de fallas, análisis de modo y efectos de falla, número prioritario de riesgos, y formatos de plan de mantenimiento preventivo. Además, se llevó a cabo una simulación mediante el software Promodel para evaluar la efectividad del plan. Como resultado inicial, se obtuvieron los indicadores iniciales de mantenimiento, revelando un nivel inicial de disponibilidad total del 81% y una confiabilidad del 77%. Posteriormente, se identificaron las maquinarias más críticas y se enfocó el estudio en ellas. A través del análisis de AMEF y NPR, se elaboró un plan de mantenimiento preventivo, y al simularlo en el software Promodel, se logró aumentar la disponibilidad al 91% y la confiabilidad al 90%. En conclusión, se determinó que, gracias a la implementación del plan de mantenimiento preventivo, la disponibilidad aumentó en un 10%, y la confiabilidad en un 14%.

Gutiérrez (2022) llevó a cabo una investigación aplicada con el objetivo de mejorar la eficiencia mecánica de las cosechadoras pertenecientes a una empresa agroindustrial de Trujillo durante el año 2022 mediante la creación y ejecución de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Este estudio se enmarca en un diseño pre-experimental de naturaleza propositiva. La baja disponibilidad de las cosechadoras en el taller de mantenimiento fue el punto de partida de esta investigación, y se identificaron diversas causas de gran impacto. Estas incluyeron la falta de un plan de mantenimiento preventivo específico para las cosechadoras, la carencia de identificación de las cosechadoras críticas, la contratación de personal de mantenimiento insuficiente y la ausencia de manuales de instrucciones para las cosechadoras.

Pastor (2023) realiza una investigación en la ciudad de Lima, con el objetivo de “diseñar un plan de mantenimiento preventivo para reducir la probabilidad de falla del motor de tractor agrícola New Holland serie TD5, de la empresa Masa Equipos Industriales S.A. utilizando la metodología RCM.” (pág. 2); a partir de la metodología planteada siguió una secuencia que le permitió identificar los subsistemas del motor, un análisis AMEF, y la disponibilidad actual para luego proceder con una estimación, incrementó la disponibilidad en un 6.65%,

elevándose desde un promedio del 76% hasta el 83%, lo cual evidencia de manera concluyente que el RCM es un método confiable y altamente beneficioso para lograr una mayor disponibilidad en las industrias. Además, al aplicar el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) a las cosechadoras, se determinó que seis de ellas poseían un nivel de criticidad superior. La implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad demostró ser efectiva al aumentar la disponibilidad mecánica de las cosechadoras en la empresa, mejorando la cifra del 84.2% al 95.3%.

La teoría de RCM, es una metodología de gran reputación y se aplica ampliamente en la planificación de estrategias de mantenimiento para maquinaria industrial. Su enfoque se centra en asegurar el funcionamiento óptimo de los equipos, con el propósito de cumplir con los requisitos de los usuarios y, al mismo tiempo, satisfacer las demandas de los propietarios, lo que lo convierte en una herramienta destacada en la gestión de activos (Campos, Tolentino, Toledo, & René, 2019). El RCM ha logrado un amplio reconocimiento y es ampliamente adoptado para desarrollar planes de mantenimiento que engloban una variedad de estrategias, tales como mantenimiento preventivo, predictivo y la detección de fallos, entre otras. Esta técnica se originó en la industria de la aviación comercial de los Estados Unidos en 1978, gracias a las contribuciones de Stanley Nowlan y Howard Heap. Su propósito inicial fue mejorar tanto la seguridad como la confiabilidad de los equipos. (Society of Automotive Engineers, 2009).

La teoría es esencial en la ingeniería mecánica eléctrica, ya que permite optimizar las estrategias de mantenimiento para equipos y sistemas, reduciendo costos, mejorando la confiabilidad y garantizando la seguridad. En ambas disciplinas, RCM ayuda a extender la duración operativa de los activos, pues se centra en la ciencia de las fallas y en las acciones necesarias para viabilizar operaciones confiables y sostenibles (Reyes & Sifonte, 2017). Al identificarse y priorizar las tareas de mantenimiento necesarias, RCM contribuye a disminuir los gastos de mantenimiento y a fortalecer la confiabilidad de los equipos. Esto reviste una importancia crítica en la ingeniería mecánica, donde la eficiencia y la disponibilidad son de vital importancia. (Saavedra, 2018).

En el marco de la investigación, se ha seleccionado el motor diésel Cummins ISF 2.8 como el objeto de estudio. Este motor representa un componente crítico en numerosas aplicaciones industriales y su análisis en términos de RCM. La gama ISF constituye la más reciente incorporación a la prestigiosa línea de motores Cummins, conocida por su fiabilidad probada a lo largo del tiempo. El motor ISF 2.8, en particular se destaca en términos de rendimiento excepcional, peso reducido y registro de confiabilidad y resistencia a lo largo del tiempo. Este motor se perfila como una elección óptima para automóviles de carga liviana, que incluyen camiones, vans, pick-ups y vehículos de trabajo, donde su combinación de potencia y peso resulta especialmente ventajosa. En su categoría de cilindrada el ISF 2.8 se distingue como el motor más liviano y resistente, convirtiéndolo en la elección perfecta para aplicaciones donde se requiere un equilibrio entre peso y espacio, su peso bruto vehicular se mantiene debajo de las 3.5 toneladas GVW.

El motor ISF 2.8 se destaca por su avanzada ingeniería térmica, la incorporación de sistemas electrónicos integrados y el uso de un sistema de combustible de alta presión de conducto común. Además, emplea un turbo compresor de descarga para lograr un rendimiento elevado en todo el rango de revoluciones por minuto (rpm), garantizando una respuesta optimizada incluso en condiciones de torsión más bajas en el límite inferior.

Tabla 1. *Especificaciones del motor diésel Cummins ISF 2.8*

Especificaciones	Valores
Potencia publicada	107-160 hp (80-120 kW)
Torsión máxima	206-265 lb-ft (280-360 N•m)
Aspiración	Turbocargado / Intercooler
Desplazamiento	2.8 L
Gobernación	Electrónica
Cantidad de cilindros	4
Peso del motor (seco)	214 kg
Sistema de combustible	HPCR
Largo	632 mm
Ancho	659 mm
Alto	723 mm

Emisiones	Euro 3, Euro 4, y Euro 5
-----------	--------------------------

Fuente. (Cummins, 2023)



Figura 1. Motor Cummins aplicable para minibús Fotón (Cummins, 2023)

Complementando teóricamente, desde el campo de la ingeniería mecánica, el enfoque principal del mantenimiento se centra en el criterio de disponibilidad, el cual puede definirse como la garantía de que un componente o sistema que ha sido sometido a labores de mantenimiento será capaz de desempeñar su función a lo largo de un período determinado.

En términos prácticos, la disponibilidad se cuantifica como el porcentaje de tiempo durante el cual el sistema está listo para operar o producir, siendo especialmente relevante en sistemas de funcionamiento constante. (Pérez, 2021).

Para el **análisis de criticidad** (Saraiba, Arbella, Moreno, & Torres, 2023) estos son los procedimientos a seguir en la evaluación.

1. **Compilación de un inventario:** Este paso implica la creación de una lista que identifica los equipos que desempeñan un papel en el sistema de producción.
2. **Evaluación de la situación actual:** Se realiza con el fin de examinar las circunstancias actuales en las que se encuentran los equipos.
3. **Asignación de ponderaciones y calificaciones a los equipos en función de su nivel de importancia crítica:** Las ponderaciones sugeridas para cada elemento o criterio pueden ser ajustadas de acuerdo con la política de la empresa y cómo esta afecta la consecución del objetivo principal, que es la productividad.

Los factores que se consideran al llevar a cabo una evaluación de importancia crítica están generalmente relacionados con: la periodicidad de ocurrencia de fallas, el efecto en las operaciones, la adaptabilidad operativa, los gastos de mantenimiento y la seguridad, así como las consideraciones ambientales.

Se define:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} * \text{Consecuencia} \quad (1)$$

Dónde:

Frecuencia de falla = Número de fallas en un tiempo determinado

$$\text{Consecuencia} = \text{I.O} * \text{F.O} * \text{C.M} * \text{I.S.M.A} \quad (2)$$

- **Frecuencia de fallas (F.F):** Esto representa la cantidad de veces que un evento catalogado como falla ocurre durante un período de tiempo.
- **Impacto operacional (I.O):** Se refiere a las consecuencias que tienen lugar en la producción debido a dicha falla.

- Flexibilidad operacional (F.O): La capacidad de realizar cambios rápidos para mantener la producción sin incurrir en costos significativos.
- Costo del mantenimiento (C.M): Esto abarca todos los costos relacionados con las labores de mantenimiento, excluyendo los costos de producción resultantes de la falla.
- Impacto en la seguridad (I.S): Enfocado en evaluar los posibles riesgos que puedan afectar a las personas.
- Impacto en el medio ambiente (I.M.A): Centrado en evaluar los posibles riesgos que puedan afectar al entorno.

Estos son los criterios utilizados para calcular la criticidad total del sistema. Después de aplicar la fórmula de riesgo y analizar los resultados, se representan en una matriz de criticidad, como se muestra a continuación.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Figura 2. Matriz de criticidad. Fuente. (Gutierrez, Aguero, & Calixto, 2007)

Dónde:

C : áreas de sistemas Críticos

MC : áreas de sistemas Media Criticidad

NC : áreas de sistemas No Críticos

El Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF), esta técnica busca prevenir fallos que puedan ocurrir en nuestros procesos de mantenimiento, llevando a cabo una revisión de manera sistemática y metodológica (Fernández, 2019). Se trata de un componente fundamental para lograr ciclos de eficacia tanto en la ingeniería de mantenimiento como en el cumplimiento y producción del mismo. Se basa en el aprendizaje de fallos previos, analizándolos de manera constructiva sin buscar culpables, sino identificando las causas subyacentes. Este

enfoque permite definir medidas correctivas y preventivas para evitar la recurrencia de los fallos (Ojeda & Salomon, 2016).

En el proceso de elaboración del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF), se calcula el NPR (Número de Prioridad de Riesgo) mediante el producto de tres índices: estos factores incluyen la seriedad o gravedad, la frecuencia de ocurrencia y la eficacia de detección.

$$\text{NPR} = G * O * D \quad (3)$$

Donde:

- Gravedad: Esta categoría se centra en la probabilidad de fallos en el proceso y se fundamenta únicamente en las consecuencias de dicho fallo. Todas las posibles causas de fallo para un efecto particular reciben una evaluación idéntica.
- Ocurrencia: Esto se refiere a la frecuencia con la que se producen los fallos. Al realizar esta evaluación, es importante considerar dos probabilidades: la probabilidad de que ocurra un fallo y la probabilidad de que, una vez que ocurra el fallo, este genere el efecto perjudicial mencionado.
- Detección: Se refiere a la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo que se presume haya ocurrido sea identificado y notificado. Este índice está directamente vinculado a los mecanismos de detección existentes y a la causa subyacente. Antes de proceder con el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF), se establecen los criterios de evaluación necesarios para calcular el Índice de Prioridad de Riesgo.

El Análisis de Causa Raíz (ACR) se destaca como una de las metodologías creadas con el objetivo de proporcionar dirección a los analistas de problemas sobre los pasos a seguir y las consideraciones a tener en cuenta para alcanzar soluciones efectivas (Acosta, Soler, & Molina, 2017). El logro exitoso de la aplicación del Análisis de Causa Raíz (ACR) se encuentra intrínsecamente relacionado con el grado de compromiso exhibido por un equipo de trabajo. Como tal, esta propuesta requiere un nivel apreciable de experiencia para abordar de manera efectiva los desafíos inherentes a los procesos de análisis de fallos. Entre

los principales beneficios que distinguen a esta herramienta se incluyen la minimización de incidentes o fallos, la reducción de los gastos de mantenimiento, y la optimización de la eficiencia y la productividad.

Un programa centrado en la confiabilidad, este enfoque se constituye como una metodología de administración del mantenimiento que busca maximizar la confiabilidad y disponibilidad de activos, al tiempo que minimiza los costos. Este enfoque implica identificar exhaustivamente modos de fallo, evaluar su gravedad, probabilidad y capacidad de detección, priorizarlos en función de su impacto, y desarrollar estrategias de mantenimiento específicas. El objetivo es asegurar que los activos operen de manera confiable y eficiente, reduciendo el riesgo de fallos costosos y mejorando su disponibilidad, y se revisa periódicamente para adaptarse a nuevas condiciones y aprendizajes (Diestra, Esquivel, & Guevara, 2017).

Tiempo medio entre fallas, MTBF: Este indicador evalúa el tiempo promedio en el que un equipo puede funcionar a su capacidad máxima sin interrupciones durante el período específico.

$$MTBF = \eta * \gamma * \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (4)$$

Dónde:

MTBF: Tiempo medio entre fallas (horas/falla)

β : Parámetro de forma (Adimensional)

γ : Parámetro de posición (horas)

η : Parámetro de escala (horas)

También podemos, definir que la tasa de fallos se determina, según la ecuación,

$$\lambda = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (5)$$

Dónde:

λ : Tasa de fallas (fallas/hora)

t: Tiempo o instante de la falla (horas)

β : Parámetro de forma (Adimensional)

γ : Parámetro de posición (horas)

η : Parámetro de escala (horas)

Tiempo medio para reparar (MTTR): es un indicador que cuantifica la eficacia en restaurar una unidad a condiciones de operación óptimas después de que dicha unidad haya estado fuera de servicio debido a una falla, en un período de tiempo específico. El MTTR se calcula de la siguiente manera:

$$MTTR = \eta_m * \gamma_m * \left(1 + \frac{1}{\beta_m}\right) \quad (6)$$

Dónde:

MTTR: Tiempo medio para reparar (horas/falla)

β_m : Parámetro de forma (Adimensional)

γ_m : Parámetro de posición (horas)

η_m : Parámetro de escala (horas)

También podemos, definir que la tasa de reparaciones se determina, según la ecuación,

$$\mu = \frac{\beta_m}{\eta_m} \left(\frac{T - \gamma_m}{\eta_m}\right)^{\beta_m - 1} \quad (7)$$

Dónde:

μ : Tasa de reparaciones (fallas/hora)

T: Tiempo de reparación (horas)

β_m : Parámetro de forma

η_m : Parámetro de escala (horas)

γ_m : Parámetro de posición (horas)

Disponibilidad: Se trata de una función que brinda una estimación integral del porcentaje de tiempo total durante el cual se puede anticipar que un equipo esté disponible para desempeñar la función para la cual fue diseñado.

La disponibilidad, se define:

$$A(t) = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}\right) * 100\% \quad (8)$$

Dónde:

A(t): Disponibilidad (%)

MTBF: Tiempo medio entre fallas (horas/falla)

MTTR: Tiempo medio para reparar (horas/falla)

En el proceso de evaluación y tabulación de los valores t y T, es necesario organizarlos en orden descendente y luego calcular la mediana, como se ilustra en la siguiente fórmula.

$$F(i) = \left(\frac{i - 0.3}{N + 0.4} \right) * 100\% \quad (9)$$

Dónde:

F(i): Mediana (%)

i: Número de orden

N: Cantidad de datos totales

Estos indicadores proporcionan una visión de las áreas de mejora y las deficiencias en los procesos, lo que permite buscar una constante optimización y corregir los aspectos que puedan interferir con la eficacia de la gestión y la implementación de un enfoque de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Disponibilidad. se refiere a la probabilidad de que un sistema o equipo esté en funcionamiento cuando se necesita. Se relaciona con el tiempo durante el cual el equipo estuvo disponible en comparación con el tiempo total transcurrido.

Tiempo medio entre fallos, representa el intervalo de tiempo durante el cual un equipo funciona sin experimentar una avería. Este indicador se utiliza para determinar cuándo es necesario reemplazar un componente basándose en el historial de vida del equipo.

Tiempo medio de reparación, se refiere al lapso requerido para llevar a cabo las labores de mantenimiento en un equipo.

El **Árbol Lógico de decisiones** desempeña un papel esencial en la constante optimización del proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Estos indicadores son cruciales al ofrecer una perspectiva precisa de las áreas

donde se observan mejoras o debilidades en los procesos, lo que facilita la toma de decisiones más fundamentada para alcanzar resultados sobresalientes y una gestión más efectiva.

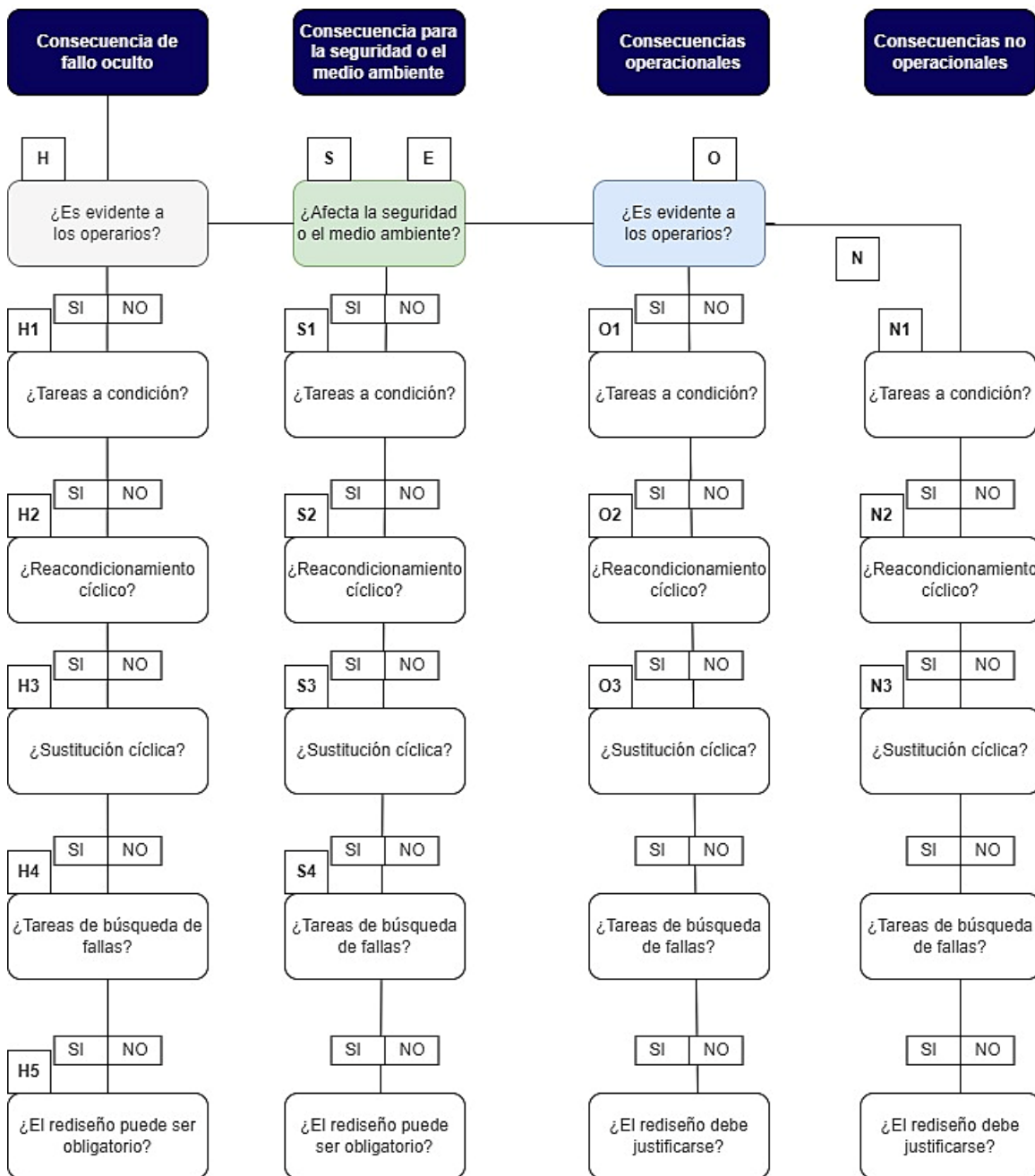


Figura 3. Actividades de mantenimiento del Árbol lógico de decisiones RCM

Fuente: Estándar SAE JA1011 (SAE, 2009)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada

La investigación se considera aplicada debido a su enfoque en la resolución de un problema concreto y práctico en el contexto de la empresa de transportes y multiservicios Nazareo S.A.C. La investigación está diseñada para brindar soluciones y recomendaciones directas que puedan aplicarse en la operación diaria de la empresa.

El propósito principal de esta investigación es diseñar un sistema de mantenimiento específico para los motores Cummins ISF 2.8 utilizados por la empresa Nazareo S.A.C. Este sistema está destinado a abordar problemas reales y mejorar la gestión de mantenimiento de la flota de motores de la empresa.

El diseño del sistema de mantenimiento tiene como objetivo proporcionar beneficios prácticos y medibles a la empresa, como mejorar la confiabilidad de sus motores, reducir tiempos de inactividad no planificados y optimizar la eficiencia operativa.

En resumen, esta investigación se clasifica como aplicada porque está intrínsecamente relacionada con la resolución de problemas prácticos y tiene como objetivo proporcionar soluciones concretas y aplicables que beneficien directamente a la empresa y su flota de vehículos.

3.1.2. Diseño de investigación: Pre – experimental

El diseño de un sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad de los motores Cummins ISF 2.8 en la empresa de transportes y multiservicios Nazareo S.A.C. fue considerado pre-experimental debido a que, en esta etapa, se buscaba explorar y desarrollar una metodología específica para el mantenimiento de estos motores. No se estableció un grupo de control comparable ni se utilizó un enfoque experimental riguroso que permitiera establecer relaciones de causa y efecto con un alto grado de confianza. En su lugar, la investigación busca proponer un sistema basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad, con el objetivo de estimar su efectividad en la mejora de la disponibilidad de los motores, lo que sirve como punto de partida para futuros estudios más controlados y experimentales.

Además, es de alcance explicativo, debido a su enfoque en identificar y comprender las relaciones causales entre las estrategias de mantenimiento propuestas y el nivel de disponibilidad de los motores.

3.2. Variables y Operacionalización

Las variables independientes y dependientes se pueden identificar de la siguiente manera (ver anexo 1):

Variable Independiente: Sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad

- **Definición conceptual:** Es una metodología de trabajo que asegura que se emprendan las acciones correctas de mantenimiento preventivo y predictivo y elimina aquellas tareas que no producen impacto en la frecuencia de fallas. (Campos et al, 2019, p. 51)
- **Definición operacional:** La medición de esta variable se evidencia con el cumplimiento de la gestión de mantenimiento y las ordenes de trabajo, así como, con la variación de las acciones de mantenimiento. (Idrogo, 2016, p, 16)

Variable independiente: Disponibilidad

- **Definición conceptual:** Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. (Pacheco, 2018, p. 40)
- **Definición operacional:** La disponibilidad se determina en función del tiempo medio entre fallas y el tiempo para reparar. (Mesa, Ortiz y Pinzón, 2006, p. 156)

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.3.1. Población

La población está compuesta por los 5 motores diésel marca Cummins ISF 2.8 que pertenecen a la empresa de transportes y multiservicios Nazareo S.A.C.

3.3.2. Criterios de inclusión

Motores en operación: Deben ser motores Cummins ISF 2.8 que actualmente estén en operación y formen parte de la flota de la empresa Nazareo S.A.C.

Estados operativos: Deben ser motores que no se encuentren en estado de desecho o inactivos, y que estén en condiciones de funcionamiento y mantenimiento.

3.3.3. Criterios de exclusión

No existen criterios de exclusión, ya que toda la población de motores es marca Cummins y parte del estudio.

3.3.4. Muestra

En este caso, la muestra es igual a la población, ya que se van a considerar todos los minibuses Fotón con motores Cummins ISF 2.8 de la empresa.

3.3.5. Muestreo

Dado que se va a considerar toda la población de motores Cummins ISF 2.8 de la empresa, no se utiliza un proceso de muestreo en este caso.

3.3.6. Unidad de Análisis

La unidad de análisis en este estudio es el motor diésel marca Cummins ISF 2.8.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron dos técnicas: análisis documental y encuesta de la siguiente manera:

3.4.1. Fichas de Registro para Fallas de los Motores

Se utilizaron fichas de registro (ver Anexo 2) para recopilar información detallada sobre la cantidad de fallas experimentadas por los motores Cummins ISF 2.8 en los últimos 24 meses (agosto 2021 – agosto 2023).

3.4.2. Cuestionario para Agentes Clave

Se elaboró un cuestionario (ver Anexo 3) que fue aplicado a 9 agentes clave de la empresa Nazareo SAC, incluyendo al gerente, dos socios, responsable del mantenimiento, técnico del concesionario y choferes. El instrumento fue validado mediante el juicio de tres expertos, obteniendo una V de Aiken de 0.99, indicando una alta validez (Anexo 4).

Además, se realizó un pre test antes del diseño del plan de mantenimiento y un post test después del diseño. El instrumento mostró una alta confiabilidad en ambas etapas, con un alfa de Cronbach de 0.964 y 0.86 respectivamente (ver Anexo 5 y 6).

3.4.3. Fichas de Registro Auxiliares

Para recabar información relacionada con la ejecución de los planes de mantenimiento, se diseñaron fichas de registro auxiliares, incluyendo registros de solicitudes atendidas (Anexo 9), horas programadas de atención (Anexo 10), e inconformidades recibidas (Anexo 11).

3.5. Procedimiento

A continuación, se detalla el proceso del método de análisis de datos empleado en la investigación.

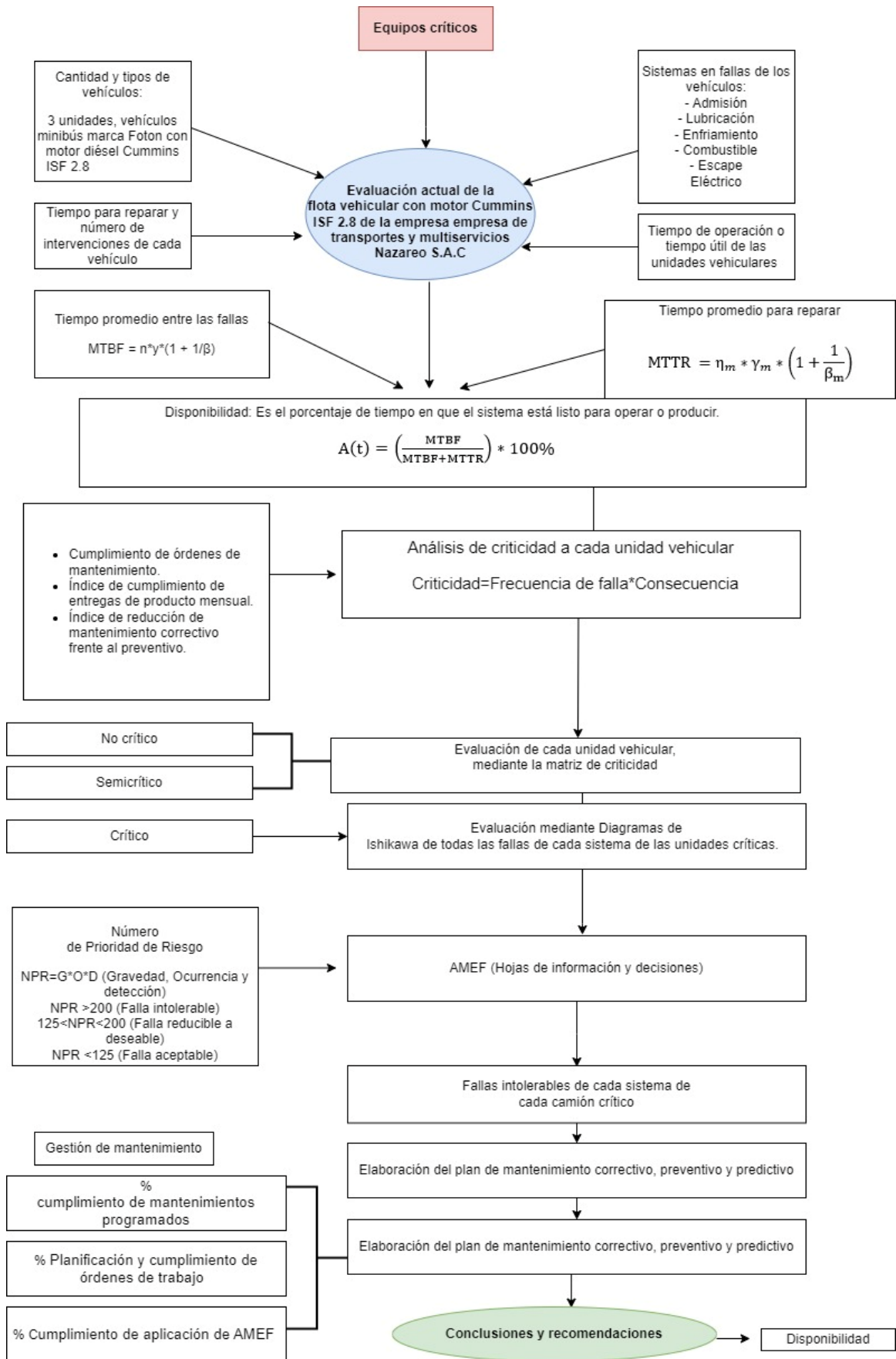


Figura 4. Procedimiento de la investigación.

3.6. Método de análisis

Para llevar a cabo el análisis secuencial, se inició la recopilación de datos mediante el uso de fichas de registro (ver Anexo 2) destinadas a documentar las fallas experimentadas por los motores Cummins ISF 2.8 durante el período de los últimos 24 meses. Esta primera etapa proporcionó una base sólida de información cuantitativa sobre la frecuencia y naturaleza de las fallas, permitiendo una visión detallada de la situación actual.

Simultáneamente, se diseñó un cuestionario específico (ver Anexo 3) dirigido a 9 agentes clave de Nazareo SAC, abarcando desde el Gerente hasta choferes, con el objetivo de obtener percepciones cualitativas sobre el rendimiento de los motores y las experiencias relacionadas con el mantenimiento. Este instrumento fue sometido a un riguroso proceso de validación, involucrando el juicio de tres expertos y obteniendo una alta puntuación de validez (V de Aiken de 0.99, ver Anexo 4). La aplicación del cuestionario, tanto antes como después del diseño del plan de mantenimiento, permitió evaluar las percepciones y cambios en la eficacia del plan.

Para profundizar en la ejecución del plan de mantenimiento, se implementaron fichas de registro auxiliares (Anexos 8, 9, 10 y 11) que capturaron información específica, como solicitudes atendidas, horas programadas de atención y registros de inconformidades recibidas. Estos registros proporcionaron una visión detallada de la gestión operativa y la efectividad de las acciones de mantenimiento.

Con el propósito de analizar de manera cuantitativa las hipótesis relacionadas con el diseño del plan de mantenimiento y los indicadores de seguimiento de los motores Cummins, se llevaron a cabo pruebas T de Student (ver Anexo 7). Este enfoque estadístico permitió evaluar de manera objetiva y rigurosa las diferencias significativas antes y después de la implementación del plan.

Finalmente, la validación de los resultados se llevó a cabo mediante la comparación de estos con las hipótesis planteadas y la revisión de expertos en el campo. Este análisis secuencial, desde la recopilación inicial de datos hasta

las pruebas estadísticas y la validación, proporciona un enfoque exhaustivo y ordenado para evaluar las fallas de los motores Cummins ISF 2.8 y diseñar un plan de mantenimiento efectivo.

3.7. Aspecto ético

La elaboración del proyecto de investigación se llevó a cabo siguiendo rigurosamente las normativas y metodologías recomendadas por la Universidad César Vallejo. Se respetaron y aplicaron los conceptos propuestos tanto por autores internacionales como nacionales, citando y referenciando adecuadamente sus investigaciones. Es importante destacar que todos los datos y hallazgos presentados en esta investigación son originales y veraces, manteniendo un compromiso firme con la integridad y la credibilidad. En ningún momento se recurrió al plagio o a la duplicación de datos que pudiera afectar la calidad de la investigación o la reputación de la Universidad. Adicionalmente, se sometió la investigación al software Turnitin para un exhaustivo examen continuo de originalidad.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación de la situación actual de la gestión del mantenimiento

El uso de indicadores como el "Tiempo Medio Entre Fallas" (MTBF) y el "Tiempo Medio para Reparar" (TMPR) es especialmente valioso en el contexto de los motores. Estos indicadores ofrecen ventajas significativas para la gestión y el mantenimiento de motores.

El MTBF permite conocer el tiempo promedio que un motor puede funcionar antes de experimentar una falla. Esto es fundamental para programar mantenimientos preventivos en función de este tiempo, lo que ayuda a evitar fallos inesperados y a mantener el motor en un rendimiento óptimo.

El TMPR, por otro lado, brinda información sobre cuánto tiempo se necesita para reparar un motor en caso de una falla. Este conocimiento es crucial para la asignación eficiente de recursos, como mano de obra y piezas de repuesto, reduciendo así los tiempos de inactividad y los costos de mantenimiento.

La combinación de MTBF y TMPR permite calcular la disponibilidad del motor, lo que es esencial para evaluar su tiempo operativo y su capacidad para cumplir con las demandas. Una alta disponibilidad es especialmente importante en aplicaciones críticas, donde los tiempos de inactividad pueden ser costosos o incluso peligrosos.

Al mejorar la confiabilidad y reducir los tiempos de inactividad, se reducen los costos operativos y se optimiza el rendimiento del motor. Además, el conocimiento de estos indicadores es fundamental para garantizar la seguridad operativa, especialmente en aplicaciones críticas.

En resumen, el uso de indicadores como MTBF y TMPR es esencial en la gestión de motores, ya que contribuye a una operación más eficiente, confiable y segura, al tiempo que reduce los costos operativos y optimiza el rendimiento.

Tabla 2. Disponibilidad actual de los motores diésel ISF 2.8 de la flota de la empresa de transportes Nazareo S.A.C durante el periodo de 24 meses (agosto 2021 – agosto 2023)

Unidad	Tiempo de operación	Tiempo de falla	Cantidad de fallas	MTBF = Tiempo de operación / Cantidad de fallas	TMPR = Tiempo de falla / Cantidad de falla	Disponibilidad = MTBF / (MTBF+TMPR)*100%
Unidad 1	7680	1708,5	145	52,96551724	11,78275862	81,80
Unidad 2	7550	1734	149	50,67114094	11,63758389	81,32
Unidad 3	7500	1701,75	147	51,02040816	11,57653061	81,51
Unidad 4	7601	1664,25	144	52,78472222	11,55729167	82,04
Unidad 5	7630	1815,375	156	48,91025641	11,63701923	80,78
Total	37961	8623,875	741	256,352045	58,19118402	81,50

Fuente: elaboración propia

La Tabla 2 presenta un análisis detallado de la disponibilidad actual de cada una de las unidades de motores diésel ISF 2.8 en la flota de la empresa de transportes Nazareo S.A.C. Estos cálculos se basan en indicadores clave, como el "Tiempo Medio Entre Fallas" (MTBF) y el "Tiempo Medio para Reparar" (TMPR), expresados como porcentajes.

La Unidad 1 tiene un MTBF de aproximadamente 52.97 horas y un TMPR de 11.78 horas, lo que se traduce en una disponibilidad del 81.80%. Esto significa que este motor está en funcionamiento alrededor del 81.80% del tiempo.

Por su parte, la Unidad 2 registra un MTBF de aproximadamente 50.67 horas, con un TMPR de 11.64 horas, lo que resulta en una disponibilidad del 81.32%, indicando que el motor está operativo cerca del 81.32% del tiempo.

En el caso de la Unidad 3, el MTBF es de alrededor de 51.02 horas, con un TMPR de 11.58 horas, lo que se traduce en una disponibilidad del 81.51%. Esto indica que el motor está disponible aproximadamente el 81.51% del tiempo.

La Unidad 4 presenta un MTBF de alrededor de 52.78 horas y un TMPR de 11.56 horas, lo que resulta en una disponibilidad del 82.04%. Esto significa que el motor está operativo cerca del 82.04% del tiempo.

Finalmente, en la Unidad 5, el MTBF es de aproximadamente 48.91 horas, con un TMPR de 11.64 horas, lo que se traduce en una disponibilidad del 80.78%, indicando que el motor está disponible alrededor del 80.78% del tiempo.

En resumen, estos cálculos proporcionan una visión detallada de la disponibilidad de cada unidad de motor en la flota. Cada unidad tiene su propio MTBF, TMPR y nivel de disponibilidad, lo que refleja la eficiencia y la confiabilidad operativa de cada motor en particular. Estos datos son fundamentales para la toma de decisiones relacionadas con el mantenimiento, la planificación de recursos y la mejora de la gestión de activos en la empresa.

A nivel global de la flota de la empresa de transportes Nazareo S.A.C., los cálculos se basan en el conjunto de datos de todas las unidades evaluadas en la Tabla 5. El MTBF promedio de todas las unidades es de aproximadamente 256.35 horas, y el TMPR promedio es de alrededor de 58.19 horas.

La disponibilidad calculada para la flota en su conjunto es del 81.50%. Esto indica que, en promedio, los motores diésel ISF 2.8 de la flota están disponibles y operativos alrededor del 81.50% del tiempo.

Esta cifra de disponibilidad global refleja la eficiencia operativa general de la flota. Es un indicador importante para evaluar la confiabilidad y el rendimiento general de los motores en uso, así como para tomar decisiones estratégicas sobre la gestión de activos y el mantenimiento en toda la flota.

4.2. Análisis de criticidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareno S.A.C

Conocer el nivel de criticidad de los componentes de un motor Cummins en la empresa de transportes "Nazareno S.A.C.", que cuenta con solo 5 unidades y cubre la ruta desde Trujillo en la costa norte del Perú hasta Sartimbamba en la sierra de La Libertad, es fundamental. A pesar de tener un número limitado de vehículos y operar en una ruta específica, esto no disminuye la importancia de evaluar la criticidad de los componentes del motor.

El mantenimiento preventivo se vuelve esencial en este contexto. Identificar los componentes críticos del motor permite programar inspecciones y reparaciones antes de que ocurran problemas graves en la flota de "Nazareno S.A.C.". Esto ayuda a evitar tiempos de inactividad no planificados y los costos asociados a reparaciones urgentes.

La seguridad es otra razón vital para conocer la criticidad de estos componentes. En una ruta que implica desplazarse por terrenos variados, como montañas, un fallo del motor puede ser peligroso. Asegurar que los componentes esenciales del motor estén en buen estado es crucial para la seguridad de los conductores, pasajeros y otros usuarios de la carretera.

Además, la eficiencia operativa y el rendimiento del motor están estrechamente relacionados con su mantenimiento. El conocimiento de los componentes críticos permite mantener el rendimiento óptimo del motor en los vehículos de "Nazareno S.A.C.", lo que a su vez puede tener un impacto positivo en la economía de la empresa al reducir el consumo de combustible y optimizar la vida útil del motor.

Tabla 3. Criticidad del subsistema inyección del combustible de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses (agosto 2021- agosto 2023)

Subsistema / Componente		Total de fallas por componente	Frecuencia Fallas (FF)	IO	FO	CM	IMA	IS	CONSECUENCIA (CO= IO + FO+ CM+ IMA+ IS)	CRITICIDAD (C=FF*CO)	
Inyección de combustible	Bomba de inyección	25	5	5	4	5	4	3	21	105	Alta
	Inyector	29	5	5	3	5	4	3	20	100	Alta
	Cámara de combustión	21	4	5	3	5	4	3	20	80	Alta
	Tanque de combustible	26	5	4	4	5	3	2	18	90	Alta
	Bomba de cebado	16	3	4	3	4	3	2	16	48	Media
	Filtro de combustible	41	5	3	4	3	2	2	14	70	Alta
	Gobernador	18	4	5	3	5	4	3	20	80	Media

Fuente: elaboración propia

La Tabla 3 presenta la criticidad del subsistema de inyección de combustible, donde se identifican cinco componentes con una criticidad alta y uno con criticidad media. Esta evaluación se fundamenta en la frecuencia de fallas, cuya ponderación es de 5, indicando que dichas fallas ocurren más de tres veces en un año.

Tabla 4. Criticidad del subsistema Tren alternativo de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses (agosto 2021- agosto 2023)

Subsistema / Componente		Total de fallas por componente	Frecuencia a Fallas (FF)	IO	FO	CM	IMA	IS	CONSECUENCIA (CO= IO + FO+ CM+ IMA+ IS)	CRITICIDAD (C=FF*CO)	
Tren alternativo	Pistón-biela-cigüeñal.	28	5	3	4	3	3	2	15	75	Alta
	Bulón	33	5	3	3	2	3	2	13	65	Alta
	Anillos del pistón	30	5	2	4	2	2	2	12	60	Alta
	Cojinetes del cigüeñal	35	5	2	3	2	2	2	11	55	Alta
	Volante	28	5	2	4	2	2	2	12	60	Alta

Fuente: elaboración propia

La tabla 4 presenta la criticidad del subsistema tren alternativo de los motores Cummins ISF 2.8, debido a la frecuencia de fallas y la ponderación de los impactos, todos los componentes del subsistema presentan una criticidad alta.

Tabla 5. *Criticidad de los subsistemas Turbocompresor e Intercooler del motor Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses (agosto 2021- agosto 2023)*

Subsistema / Componente	Total de fallas por componente	Frecuencia Fallas (FF)	IO	FO	CM	IMA	IS	CONSECUENCIA (CO= IO + FO+ CM+ IMA+ IS)	CRITICIDAD (C=FF*CO)	
Turbocompresor	28	5	5	3	5	4	3	20	100	Alta
Intercooler	37	5	5	4	5	4	3	21	105	Alta

Fuente: elaboración propia

La tabla 5, presenta la criticidad de los subsistemas turbocompresor e Intercooler del motor, debido a la cantidad de fallas y frecuencia de la ocurrencia, los dos subsistemas presentan una criticidad alta. El turbocompresor y el Intercooler son componentes clave en los sistemas de sobrealimentación de motores. Comprender su criticidad ayuda a evaluar y mantener el rendimiento óptimo del motor.

Tabla 6. Criticidad de los subsistemas Lubricación del motor Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses (agosto 2021-agosto 2023)

Subsistema / Componente		Total de fallas por componente	Frecuencia a Fallas (FF)	IO	FO	CM	IMA	IS	CONSECUENCIA (CO= IO + FO+ CM+ IMA+ IS)	CRITICIDAD (C=FF*CO)	
Lubricación	Carter	20	5	4	3	4	3	2	16	80	Alta
	Filtros	31	5	3	4	3	1	2	13	65	Alta
	Bomba de aceite	33	5	3	4	3	2	2	14	70	Alta
	Válvula de regulación de presión	33	5	3	4	2	3	2	14	70	Alta

Fuente: elaboración propia

La tabla 6, presenta la criticidad del subsistema Lubricación, los componentes presentan una criticidad alta debido a la frecuencia de fallas y los impactos a nivel operacional, flexibilidad operacional y otros.

Tabla 7. Criticidad del subsistema Refrigeración de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses (agosto 2021- agosto 2023)

Subsistema / Componente		Total de fallas por componente	Frecuencia Fallas (FF)	IO	FO	CM	IMA	IS	CONSECUENCIA (CO= IO + FO+ CM+ IMA+ IS)	CRITICIDAD (C=FF*CO)	
Refrigeración	Bomba de agua	41	5	3	4	4	3	2	16	80	Alta
	Radiador	22	5	2	4	3	2	2	13	65	Alta
	Ventilador	32	5	2	3	3	2	2	12	60	Alta
	Termostato	21	5	2	3	2	2	2	11	55	Alta
	Enfriador de aceite	33	5	3	4	3	3	2	15	75	Alta

Fuente: elaboración propia

La tabla 7, presenta la criticidad del subsistema refrigeración, debido a la frecuencia de fallas y la consecuencia derivada de los impactos la criticidad de los componentes es alta.

Tabla 8. Criticidad del subsistema Refrigeración de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa Nazareo S.A.C

Subsistema / Componente		Total de fallas por componente	Frecuencia Fallas (FF)	IO	FO	CM	IMA	IS	CONSECUENCIA (CO= IO + FO+ CM+ IMA+ IS)	CRITICIDAD (C=FF*CO)	
Distribución	Válvulas de Bypass hacia el motor y de recirculación	36	5	2	4	2	2	2	12	60	Alta
	Válvulas de admisión y escape	23	5	2	3	2	2	2	11	55	Alta
	Resortes, balancines y árbol de levas.	21	5	2	4	2	2	2	12	60	Alta

Fuente: elaboración propia

La tabla 8 presenta la criticidad del subsistema Refrigeración, el nivel de criticidad es alto debido a la frecuencia de fallas, a pesar de que los impactos tienen una ponderación baja.

4.3. Análisis de las causas-raíz de los problemas de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa de transportes Nazareo S.A.C

Realizar un análisis de causa raíz (AMEF) en los motores Cummins de la empresa de transportes "Nazareo S.A.C." que opera con 5 unidades en la ruta desde Trujillo en la costa norte del Perú hasta Sartimbamba en la sierra de La Libertad se vuelve esencial. Aunque su flota sea pequeña y la ruta específica, el AMEF desempeña un papel crucial para mantener un funcionamiento seguro y eficiente.

Este análisis se convierte en un aliado estratégico para anticipar y prevenir problemas en los motores. Permite identificar posibles fallos y sus causas subyacentes, lo que es vital para evitar situaciones costosas y disruptivas en la operación de la empresa.

La seguridad de los conductores y pasajeros es una prioridad en esta ruta, y un fallo inesperado del motor podría representar un riesgo significativo. El AMEF es una herramienta que contribuye a garantizar que los motores funcionen de manera segura y confiable.

Además, la eficiencia operativa de la flota se ve directamente afectada por el estado de los motores. Un mantenimiento preventivo adecuado mejora el rendimiento y la vida útil de los motores, lo que a su vez puede reducir los costos operativos y el consumo de combustible.

Tabla 9. Análisis de las causas raíz de las fallas (AMEF) de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa de transportes Nazareo S.A.C.

Sistema		Falla	Modos potenciales de fallo	Efectos potenciales de fallo	Gravedad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación (es) y/o control(es) actual (es)	Detección	NPR (G*O*D)
Inyección de combustible	Bomba de inyección	Bomba de Inyección Averíada	Desgaste de piezas internas por falta de lubricación	Pérdida de presión de combustible, posible daño a otros componentes	8	Falta de mantenimiento adecuado	6	Inspección periódica de las piezas internas	7	336
			Fuga de combustible en las conexiones de la bomba	Riesgo de incendio, pérdida de combustible	8	Conexiones flojas o dañadas	6	Inspección visual y apriete de conexiones	7	336
			Bomba mal regulada	Menor eficiencia en la entrega de combustible y pérdida de potencia en el motor.	9	Ajuste incorrecto de los parámetros de la bomba.	6	Prueba de presión de combustible en la línea de combustible	7	378
			Avería del tirador del palo de la bomba inyectora	Dificultad para iniciar o detener el motor e interrupciones en la inyección de combustible.	7	Desgaste o daño del mecanismo del tirador.	6	Operar el tirador del palo de la bomba inyectora y observación si se siente resistencia inusual o si no se puede accionar de manera efectiva.	7	294
			Solenoides o el circuito eléctrico de la bomba no funcionan correctamente	Fallos en el encendido del motor y problemas de arranque en frío.	8	Mal funcionamiento del solenoide o problemas en el circuito eléctrico de control.	6	Uso de multímetro para verificar la continuidad del circuito eléctrico del solenoide de la bomba y asegurarse de que esté recibiendo la tensión adecuada.	7	336
			Componentes de la bomba se deterioran debido al exceso de fricción y temperatura	Pérdida de presión y caudal del combustible y ruido anormal en la bomba.	7	Operación prolongada bajo condiciones de alta fricción y temperatura.	6	Inspección visual de los componentes de la bomba en busca de signos evidentes de desgaste, agrietamientos o deformaciones.	7	294
			La bomba se obstruye con residuos y contaminantes, lo que genera un exceso de trabajo que termina por quemar la bomba.	Reducción de la vida útil de la bomba, mayor consumo de combustible, además, riesgo de daño adicional a otros componentes.	8	Acumulación de residuos y contaminantes en el sistema de combustible.	6	Inspección visual de la bomba y sus componentes en busca de acumulación de residuos, suciedad o contaminantes.	7	336

	Inyector	Inyector defectuoso	Obstrucción severa de la boquilla	Mala atomización, reducción significativa del rendimiento	7	Acumulación de suciedad en el combustible	5	Limpieza y mantenimiento regular	9	315
			Fuga de combustible en la carcasa del inyector	Pérdida de presión de combustible, riesgo de incendio	7	Desgaste de sellos	5	Inspección de sellos y sustitución	9	315
			Goteo de Combustible	Humo negro en el escape, consumo de combustible aumentado y daño al motor por sobrealimentación.	7	Desgaste del asiento del inyector, sello del inyector defectuoso o tolerancia inadecuada en el inyector.	5	Medir el caudal de combustible en el inyector.	9	315
			No pulverización adecuada	Pérdida de potencia y mayor emisión de gases contaminantes.	7	Agujas de inyector desgastadas, acumulación de carbonilla en la boquilla.	5	Prueba de caudal del inyector.	9	315
			Vibración y ruido anormal	Ruido anormal en el motor y pérdida de eficiencia del motor.	7	Desgaste del componente o acumulación de contaminantes en el inyector.	5	Prueba de presión del inyector.	9	315
			Inyección irregular o desequilibrada	Vibración y ruido en el motor, Rendimiento desigual del motor.	7	Inyectores obstruidos, deterioro del control electrónico del inyector o problemas en el sistema de combustible.	5	Prueba de equilibrio de inyección.	9	315
	Cámara de combustión	Cámara de Combustión con Problemas	Acumulación de carbonilla y depósitos	Aumento de las emisiones, pérdida de potencia	8	Combustión ineficiente	7	Limpieza y mantenimiento de la cámara	7	392
			Desgaste excesivo de las paredes de la cámara	Pérdida de compresión, reducción del rendimiento	9	Falta de lubricación adecuada	7	Programa de mantenimiento y lubricación	7	441
			Rajaduras que provocan pérdidas considerables de combustible	Pérdida significativa de combustible y vibración y ruido en el motor.	9	Rajaduras en el cuerpo del inyector.	7	Revisión de la cámara de combustión mediante boroscopio (dispositivo óptico)	7	441
			Partes quemadas o con óxido	Pérdida de potencia en el motor.	8	Mal funcionamiento de los inyectores o que los mismos se encuentren sucios, como también por una mala alineación de la cámara de combustión.	7	Inspección visual del inyector en busca de zonas dañadas.	7	392
			Combustión dispareja	Quemar partes fundamentales en la cámara y ocasionar fallos en las piezas de transición.	9	Deflectores de llama no funcionan correctamente	7	Escaneo del sistema de control del inyector.	7	441
			Fallas en las piezas de transición		9	Desgaste o deformación de piezas de transición.	7	Inspección de las piezas de transición del inyector.	7	441
	Tanque de combustible	Tanque de Combustible Averiado	Fugas en el Tanque de Combustible	Pérdida de combustible, riesgo de incendio, contaminación del entorno.	6	Daños en el tanque, corrosión, juntas o sellos defectuosos.	7	Inspección visual del tanque, revisión de	7	294

							juntas y sellos, verificación de fugas.			
			Corrosión del Tanque de Combustible	Debilitamiento del tanque, riesgo de fuga de combustible, contaminación del combustible.	6	Exposición a la humedad, acumulación de sedimentos, falta de protección anticorrosión.	7	Inspección visual del tanque, análisis de la calidad del combustible, inspección periódica.	7	294
			Obstrucción del Tanque de Combustible	Pérdida de presión y caudal de combustible, fallo del motor, posible daño a la bomba de combustible.	6	Acumulación de residuos y contaminantes en el tanque.	7	Inspección visual del tanque, limpieza periódica del sistema de combustible, análisis de la calidad del combustible.	7	294
			Daños Mecánicos en el Tanque de Combustible	Pérdida de combustible, posible riesgo de incendio, reducción de la capacidad del tanque.	6	Impactos, golpes, daños externos en el tanque.	7	Inspección visual del tanque, revisión de posibles daños, análisis de riesgos.	7	294
			Ruidos Producidos por el Tanque	Ruidos anormales en el área del tanque, posibles problemas de funcionamiento.	6	Deformaciones, holguras, daños en soportes o soportes de montaje.	7	Inspección visual y auditiva del tanque, análisis de ruidos anormales.	7	294
	Bomba de cebado	Bomba de Cebado con Fallas	Fallo del motor eléctrico	Dificultad para arrancar el motor, pérdida de presión	5	Falla eléctrica	5	Pruebas eléctricas regulares	7	175
Fuga de combustible en la carcasa de la bomba			Riesgo de incendio, dificultad para arrancar el motor	5	Daño físico en la carcasa	5	Inspección visual y mantenimiento	5	125	
Pérdida de Presión de Cebado			Dificultad para iniciar el motor y arranque y parada repetidos del motor.	5	- Fuga en las conexiones o sellos del cebado. - Desgaste del diafragma de la bomba de cebado.	5	Realizar una prueba de presión del sistema de cebado. Inspeccionar visualmente conexiones y sellos. Revisar el estado del diafragma de la bomba.	7	175	
Fugas de Combustible			Riesgo de incendio debido a fugas de combustible y pérdida de presión en el sistema de combustible.	5	- Sellos defectuosos en la bomba de cebado. - Conexiones flojas o dañadas.	5	Inspeccionar visualmente conexiones y sellos. Verificar la presión del sistema de combustible.	5	125	
Obstrucción o Contaminación			Dificultad para purgar aire del sistema y posible fallo del motor debido a la falta de combustible.	5	- Acumulación de sedimentos o contaminantes en el cebado. - Filtro de cebado obstruido.	5	Inspeccionar el sistema de cebado en busca de obstrucciones. Reemplazar o limpiar el filtro de cebado.	2	50	
Desgaste de Componentes Internos			Pérdida de presión de cebado y dificultad para arrancar el motor en frío.	5	- Desgaste natural de la bomba de cebado.	5	Realizar una prueba de presión del sistema de cebado. Inspeccionar el estado de la bomba de cebado.	4	100	

			Avería del Mecanismo de Accionamiento	- Inhabilidad para operar la bomba de cebado y purgar el sistema de combustible.	5	- Fallo mecánico en la palanca o el mecanismo de accionamiento.	5	Verificar el funcionamiento del mecanismo de accionamiento. Inspeccionar visualmente la palanca de cebado.	5	125
Filtro de combustible	Filtro de Combustible con Problemas		Obstrucción severa del filtro	Pérdida de presión de combustible, fallo del motor	7	Acumulación de sedimentos y suciedad	6	Reemplazo programado del filtro	2	84
			Fuga en las conexiones del filtro	Pérdida de presión de combustible, riesgo de incendio	7	Conexiones dañadas	6	Inspección y apriete de conexiones	2	84
			Altas emisiones de CO ₂	Afectación de la salud y el medio ambiente	7	Combinación inapropiada de aire y combustible, lo que resulta en una combustión deficiente	6	Inspección en el sistema de admisión de aire y el sistema de escape	2	84
			Dificultades en el arranque	Dificultad para iniciar el motor y posiblemente ralenti inestable o irregular.	7	Problemas en el sistema de suministro de combustible, fallos en los componentes del encendido, y filtros de aire o combustible obstruidos.	6	Inspección de los filtros de aire y combustible.	2	84
			Problemas en el rendimiento del motor	Pérdida de potencia, rendimiento deficiente y aumento del consumo de combustible.	7	Inyección incorrecta de combustible, filtros obstruidos, problemas con sensores de rendimiento o el sistema de encendido.	6	Verificación de la condición de los sensores de rendimiento.	2	84
			Se enciende la luz del motor	Activación de la luz de advertencia del motor en el panel de instrumentos, lo que puede resultar en limitaciones en el rendimiento del motor.	7	Problemas en el sistema de control del motor, fallos en sensores de emisiones y condiciones de funcionamiento anormales.	6	Inspección de los componentes relacionados con las emisiones.	2	84
			Daños en la bomba de combustible	Pérdida de presión de combustible, dificultades en el arranque y posible detención del motor.	7	Obstrucciones en el suministro de combustible, fallos en la bomba de combustible y contaminantes en el combustible.	6	Prueba de presión del sistema de combustible, inspección visual de la bomba de combustible en busca de daños	2	84
Gobernador	Gobernador Averiado		Desgaste excesivo de componentes internos	Pérdida de control del motor, aumento de las emisiones	8	Desgaste debido al uso continuo	6	Mantenimiento programado y reemplazo de piezas	7	336
			Falla en el sistema electrónico de control	Pérdida de control del motor, riesgo de daño del motor	8	Falla eléctrica	6	Pruebas regulares del sistema electrónico	7	336
			Variación de la Velocidad del Motor	Inestabilidad en la velocidad del motor, lo que puede resultar en fluctuaciones en la potencia y el rendimiento.	8	Desgaste de los componentes internos del gobernador, problemas en el sistema	6	Inspección visual del gobernador en busca de desgaste y verificar el mantenimiento del	7	336

						de control de velocidad, falta de mantenimiento adecuado.		sistema de control de velocidad.		
			Fallo en el Control de la Velocidad	Pérdida de control sobre la velocidad del motor, lo que puede llevar a un aumento o disminución no deseada de la velocidad.	8	Problemas eléctricos o electrónicos en el sistema de control de velocidad, fallos en sensores de velocidad, conexiones sueltas o dañadas.	6	Examinación de las conexiones eléctricas en busca de problemas.	7	336
			Pérdida de Potencia	Reducción en la potencia del motor, lo que puede afectar el rendimiento y la capacidad de carga.	8	Mala calibración del gobernador, obstrucciones en el sistema de combustible, inyección inadecuada de combustible.	6	Inspección del gobernador en busca de problemas de calibración, y verificación del sistema de combustible en busca de obstrucciones.	7	336
			Sobre revoluciones	Aumento excesivo de la velocidad del motor, lo que puede dañar el motor y otros componentes.	8	Ajuste incorrecto del gobernador, falla en el mecanismo de regulación, problemas eléctricos en el sistema de control de velocidad.	6	Monitoreo de la velocidad del motor y detectar aumentos anormales.	7	336
			Detención Inesperada del Motor	Parada repentina del motor, lo que puede ser peligroso y causar interrupciones en el funcionamiento.	8	Fallos graves en el gobernador, problemas eléctricos críticos en el sistema de control de velocidad, falta de mantenimiento preventivo.	6	Examinación del sistema de control de velocidad en busca de problemas críticos.	7	336
Tren alternativo	Pistón-biela-cigüeñal.	Pistón averiado	Desgaste de Pistón-Biela-Cigüeñal	Pérdida de compresión, pérdida de potencia, daño del motor	7	Desgaste debido al uso continuo, lubricación insuficiente	5	Mantenimiento programado y lubricación	5	175
			Desgaste de Cojinetes del Cigüeñal	Pérdida de compresión, aumento del juego axial, daño del motor	7	Insuficiente presión de aceite, desgaste debido al uso	5	Monitoreo continuo de la presión de aceite	5	175
			Rayado del pistón, desgaste	Pérdida de compresión, reducción del rendimiento	7	Combustión ineficiente, falta de lubricación adecuada	5	Inspección visual y mantenimiento	5	175
			Rotura del pistón	Paro inmediato del motor, daño grave	7	Exceso de temperatura, falta de lubricación	5	Inspección visual regular	5	175
		Biela Averiaada	Desgaste de la Biela	Pérdida de compresión, ruidos y vibraciones en el motor, reducción de potencia y eficiencia.	7	Lubricación inadecuada, utilización de combustible de mala calidad y bujías instaladas incorrectamente	6	Mantenimiento programado y lubricación	5	210
			Biela Doblada o Torcida	Ruidos intensos y vibraciones en el motor, posible daño adicional a otros componentes.	7	Ajuste incorrecto del sistema de encendido, golpe o impacto y	6	Inspección visual y monitoreo de vibraciones	5	210

					material defectuoso en la biela					
			Desgaste de Cojinete de Biela	Ruidos metálicos, vibraciones y posible aumento de la temperatura del motor.	7	Lubricación deficiente, uso excesivo, contaminantes en el aceite, uso de combustible de mala calidad y bujías instaladas incorrectamente	6	Inspección visual de los cojinetes de biela, medición de holguras y ruidos anormales, análisis del aceite.	5	210
			Biela Rota o Grietas	Daño grave al motor, pérdida de potencia, riesgo de daño adicional y parada del motor.	7	Sobrecarga extrema, golpes o impactos severos, material defectuoso y ajuste incorrecto del sistema de encendido	6	Inspección visual de la biela en busca de fracturas o grietas, análisis del historial de funcionamiento y mantenimiento.	5	210
			Biela Desconectada del Cigüeñal	Parada inmediata del motor, daños graves, riesgo de incendio o pérdida total del motor.	7	Fallo en la conexión del perno de la biela con el cigüeñal, fallo del perno de biela, ajuste incorrecto del sistema de encendido y fallos de inyección	6	Inspección visual de la conexión del perno de biela con el cigüeñal y verificación de la integridad del perno de biela.	5	210
		Cigüeñal Averiado	Desgaste de cojinetes del cigüeñal	Pérdida de compresión, aumento del juego axial, daño del motor	7	Lubricación inadecuada, contaminación de aceite	6	Mantenimiento programado y lubricación	7	294
			Rotura del cigüeña	Paro inmediato del motor, riesgo de daño del motor	5	Sobrecarga, fatiga del material	6	Inspección visual y monitoreo de vibraciones	7	210
			Cigüeñal Doblado o Torcido	Vibraciones intensas, ruido metálico, desequilibrio en el motor, riesgo de daño adicional a otros componentes.	5	Sobrecarga del motor, impacto o golpe severo, material defectuoso en el cigüeñal.	6	Inspección visual del cigüeñal, medición de la rectitud, evaluación de la sobrecarga del motor.	6	180
			Desgaste de Cojinetes del Cigüeñal	Ruido metálico, vibraciones, aumento de la temperatura del motor, pérdida de presión de aceite.	7	Lubricación deficiente, uso excesivo, contaminantes en el aceite, calidad deficiente de los cojinetes.	6	Inspección visual de los cojinetes del cigüeñal, medición de holguras y ruidos anormales, análisis del aceite.	7	294
			Cigüeñal Fuera de Balance	Vibraciones excesivas, desgaste irregular de componentes, posible daño a otros sistemas.	6	Fallo en el equilibrado del cigüeñal, material defectuoso, componentes desgastados en el motor.	6	Análisis de vibraciones y equilibrado del cigüeñal, inspección visual del cigüeñal en busca de problemas de fabricación o material.	6	216
	Bulón	Bulón Averiado	Desgaste del Bulón	Vibraciones en el motor, posible pérdida de apriete, riesgo de desprendimiento, ruido metálico.	7	Desgaste por fricción, falta de lubricación adecuada, apriete insuficiente.	6	Inspección visual del bulón, medición de tolerancias y holguras, análisis del historial de mantenimiento.	8	336

			Rotura del Bulón	Daño grave al motor, posible detención del motor, riesgo de daño a otros componentes.	7	Material defectuoso o de mala calidad, sobrecarga extrema, apriete excesivo o inadecuado.	6	Inspección visual del bulón en busca de fracturas o grietas, análisis del historial de funcionamiento y mantenimiento.	8	336
			Apriete Incorrecto del Bulón	Pérdida de apriete, posible pérdida de componentes, vibraciones y ruido.	7	Apriete insuficiente o excesivo, uso de herramientas inadecuadas para el apriete.	6	Verificar el apriete del bulón con la torsión o el torque especificado, uso de herramientas calibradas y seguimiento de procedimientos de apriete.	8	336
			Desprendimiento del Bulón	Daño grave al motor, posible detención del motor, riesgo de piezas sueltas en el motor.	7	Apriete inadecuado o deterioro del bulón con el tiempo.	6	Inspección visual del bulón en busca de desprendimiento, verificación del apriete según las especificaciones.	8	336
	Anillos del pistón	Anillos del Pistón Averiados	Desgaste de los Anillos del Pistón	Pérdida de compresión, consumo excesivo de aceite, humo azul en el escape, reducción del rendimiento y potencia del motor.	6	Uso prolongado, falta de lubricación, calidad deficiente del aceite, presencia de contaminantes.	7	Inspección visual de los anillos, análisis del aceite y su historial de cambios.	8	336
Desgaste Irregular de los Anillos del Pistón			Pérdida de compresión, consumo excesivo de aceite, vibraciones, ruido del motor, aumento del desgaste de los cilindros.	6	Lubricación deficiente, contaminantes en el aceite, uso excesivo, problemas de alineación de los anillos.	7	Inspección visual de los anillos y cilindros, medición de la holgura y análisis del aceite.	8	336	
Rotura de los Anillos del Pistón			Pérdida de compresión, aumento del consumo de aceite, daño al cilindro y pistón, pérdida de potencia, riesgo de daño adicional.	6	Material defectuoso o de mala calidad, sobrecarga extrema, fatiga del material debido al uso prolongado.	7	Inspección visual de los anillos en busca de fracturas o roturas, medición de la holgura en los cilindros.	8	336	
Anillos Atascados o Congelados			Pérdida de compresión, consumo excesivo de aceite, ruido del motor, aumento del consumo de combustible, pérdida de potencia.	6	Acumulación de carbonilla, depósitos de aceite o suciedad, falta de movimiento libre de los anillos.	7	Inspección visual de los anillos y cilindros, evaluación de la movilidad de los anillos.	8	336	
Anillos con Gap Incorrecto			Pérdida de compresión, consumo excesivo de aceite, ruido del motor, vibraciones, disminución del rendimiento del motor.	6	Instalación incorrecta de los anillos, juego de anillos inapropiado, mala selección de los anillos.	7	Inspección visual de la instalación de los anillos, medición de las holguras y evaluación de la selección de los anillos.	8	336	
Cojinetes del cigüeñal	Cojinetes del Cigüeñal Averiados	Desgaste de los Cojinetes	Ruido metálico, vibraciones en el motor, aumento de la temperatura del aceite, pérdida de presión de aceite.	7	Lubricación inadecuada, uso excesivo, contaminantes en el aceite, calidad deficiente de los cojinetes.	5	Mantenimiento programado y lubricación	8	280	

			Rotura de los Cojinetes	Daño grave al motor, riesgo de detención del motor, pérdida de potencia, filtraciones de aceite.	5	Material defectuoso o de mala calidad, sobrecarga extrema, fatiga del material debido al uso prolongado.	5	Inspección visual de los cojinetes en busca de fracturas o roturas, análisis del historial de funcionamiento y mantenimiento.	6	150
			Cojinetes Agrietados o Con Rayaduras	Ruido metálico, vibraciones, aumento de la temperatura del aceite, pérdida de presión de aceite.	5	Sobrecarga extrema, impacto o golpe severo, material defectuoso o calidad deficiente de los cojinetes.	5	Inspección visual de los cojinetes en busca de fracturas, grietas o rayaduras, medición de holguras y ruidos anormales.	5	125
			Desgaste Anormal de Cojinetes	Pérdida de lubricación, ruido metálico, aumento de la temperatura del aceite, pérdida de presión de aceite.	5	Contaminantes en el aceite, calidad deficiente del aceite, alineación incorrecta de los cojinetes.	5	Inspección visual de los cojinetes y su superficie, análisis del aceite y su historial de cambios.	5	125
			Cojinetes Mal Alineados	Vibraciones en el motor, ruido metálico, aumento del desgaste en los cojinetes y pérdida de potencia.	5	Montaje incorrecto, ajuste incorrecto del cigüeñal, material defectuoso de los cojinetes.	5	Inspección visual de la alineación de los cojinetes, medición de holguras y ruidos anormales, verificación del ajuste del cigüeñal.	5	125
	Volante	Volante Averiado	Desgaste del Volante del Motor	Vibraciones, dificultad en el arranque del motor, ruido al arrancar, pérdida de potencia.	6	Uso prolongado, falta de mantenimiento, calidad deficiente del material del volante.	5	Inspección visual del volante, análisis de la superficie, medición de holguras y ruidos anormales.	7	210
			Daño o Deformación del Volante	Vibraciones intensas, dificultad en el arranque, riesgo de desbalanceo del motor, pérdida de potencia.	6	Impacto, sobrecarga extrema, material defectuoso o de mala calidad.	5	Inspección visual del volante en busca de daños o deformaciones, medición de la rectitud y equilibrio del volante.	7	210
			Desgaste de los Dientes del Volante	Problemas en el arranque del motor, ruido al arrancar, pérdida de potencia, riesgo de no encender el motor.	6	Uso prolongado, falta de mantenimiento, alineación incorrecta del motor.	5	Inspección visual de los dientes del volante, análisis de su estado y desgaste.	7	210
			Volante Desbalanceado	Vibraciones intensas en el motor, daño a otros componentes, pérdida de potencia y rendimiento.	6	Montaje incorrecto, material defectuoso, desgaste desigual de los dientes.	5	Análisis de vibraciones y equilibrio del volante, inspección visual de su montaje.	7	210
			Volante Agrietado o con Rayaduras	Pérdida de potencia, dificultad en el arranque, riesgo de falla catastrófica, pérdida de potencia.	6	Impacto, sobrecarga extrema, material defectuoso o calidad deficiente del volante.	5	Inspección visual del volante en busca de fracturas, grietas o rayaduras, análisis de su estado.	7	210
	Turbocompresor	---	Turbocompresor Averiado	Pérdida de Potencia	Disminución del rendimiento del motor, falta de potencia, menor eficiencia del combustible.	8	Desgaste del rotor, fugas en el sistema de admisión o escape, falta de mantenimiento.	7	Pruebas de rendimiento del motor, inspección visual del turbo y sus componentes.	8

			Aumento del Consumo de Aceite	Consumo excesivo de aceite, humo azul en el escape, daño a las bujías de encendido.	8	Desgaste de los sellos del turbo, daño de la carcasa del compresor o turbina, mala calidad del aceite.	7	Inspección del sistema de admisión, análisis de humo del escape, evaluación del estado de los sellos.	8	448
			Vibraciones Anormales	Ruidos metálicos, vibraciones en el motor, daño a otros componentes, pérdida de equilibrio.	8	Daño en los rotores, desgaste irregular, sobrecarga o impacto, desequilibrio en el rotor.	7	Análisis de vibraciones, inspección visual del turbo, medición de tolerancias.	8	448
			Pérdida de Eficiencia	Reducción de la potencia y la eficiencia del motor, aumento del consumo de combustible.	8	Acumulación de suciedad o contaminantes, obstrucciones en el sistema de admisión o escape.	7	Pruebas de rendimiento del motor, inspección visual del turbo y limpieza de componentes.	8	448
			Fallos en el Actuador o Válvula de Control	Pérdida de control del turbo, disminución de la potencia, posibles códigos de error.	8	Problemas eléctricos o mecánicos en el actuador o válvula de control, falta de mantenimiento.	7	Pruebas de diagnóstico, análisis de códigos de error, inspección visual del actuador.	8	448
Intercooler	---	Intercooler Averiado	Fugas de Aire	Pérdida de presión del aire, disminución del rendimiento, aumento del consumo de combustible.	7	Daños en el Intercooler, juntas defectuosas, conexiones sueltas o mal ajustadas.	6	Inspección visual del Intercooler y sus conexiones, pruebas de presión del sistema.	7	294
			Acumulación de Suciedad	Reducción de la eficiencia del enfriamiento, disminución del rendimiento del motor.	7	Acumulación de suciedad, aceite o contaminantes en el interior del intercooler.	6	Inspección visual del interior del Intercooler, limpieza y mantenimiento periódico.	7	294
			Daño Mecánico	Pérdida de presión del aire, fugas, pérdida de rendimiento del motor.	7	Impacto, sobrecarga, desgaste de los componentes del intercooler.	6	Inspección visual del intercooler en busca de daños o deformaciones.	7	294
			Bloqueo por Obstrucciones	Pérdida de presión del aire, disminución del rendimiento, aumento de la temperatura del aire.	7	Obstrucciones, acumulación de desechos o contaminantes en las aletas del intercooler.	6	Inspección visual del intercooler y eliminación de obstrucciones.	7	294
			Corrosión o Desgaste de las Aletas	Pérdida de eficiencia del enfriamiento, disminución del rendimiento del motor.	7	Exposición a condiciones corrosivas, desgaste natural por el flujo de aire.	6	Inspección visual del estado de las aletas del intercooler, reparación o reemplazo si es necesario.	7	294
Lubricación	Carter	Carter Averiado	Fuga de Aceite	Pérdida de aceite, manchas en el suelo, disminución del nivel de aceite, posible daño al motor.	7	Daños en el cárter, juntas o sellos defectuosos, apriete insuficiente de los pernos de montaje.	6	Inspección visual del cárter en busca de fugas, revisión de juntas y sellos, verificación del apriete de los pernos.	8	336
			Daño Mecánico en el Carter	Pérdida de aceite, riesgo de daño adicional al motor,	7	Impacto, golpe o sobrecarga, material	6	Inspección visual del cárter en busca de	8	336

			posible contaminación del aceite.		defectuoso o de mala calidad.		daños o deformaciones, análisis del historial de mantenimiento.			
			Corrosión del Carter	Reducción de la integridad estructural, riesgo de fuga de aceite, daño del motor.	7	Exposición a condiciones corrosivas, falta de mantenimiento.	6	Inspección visual del estado del cárter en busca de corrosión o deterioro.	8	336
			Acumulación de Residuos	Obstrucciones en el cárter, disminución de la circulación de aceite, posible daño al motor.	7	Acumulación de residuos, sedimentos o lodos en el interior del cárter.	6	Inspección visual del interior del cárter, limpieza y mantenimiento periódico.	8	336
			Fisuras o Grietas en el Carter	Riesgo de fuga de aceite, posible contaminación del aceite, daño del motor.	7	Material defectuoso o de mala calidad, sobrecarga, impacto o fatiga del material.	6	Inspección visual del cárter en busca de fisuras o grietas, análisis de la integridad estructural.	8	336
			Desgaste Excesivo del Carter	Pérdida de integridad estructural, riesgo de fisuras o daño, posibles fugas de aceite.	7	Uso prolongado, condiciones de operación extremas, falta de mantenimiento preventivo.	6	Inspección visual del cárter en busca de desgaste o adelgazamiento, análisis del historial de mantenimiento.	8	336
			Montaje Incorrecto del Carter	Fugas de aceite, riesgo de fuga de aceite, daño a componentes circundantes.	7	Montaje incorrecto, sellos o juntas mal ubicados o defectuosos.	6	Inspección visual del montaje del cárter, verificación de la correcta ubicación de sellos y juntas.	8	336
			Ruido Producido por el Carter	Ruidos anormales, vibraciones, desgaste del motor.	7	Desgaste de rodamientos o componentes internos del cárter.	6	Inspección visual y auditiva, análisis de ruidos anormales, revisión de los componentes internos del cárter.	8	336
	Filtros	Filtros Obstruidos o Averidos	Filtro de Aire Sucio o Obstruido	Reducción del flujo de aire, pérdida de potencia, aumento del consumo de combustible.	8	Acumulación de polvo, suciedad o contaminantes en el filtro.	7	Inspección visual del filtro de aire, reemplazo periódico según el mantenimiento programado.	2	112
Filtro de Aceite Obstruido			Reducción de la lubricación, desgaste prematuro del motor, posible daño a piezas internas.	8	Acumulación de sedimentos, partículas o lodo en el filtro de aceite.	7	Análisis del aceite usado, inspección visual del filtro de aceite, reemplazo según las recomendaciones del fabricante.	2	112	
Filtro de Combustible Sucio			Reducción de la calidad del combustible, posible daño a los inyectores, fallo del motor.	8	Acumulación de sedimentos, partículas o agua en el filtro de combustible.	7	Drenaje del agua del filtro, reemplazo según el mantenimiento programado, análisis de muestras de combustible.	2	112	

			Filtro de Habitáculo Obstruido	Disminución de la calidad del aire en el habitáculo, menor eficacia del sistema de calefacción o aire acondicionado.	8	Acumulación de polvo, hojas u otros contaminantes en el filtro de habitáculo.	7	Inspección visual del filtro de habitáculo, reemplazo periódico según las recomendaciones del fabricante.	2	112
			Filtro de Aceite de Transmisión Sucio o Obstruido	Reducción de la calidad del aceite de transmisión, fallos en la transmisión, posible daño a piezas internas.	8	Acumulación de sedimentos, partículas o contaminantes en el filtro de aceite de transmisión.	7	Inspección visual del filtro de aceite de transmisión, reemplazo según las recomendaciones del fabricante.	2	112
	Bomba de Aceite	Bomba de Aceite Averiadada	Baja Presión de Aceite	Reducción de la lubricación, riesgo de daño a piezas internas, posibles ruidos en el motor.	7	Desgaste de los rotores o engranajes, fugas en el sistema de aceite, obstrucciones en los conductos.	6	Pruebas de presión de aceite, inspección visual de la bomba y el sistema de aceite, análisis del aceite usado.	3	126
			Ruido Producido por la Bomba	Ruidos anormales en la parte frontal del motor, vibraciones.	7	Desgaste de los rotores o engranajes, sobrecarga o impacto.	6	Inspección visual y auditiva de la bomba, análisis de ruidos anormales.	3	126
			Fugas de Aceite desde la Bomba	Pérdida de aceite, manchas en el motor, posible riesgo de daño a piezas internas.	7	Desgaste de sellos, juntas defectuosas, daño en la carcasa de la bomba.	6	Inspección visual de la bomba, revisión de sellos y juntas, verificación de fugas.	3	126
			Desgaste de los Componentes de la Bomba	Pérdida de presión, posible daño a piezas internas, disminución de la lubricación.	7	Uso prolongado, falta de mantenimiento, contaminantes en el aceite.	6	Inspección visual de los componentes internos de la bomba, análisis del aceite usado.	3	126
			Pérdida de Sincronización de la Bomba	Reducción de la presión de aceite, desgaste prematuro de piezas internas, ruido en el motor.	7	Problemas en la cadena o correa de sincronización, desgaste de los dientes del engranaje.	6	Inspección visual de la sincronización de la bomba, análisis del sistema de sincronización.	3	126
	Válvula de Regulación de Presión	Válvula de Regulación de Presión Averiadada	Presión de Aceite Insuficiente	Reducción de la lubricación, riesgo de daño a piezas internas, posible ruido en el motor.	5	Desgaste de la válvula, resorte débil o defectuoso, obstrucciones en el conducto de aceite.	6	Limpieza y mantenimiento regular	4	120
			Presión de Aceite Excesiva	Sobre lubricación, aumento de la temperatura del aceite, posible daño a sellos y juntas.	5	Resorte de la válvula demasiado fuerte, obstrucción en el conducto de retorno de aceite.	6	Inspección visual y mantenimiento	4	
			Fugas de Aceite desde la Válvula	Pérdida de aceite, manchas en el motor, posible riesgo de daño a piezas internas.	5	Desgaste de sellos, juntas defectuosas, daño en la válvula o carcasa.	6	Inspección visual y mantenimiento	4	
			Atasco de la Válvula	Presión de aceite inadecuada, pérdida de	5	Acumulación de sedimentos, partículas o	6	Inspección visual y mantenimiento	4	

				lubricación, posible daño a piezas internas.		contaminantes en la válvula.				
			Ruido Producido por la Válvula	Ruidos anormales en la parte frontal del motor, vibraciones.	5	Desgaste de componentes internos, sobrecarga o impacto.	6	Inspección visual y mantenimiento	4	
Refrigeración	Bomba de Agua	Bomba de Agua Averiada	1. Fuga de líquido de refrigeración	Sobrecalentamiento del motor, daño del motor	8	Desgaste de sellos, corrosión	7	Inspección visual y mantenimiento	8	448
			2. Cavitación	Erosión en la bomba y calentamiento del motor	8	Inadecuado selección del refrigerante, fallo en la instalación.	7	Control e inspección visual	8	448
			3. Rotura en el eje	Calentamiento del motor	8	Mal ajuste de las banda o banda en mal estado	7	Control e inspección visual	8	448
			4. Fallo en el motor eléctrico	Sobrecalentamiento del motor, daño del motor en el equipo	8	Fallo eléctrico, sobrecarga	7	Pruebas eléctricas regulares	8	448
	Radiador	Radiador Averiado	1. Fuga de líquido de refrigeración	Sobrecalentamiento del motor, daño del motor	8	Sellos inadecuados, desgaste de sellos o mal ajuste de sellos	7	Inspección visual y mantenimiento	8	448
			2. Presencia de aire en el sistema de refrigeración	Restricción del flujo del líquido refrigerante. Sobrecalentamiento del motor, daño del motor	8	Sellos inadecuados, desgaste de sellos o mal ajuste de sellos	7	Inspección visual y mantenimiento	8	448
			3. Acumulación de lodo	Sobrecalentamiento del motor, reducción de la eficiencia de enfriamiento	8	La acumulación de sedimentos dentro del sistema	7	Inspección visual y mantenimiento	8	448
			4. Mangueras colapsadas	Creación de vacío, pérdida de la eficiencia.	8	Tapa del radiador defectuosa	7	Inspección visual y mantenimiento	8	448
			5. Obstrucción de las aletas de refrigeración	Sobrecalentamiento del motor, reducción de la eficiencia de enfriamiento	8	Acumulación de sedimentos, obstrucción	7	Limpieza y mantenimiento regular	8	448
	Ventilador	Ventilador Averiado	1. Fallo en el motor eléctrico	Sobrecalentamiento del motor, daño del motor	7	Desgaste del motor eléctrico, mal cableado, sobrecarga.	6	Pruebas eléctricas regulares	7	294
			2. Falla en la correa de transmisión	Sobrecalentamiento del motor, daño del motor	7	Mala tensión en la correa de transmisión, contaminantes y desgaste en la correa	6	Limpieza y mantenimiento regular	7	294
			3. Desgaste de las aspas del ventilador	Reducción de la eficiencia de enfriamiento, aumento del ruido	7	Desgaste debido al uso, impactos	6	Inspección visual y mantenimiento	7	294
	Termostato	Termostato Averiado	1. Atasco en la posición cerrada	Sobrecalentamiento del motor, daño del motor	7	Acumulación de sedimentos, obstrucción	6	Pruebas de apertura y cierre	7	294
			2. Atasco en la posición abierta	Reducción de la eficiencia de calentamiento, ralentización del calentamiento, consumo excesivo de combustible	7	Acumulación de sedimentos, obstrucción	6	Pruebas de apertura y cierre	7	294
	Enfriador de Aceite	Enfriador de Aceite Averiado	1. Fuga de aceite	Sobrecalentamiento del motor, daño del motor	7	Desgaste de sellos, corrosión	7	Inspección visual y mantenimiento	8	392
			2. Obstrucción en el paso de aceite	Reducción de la eficiencia de enfriamiento del aceite, aumento de la temperatura	7	Acumulación de sedimentos, obstrucción	7	Limpieza y mantenimiento regular	8	392

Distribución	Válvulas de Bypass y Recirculación	Válvulas de Bypass Averiadas o Atascadas	Vibraciones o Sacudidas en la Válvula	Ruidos anormales, posible desgaste prematuro de componentes.	7	Desgaste o desequilibrio en el mecanismo de accionamiento.	6	Inspección visual y auditiva de la válvula y sus componentes, análisis de ruidos y vibraciones.	7	294
			Fallo del Actuador de la Válvula	Inactividad o mal funcionamiento de la válvula, problemas en el sistema.	7	Mal funcionamiento del actuador eléctrico, neumático o mecánico.	6	Prueba de funcionamiento del actuador, inspección visual del mecanismo de accionamiento.	7	294
			Pérdida de Sellado en la Válvula	Fugas de refrigerante o fluido, sobrecalentamiento del motor.	7	Daño o desgaste en los sellos o juntas de la válvula.	6	Inspección visual de la válvula, revisión de sellos y juntas, verificación de fugas.	7	294
			No Cierre Completo de la Válvula	Pérdida de presión, posible reducción de la eficiencia del sistema.	7	Resorte debilitado, acumulación de sedimentos, daño en el mecanismo de cierre.	6	Inspección visual de la válvula y sus componentes, verificación de su capacidad de cierre.	7	294
			Dificultades en la Regulación de la Válvula	Problemas de control de la temperatura o presión, ineficiencia del sistema.	7	Problemas en el controlador o el sistema de control.	6	Prueba de funcionamiento del sistema de control, análisis de la regulación.	7	294
	Válvulas de Admisión y Escape	Válvulas de Admisión y Escape Averiadas	Fugas en la Válvula de Admisión o Escape	Pérdida de compresión, pérdida de potencia, ruido anormal en el motor.	8	Desgaste de los asientos de válvula, juntas o sellos defectuosos, daño en la válvula.	7	Desgaste de los asientos de válvula, juntas o sellos defectuosos, daño en la válvula.	8	448
			Desgaste de la Válvula	Pérdida de compresión, reducción de la eficiencia, posible daño a la válvula.	8	Uso prolongado, abrasión, acumulación de depósitos.	7	Uso prolongado, abrasión, acumulación de depósitos.	8	448
			Rotura de la Válvula	Pérdida de compresión, daño severo al motor, posible contaminación del cilindro.	8	Falla en la válvula debido a sobrecarga, desgaste, material defectuoso.	7	Falla en la válvula debido a sobrecarga, desgaste, material defectuoso.	8	448
			Atasco de la Válvula	Pérdida de compresión, problemas de rendimiento, ruido anormal en el motor.	8	Acumulación de carbonilla, depósitos, obstrucciones.	7	Acumulación de carbonilla, depósitos, obstrucciones.	8	448
			Desgaste de los Asientos de Válvula	Pérdida de compresión, posible fugas de gases de escape, ruido anormal en el motor.	8	Uso prolongado, abrasión, acumulación de depósitos.	7	Uso prolongado, abrasión, acumulación de depósitos.	8	448
	Resortes, Balancines y Árbol de Levas	Rotura de Resortes, Balancines Averiados	Desgaste de Resortes	Pérdida de presión de las válvulas, posibles ruidos anormales, mal funcionamiento de las válvulas.	7	Uso prolongado, fatiga del material, carga excesiva.	6	Inspección visual de los resortes, medición de la altura libre, análisis de ruidos anormales.	8	336
			Desgaste de Balancines	Pérdida de compresión, ruido en el motor, mal funcionamiento de las válvulas.	7	Uso prolongado, falta de lubricación, desgaste del material.	6	Inspección visual de los balancines, medición del desgaste,	8	336

							análisis de ruidos anormales.			
			Desgaste del Árbol de Levas	Pérdida de control de las válvulas, ruido en el motor, mal funcionamiento de las válvulas.	7	Uso prolongado, falta de lubricación, desgaste del material.	6	Inspección visual del árbol de levas, medición del desgaste, análisis de ruidos anormales.	8	336
			Rotura de Resortes	Pérdida de control de las válvulas, posible daño a las válvulas, ruido anormal en el motor.	7	Sobrecarga, fatiga del material, material defectuoso.	6	Inspección visual de los resortes, análisis de ruidos anormales, medición de la altura libre.	8	336
			Fallo de los Balancines	Pérdida de control de las válvulas, ruido en el motor, posible daño a las válvulas.	7	Desgaste, falta de lubricación, material defectuoso.	6	Inspección visual de los balancines, análisis de ruidos anormales, medición del desgaste.	8	336
			Desgaste del Engranaje del Árbol de Levas	Pérdida de sincronización de las válvulas, ruido en el motor, mal funcionamiento de las válvulas.	7	Uso prolongado, falta de lubricación, desgaste del material.	6	Inspección visual del engranaje, medición del desgaste, análisis de ruidos anormales.	8	336

Fuente: Elaboración propia

La tabla 9, presenta el análisis de causa raíz de los subsistemas de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo SAC, en promedio el sistema presenta un NPR de 280, lo cual indica que estos modos de falla específicos presentan un nivel de riesgo considerablemente elevado y que han sido analizados en el AMEF. Esta puntuación resalta la importancia de abordar y mitigar estos riesgos prioritariamente en el marco de las estrategias de gestión de calidad y seguridad del sistema, proceso o producto en cuestión. La atención enfocada en este modo de falla puede ser crucial para evitar consecuencias adversas y mejorar la confiabilidad y seguridad del sistema.

4.4. Diseño de un sistema de mantenimiento para los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareno S.A.C

Al definir un estándar en el diseño del sistema de mantenimiento en los motores de la flota de la empresa Nazareno SAC se debe implementar las herramientas necesarias en base a la Norma ISO 9001:2015 de los requisitos del Sistema de Gestión de la Calidad, esto con la finalidad de cumplir con las pautas marcadas y optar en un futuro por la Certificación de la Norma ISO 9001:2015. Y, además, el diseño y la elaboración del Modelo de Gestión de Control en el sistema en las cuatro fases del proceso denominado PHVA, que comprende la Planificación, la Ejecución, la Verificación y la Acción bajo los estándares de calidad de la ISO 9001:2015.

Tabla 10. *Cumplimiento del ciclo P.H.V.A. en la unidad de mantenimiento del área de transportes según lo establecido en la norma ISO 9001:2015*

	Planificar	Hacer	Verificar	Actuar
Mantenimiento de Flota	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un plan anual de mantenimiento para los motores, que incluya las tareas a llevar a cabo, la periodicidad de ejecución y la persona responsable de la ejecución. 	<ul style="list-style-type: none"> • Llevar a cabo las acciones definidas en el plan de mantenimiento establecido para los motores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar verificaciones que posibiliten la validación del proceso mediante los instrumentos previamente concebidos, como por ejemplo, formularios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Llevar a cabo modificaciones en los procedimientos, a través de medidas correctivas y preventivas.
		<ul style="list-style-type: none"> • Implementar los dispositivos sugeridos para supervisar la ejecución de dichas acciones. 		<ul style="list-style-type: none"> • Gestionar Proyectos a mejora continua

	<p>Registros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Administración de la gestión del Mantenimiento de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota (TK-AD-01) • Plan anual de mantenimiento de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota (TK-AD-02). • Programa de actividades de Mantenimiento de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota (TK-AD-03). • Croquis de los sub sistemas del motor de la flota (TK-AD-04). • Codificación de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota (TK-AD-05). 	<p>Registros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspecciones Rutinarias Mantenimiento de los motores (TK-RU-01). • Inspecciones Especiales de los motores (TK-ES-01). • Solicitud de servicio (TK-FS-01). • Orden de servicio (TK-FS-02) • Histórico de Mantenimiento de los motores (TK-HME). 	<p>Registros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conformación del Usuario (TK-FS-03) • Orden de Trabajo (TK-FS-04). • Indicadores de Gestión 	<p>Registros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Orden de Garantías (TK-FS-05)
--	---	--	---	---

Fuente: Elaboración propia

4.4.1. Administración de la gestión del área de mantenimiento de los motores de la flota

Para poder ejecutar las principales actividades de mantenimiento, es preciso realizarlas en la mejor forma posible, esto es, en oportunidad, calidad y precio. Para poder cumplir con estos objetivos se deberán ejecutar siempre de la misma forma.

Un protocolo para la gestión de datos establece un conjunto uniforme de terminología y definiciones destinadas a registrar información de manera consistente. Idealmente, las estructuras y definiciones de metadatos deben

basarse en un estándar. Por lo tanto, los documentos que respaldan esta información se denominan generalmente estándares de mantenimiento. Estos estándares contienen la misma información de referencia, y solo se ajustan o modifican en caso de que el análisis de su administración así lo requiera.

Es esencial estandarizar el proceso que se implementa en la elaboración del sistema de mantenimiento de los motores. Esta documentación facilitará una ejecución más efectiva de las tareas relacionadas con las unidades de la flota, con el fin de lograr una mayor disponibilidad. De esta forma, se podrán obtener resultados óptimos y cumplir con los objetivos específicos propuestos en la propuesta.

4.4.1.1. Documentos de gestión

Se diseñaron documentos que servirán como herramientas y soporte en el control de la Gestión de Mantenimiento de los motores de la flota, entre ellas se encuentran:

a) Plan de Mantenimiento Anual

Se planificaron las actividades de mantenimiento a realizar, tomando en cuenta, la periodicidad de cada uno de los subsistemas que conforman el motor de las unidades, de esta manera se busca realizar las actividades del mantenimiento de los motores, de una manera más organizada y constante. Se realizaron los planes de mantenimiento a los motores de las unidades, en este plan de mantenimiento de equipos, se describen las actividades de mantenimiento que se le deben realizar a motores de la flota de la empresa, su periodicidad, tipo de servicio, y ejecutor.

b) Programa de Actividades Mantenimiento

Es un documento externo brindado por el concesionario y muestra la secuencia de actividades ordenadas a desarrollarse en el mantenimiento de uno o más partes de un sistema de los equipos. Es el soporte del Plan anual de Mantenimiento y documento de consulta para evaluar fallas, Garantías, Horas de operación del Mantenimiento, Repuestos y Accesorios, Cuidados y Seguridad.

c) Croquis de los Subsistemas en el Motor

El croquis es un documento externo brindado por el concesionario de los equipos que detalla e individualiza todos los elementos y la codificación de los mismos que conforman los sistemas en los equipos. Los componentes representados en los esquemas son aquellos que eventualmente requerirán intervención por parte del departamento de mantenimiento, ya sea mediante cambios, reparaciones, ajustes, calibraciones u otras acciones necesarias.

d) Organización y codificación de los motores de la flota

El objetivo principal es ver la necesidad de tener que aplicar este código para mejorar el sistema identificativo de los activos fijos del área a los que se les van a realizar las diferentes gestiones. En este caso, se utilizará para conocer los equipos de la flota que serán sometidos a controles de mantenimiento y de esta manera evitar confusiones por igualdad de nombres.

e) Historial del Mantenimiento de los Equipos

El historial de mantenimiento debe registrar automáticamente todos los trabajos de mantenimiento ejecutados, así como los costos asociados a las reparaciones y las labores preventivas realizadas en el vehículo. Además, se puede incluir información acerca de las piezas utilizadas, la mano de obra, el proveedor de servicios y el tiempo requerido para resolver cualquier anomalía.

El propósito principal de esta herramienta es tener un conocimiento detallado de las actividades de mantenimiento llevadas a cabo en los equipos. Esto permitirá un control más efectivo y la posibilidad de tomar medidas correctivas y acciones de mejora cuando sea necesario.

4.4.1.2. Registros de calidad

Instrumentos que nos servirán como soporte para ordenar, priorizar y rentabilizar las actividades de la Gestión de Mantenimiento, entre ellas se encuentran.

a) Formulario de Inspección Rutinaria

Es un documento que se utiliza el sistema de mantenimiento, que indica todas las inspecciones que deben efectuar al motor en el terreno como secuencia de la operación o en parada. Define además el método que debe usarse, la frecuencia y el rango normal para cada una de las inspecciones.

La guía de Inspecciones es un documento del Sistema de mantenimiento que sirve para que el Técnico de Mantenimiento o el conductor en terreno pueda ejecutar las Inspecciones rutinarias y anotar los resultados de los mismos.

b) Formulario de Inspecciones Especiales

Este documento sirve al responsable de mantenimiento en el terreno para ejecutar las inspecciones especiales, definiendo en detalle el método que debe seguirse para efectuar las mediciones que sean necesarias. Si el resultado de las mediciones debe registrarse, se dispondrá de un formato especialmente diseñado para ellos.

c) Solicitud de Servicio

Este formulario lo utiliza el usuario del equipo para requerir al Área de Mantenimiento, la ejecución de un servicio, como resultado de una anomalía en la operación o haber encontrado una falla en la inspección rutinaria.

También puede ser utilizada por el proveedor del servicio de mantenimiento al solicitarnos programar el equipo para un mantenimiento preventivo o correctivo.

d) Orden de servicio

Documento (formato) generado por el área de Mantenimiento para solicitar la provisión de un servicio de mantenimiento, ya sea de manera interna o a través de un proveedor externo de servicios de mantenimiento.

Describe las anomalías que presenta el equipo y es generada a una empresa contratista de servicios de mantenimiento es considerada como si fuera una orden de compra.

e) Conformidad del usuario

Formato que se utiliza para verificar si la anomalía se subsanó con el mantenimiento, en el caso de un mantenimiento correctivo. También para verificar si está conforme el mantenimiento preventivo y ver si se asignaron bien los repuestos y accesorios al equipo.

f) Orden de Trabajo

Formato que sirve para dar la confirmación del servicio, se utiliza cuando una vez que se ha ejecuta el servicio de mantenimiento por la empresa proveedora.

Se utiliza en señal de conformidad del servicio y de los materiales utilizados por parte del responsable del Área Mantenimiento en la Unidad de Transporte, luego debe ser enviado al Área de Finanzas para emitir la liquidación correspondiente al proveedor y cerrar el servicio.

g) Orden de Garantías

Sirve para registrar las inconformidades presentadas en los Equipos de la flota luego de recibir el servicio de mantenimiento correspondiente bajo un periodo de garantía al proveedor del servicio de mantenimiento.

Así mismo, debe levantarse este documento al Área de Finanzas para hacer un seguimiento para anulación la liquidación o solicitar la generación de la nota de crédito por el mal servicio prestado.

4.4.2. Indicadores de evaluación a la Gestión de Mantenimiento

4.4.2.1. Tiempo Promedio para Fallar (MTBF)

Este indicador evalúa el tiempo medio durante el cual el equipo opera a su máxima capacidad sin interrupciones dentro del periodo analizado. En esencia, este indicador proporciona una medida indirecta de la confiabilidad del equipo o sistema.

Alcance del indicador: El alcance de este indicador abarca la medición del tiempo promedio en el cual el equipo puede operar sin interrupciones a su máxima capacidad durante el periodo especificado.

Cálculo del indicador: Para calcular este indicador es necesario conocer la cantidad de fallas y la cantidad de horas operadas durante un tiempo considerado.

Formato de recolección de datos: Para que el cálculo de confiabilidad sea altamente confiable, es esencial que los datos utilizados en dicho cálculo sean igualmente fiables. Estos datos consisten principalmente en los registros de los tiempos de inactividad de los activos. Por lo tanto, es crucial que el registro de los tiempos de inactividad se realice de manera imparcial y objetiva para garantizar la

calidad de la información. Para recolectar la información de este indicador, se diseñó el formato “Historial de Mantenimiento de Equipos”.

Fórmula matemática

$$MTBF = \frac{\text{cantidad de horas operadas}}{\text{Cantidad de fallas}} \quad (16)$$

Donde:

MTBF= Tiempo Promedio para Fallar

Unidad de medida: Horas

Meta: 120 horas por falla.

Dirección: Maximizar

4.4.2.2. Tiempo Promedio para Reparar (MTTR)

El Tiempo Promedio para Reparar es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema, es decir el tiempo que estuvo parado el activo para reparaciones

Alcance del indicador: Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por una falla, dentro de un período de tiempo determinado.

Cálculo del indicador: Para calcular este indicador es necesario conocer si el tiempo de reparación sigue la distribución exponencial y es mucho menor que el tiempo de misión, entonces se puede evaluar por medio de la cantidad de horas de fallo y la cantidad de fallos en dicho periodo.

Formato de recolección de datos: Para recolectar la información de este indicador, se diseñó el formato “Historial de Mantenimiento de Equipos”.

Fórmula matemática

$$MTTR = \frac{\text{Cantidad de horas de fallas}}{\text{Cantidad de fallas}}$$

Donde:

MTTR = Tiempo Promedio para reparar

Unidad de medida: Horas

Ratio propuesta: Tiempo promedio para reparar es de 20

Dirección: Minimizar

4.4.2.3. Disponibilidad (D)

Se define como la capacidad del equipo o instalación para realizar una función requerida bajo condiciones específicas sobre un periodo de tiempo determinado, asumiendo que los recursos externos requeridos son suministrados.

Alcance del indicador: Es útil para determinar cifras significativas del equipo o sistema en sí, como las de frecuencia y tipo de ocurrencia de fallos, posibilidad de reparación (tiempo de reparación activa) y análisis de trabajos de mantenimiento, lo cual nos permitirá visualizar, de forma inmediata, cuáles son los componentes problemáticos para concentrarnos en ellos y así reducir el abanico de posibilidades.

Cálculo del indicador: Para calcular este indicador es necesario conocer el Número de aciertos (MTBF= tiempo total que funciona el activo sin fallar) sobre el número total de eventos (tiempo total que funciona el activo más el tiempo que estuvo parado para reparaciones).

Formato de recolección de datos: La confiabilidad es un dato estadístico, pues es una probabilidad la cual es determinada o calculada a partir de la información de los registros de los paros. Para recolectar la información de este indicador, se diseñó el formato “Historial de Mantenimiento de Equipos” (TK-HME)

Fórmula matemática:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad (18)$$

Donde:

D = Disponibilidad

MTBF = Tiempo Medio Entre Fallas.

MTTR = Tiempo Medio Para Reparación.

Unidad de medida: Porcentaje

Dirección: Maximizar

**4.4.3. Administración de la gestión de mantenimiento de los motores de la flota:
01-MCISF2.8-01**

UNIDAD DE TRANSPORTES			
TÍTULO:	CÓDIGO:	VERSIÓN:	PÁGINAS:
ADMINISTRACION DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES CUMMINS ISF 2.8 DE LA EMPRESA DE TRANSPORTES	01-MCISF2.8-01	01	16

I. OBJETIVO

La presente norma establece los lineamientos necesarios para dirigir y controlar el mantenimiento de los motores de la flota, a fin de garantizar su buen funcionamiento en las operaciones de transporte de la empresa.

II. ALCANCE

La presente norma es administrada por la Gerencia, es fuente de consulta y aplicación en el área de Mantenimiento de la empresa, el cubre el proceso desde el momento en que surge la necesidad de realizar el mantenimiento a los equipos, hasta la verificación del cumplimiento de la solicitud, incluyendo las inspecciones frecuentes de los equipos.

III. ACTIVOS SUJETOS A MANTENIMIENTO:

Los activos sujetos a mantenimiento por el área son los motores de las unidades de la flota de la empresa de transporte.

IV. DOCUMENTOS A CONSULTA:

Ninguno

V. DEFINICIONES

5.1. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO:

Las actividades de mantenimiento a aplicar son:

5.1.1. Preventivas: Son aquellas que tienen asociada una frecuencia para la realización de las mismas.

- a) **Inspección Preventiva:** Es una actividad preventiva sensorial y/o medible que contrasta el estado real del activo susceptible a mantenimiento con su estado teórico. Se realiza de acuerdo al estándar del proveedor de los equipos, las cuales tienen frecuencias determinadas.
- b) **Conservación:** Es la actividad preventiva que consiste en limpieza, lubricación y ajuste que se deben realizar en los equipos.
- c) **Intervención Preventiva:** Es aquella actividad de tipo preventivo en la que considera la medición del desgaste de piezas internas de acuerdo a parámetros establecidos y al cambio de piezas del activo si estas superan las medidas, estas se realizan de acuerdo a frecuencias determinadas.
- d) **Reparación Programada Preventiva:** Es aquella actividad que se programa y realiza como consecuencia de una inspección.

5.1.2. Correctiva: Aquella que no tiene asociada una frecuencia en su realización.

5.1.2.1. Correctivo de Emergencia: Son aquellas fallas que requieren de una ejecución inmediata.

5.1.2.2. Correctivo Programado: Su ejecución es programada.

5.1.2.3. Predictiva: Aquella que se realiza en los equipos utilizando equipos instrumentales, cuyos resultados son comparados con los valores anteriores, evaluando tendencias para determinar la necesidad de correcciones.

- a) **Inspección Predictiva:** Es una actividad de evaluar el estado de los equipos midiendo y/o monitoreando los parámetros de operación, por medio de instrumentos específicos, como, por ejemplo: Medidor de Vibración, Medidor de Temperatura, Medidor de Ruido, Medidor del Estado del Aceite Lubricante, equipos de termografía, etc.
- b) **Reparación Programada Predictiva:** Es aquella actividad que se programa para corregir los equipos, cuando en la evaluación de los resultados se observa una tendencia creciente de las mediciones.

4.4.4. Equipos críticos

Son aquellos cuyo mal funcionamiento o falla intempestiva afecta las operaciones de transporte.

4.4.4.1. Pedido de compras

Documento legal que formaliza ante el proveedor la adquisición de bienes materiales y servicios donde se establecen las condiciones de compra.

4.4.4.2. Proveedor o contratista

Cualquier individuo o entidad legal que lleva a cabo la ejecución de una obra, proporciona bienes o presta un servicio al organismo contratante.

4.4.4.3. Servicio

Se refiere a la actividad organizada que presta o realiza una persona jurídica y/o natural, con el fin de satisfacer determinadas necesidades, proyecto, estudio o actividad.

4.4.4.4. Solicitud de pedido

Documento de origen interno, emitido de forma automatizada a través del sistema SAP

por las Unidades usuarias, donde solicita la compra de materiales, repuestos u otros bienes y servicios.

4.4.4.5. Usuario

Es la persona que elabora la solicitud de pedido de acuerdo a las necesidades presentadas en los Equipos del cual es responsable de sus operaciones.

VI. NORMATIVIDAD DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

6.1. Generales

El responsable de mantenimiento de la Unidad de Transportes es responsable del Mantenimiento preventivo y correctivo de los motores de la flota de la empresa.

El responsable de mantenimiento debe: designar, programar, control y seguimiento, según el “Plan de Mantenimiento Anual”, así como de las

“Inspecciones Rutinarias de Mantenimiento”, “Inspecciones Rutinarias de Consumo de Combustible”, “Inspecciones Especiales de Equipos “ y “las Inspecciones Especiales de Neumáticos”.

El responsable de mantenimiento de la flota Transportes es el responsable de recibir las solicitudes de servicio, a través del formulario, generadas por los usuarios de los equipos de la empresa o por los proveedores del servicio de mantenimiento para describir una necesidad a ser atendida que altere el desempeño de las operaciones, afecte al Equipo como activo o prevenir un acto inseguro.

El responsable de mantenimiento de transportes es el responsable de evaluar los requerimientos de cada usuario de equipo o del proveedor de servicio, para determinar cómo se debe realizar el mantenimiento, la periodicidad y los implementos necesarios, y asigna un responsable para atender el requerimiento realizado

En caso de que el servicio de mantenimiento en la empresa, sea contratado, deberá cumplir lo establecido en el procedimiento de compras Internas, para la selección de los proveedores que rige en la empresa.

Se debe disponer de un “Historial de Mantenimiento de Equipos”, así como el “Historial de Mantenimiento de Neumáticos”, a los efectos de llevar un registro de las actividades de mantenimiento tanto preventivo o programado, como correctivo o de emergencia.

El historial de cada motor deberá estar conformado por sus respectivos soportes, tales como fotocopias de factura, o reporte de inspección del equipo.

Se generarán registros para controlar la ejecución de las actividades de mantenimiento, por parte del responsable de mantenimiento de transportes, tanto para las “Solicitudes de servicio” como para los “Planes de Mantenimiento Anual”

Todas las actividades de mantenimiento a realizar, se deben ejecutar tomando en cuenta las normas de seguridad establecidas.

6.2. El mantenimiento preventivo

6.2.1. Planes de mantenimiento

Se deben elaborar planes de mantenimiento anual que incluya las actividades de mantenimiento de equipos a realizar y la frecuencia con que se deben realizar, bajo el soporte del concesionario de la marca y el proveedor de los servicios de mantenimiento.

El responsable del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes, debe velar por el cumplimiento a los planes de mantenimiento elaborados.

6.2.2. Ejecución del mantenimiento

El Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes, es responsable de la ejecución del mantenimiento de los equipos de la empresa, ya sea realizado por personal interno o externo.

El gerente es el responsable de seleccionar al proveedor de servicios de mantenimiento.

Las actividades de mantenimiento preventivo realizadas por el personal interno de la empresa, se deben realizar bajo un plan de acción establecido, con la finalidad de no intervenir en las actividades diarias de la empresa y teniendo en cuenta el “Programa de Actividades de Mantenimiento”, con la finalidad de no generar a futuro ninguna contingencia de Garantías con el concesionario de la marca.

El responsable de mantenimiento de los motores debe generar la “Orden de servicio” para requerir el servicio del proveedor de mantenimiento según el requerimiento del equipo en base al “Plan de Mantenimiento anual de los motores”.

6.2.3. Validación del mantenimiento

El responsable Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes debe realizar inspecciones para verificar la realización de las actividades y el cumplimiento de los planes de mantenimiento elaborados.

Para la validación del servicio de mantenimiento ejecutado se deben generar registros utilizando el formulario de “Conformación del Usuario”, dando

conformidad o rechazo del mantenimiento según el desenvolvimiento del Equipo en condiciones de Prueba o de Operación.

El responsable de mantenimiento de los motores debe realizar un control al detalle de la proforma del proveedor, teniendo en cuenta:

- Materiales, accesorios y repuesto utilizados, base a los “Planos de despiece de los Equipos”;
- Las horas de parada de la maquina por mantenimiento y contrastar con los tiempos requeridos basado en “El programa de Actividades de Mantenimiento”.
- Contrastar los servicios requeridos en la “Orden de servicio” contra los servicios realizados por el proveedor.
- Analizar los costos de mantenimiento de los servicios ejecutados y de los materiales, accesorios y repuestos utilizados según la propuesta en El responsable de mantenimiento de la Unidad de Transportes es el responsable de generar la “Orden de Trabajo” para autorizar los pagos al Área de Finanzas el pago al proveedor de mantenimiento una vez que ha realizado un control a detalle de la proforma del proveedor de servicios de mantenimiento

6.2.4. Del mantenimiento correctivo

6.2.4.1. De las Solicitudes de Servicio

El usuario o el proveedor de Servicio debe enviar una “Solicitud de Servicio” al responsable de mantenimiento de los motores, con el requerimiento de la ejecución de un servicio de mantenimiento correctivo y hacer de conocimiento de esta solicitud al área de operaciones para no programar el equipo en Operaciones.

El responsable del mantenimiento de los motores, debe velar por dar una respuesta oportuna a las solicitudes de servicio recibidas de los usuarios de los equipos.

6.2.4.2. Ejecución del mantenimiento

El responsable del mantenimiento de los motores, es el responsable de definir si el mantenimiento correctivo de los Equipos es ejecutado por un proveedor de mantenimiento, específicamente con las concesionarias, o por personal interno de la empresa.

6.2.4.3. Validación del mantenimiento

El responsable del mantenimiento de transportes debe realizar inspecciones y controles para verificar la realización de las actividades y el cumplimiento de las actividades de mantenimiento requeridas,

Para la validación del servicio de mantenimiento ejecutado se deben generar registros utilizando el formulario de “Conformación del Usuario”, dando conformidad o rechazo del mantenimiento según el desenvolvimiento del Equipo en condiciones de Prueba o de Operación.

El responsable del mantenimiento de transportes debe realizar un control al detalle de la proforma del proveedor, teniendo en cuenta:

- Materiales, accesorios y repuesto utilizados, base a los “Planos de despiece de los Equipos”.
- Las horas de parada de la maquina por mantenimiento y contrastar con los tiempos requeridos basado en “El programa de Actividades de Mantenimiento”
- Contrastar los servicios requeridos en la “Orden de servicio” contra los servicios realizados por el proveedor.
- Analizar los costos de mantenimiento de los servicios ejecutados y de los materiales, accesorios y repuestos utilizados según la propuesta.

El responsable de mantenimiento de transportes es el responsable de generar la “Orden de Trabajo” (TK-FS-04) para autorizar los pagos al Área de Finanzas el pago al proveedor de mantenimiento una vez que ha realizado un control a detalle de la proforma del proveedor de servicios de mantenimiento.

6.2.5. Presentación de garantías

Si el mantenimiento realizado de una empresa contratista de mantenimiento presenta anomalías sin haber pasado el tiempo de garantía, El responsable Área Mantenimiento de transportes debe hacer abrir una “Solicitud de Garantía” que tenga como referencia a la “Solicitud de Servicio” y detallar la anomalía del servicio de mantenimiento prestado al Equipo y presentar el reclamo al proveedor de servicio de mantenimiento

El responsable del mantenimiento de transportes debe levantar la “Solicitud e Garantías” al Área de Finanzas de la empresa para realizar un seguimiento a la “Orden de Trabajo” y evitar su liquidación o solicitar la nota de crédito correspondiente.

El responsable Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes debe evaluar la eficiencia del proveedor del servicio de mantenimiento y analizar los costos que ocasionado al equipo estar fuera de la operatividad por garantías.

VII. Procedimiento

7.1. Del cumplimiento del Plan de Mantenimiento

Ítem	Encargado	Acción
1	Jefe del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes	Planifica las actividades a realizar, referentes al mantenimiento y cuidado de los equipos, elaborando el "Plan Anual de Mantenimiento", donde se especifican las actividades a realizar y la periodicidad con que deben hacerse.
2	Jefe del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes	Lleva a cabo inspecciones de los equipos con el fin de identificar las labores de mantenimiento necesarias y agregarlas al "Plan Anual de Mantenimiento".
3	Jefe del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes	Efectúa el procedimiento de mantenimiento de equipos siguiendo las pautas establecidas en el "Plan Anual de Mantenimiento".
4	Usuario de Equipos	Lleva a cabo inspecciones periódicas de los equipos asignados de acuerdo con la programación establecida. Completa tanto el "Formato de Inspecciones Rutinarias de Equipos" como el "Formato de Inspecciones Rutinarias de Consumo de Combustible". Comunica al Jefe del Área de Mantenimiento de la Unidad de Transportes el estado en el que se encuentran los activos.
5	Proveedor de Servicio de Mantenimiento	Lleva a cabo inspecciones de los equipos con el propósito de informar al Jefe del Área de Mantenimiento de la Unidad de Transportes sobre el estado de los activos. Durante estas inspecciones, completa tanto el "Formato de Inspecciones Especiales de Equipos" como el "Formato de Inspecciones Especiales de Neumáticos", de acuerdo con la periodicidad establecida.

Ítem	Responsable	Actividad
6	Jefe del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes	Examina los informes de inspección de equipos y define las medidas necesarias para mejorar el rendimiento operativo de los activos, basándose en el "Plan de Mantenimiento Anual" y en los requisitos de Operaciones.
7	Jefe del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes	Evalúa si es necesario contratar un servicio externo. Si no es el caso, lleva a cabo el mantenimiento utilizando el personal interno de la empresa.
8	Gerente de la empresa.	Si es necesario, inicia el proceso de contratación de un proveedor de servicios siguiendo el "Procedimiento de Compras Internas"
9	Jefe del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes	Analizar el "Historial de Mantenimiento de Equipos" y el "Historial de Mantenimiento de Neumáticos" e implementa acciones de mejora continúa basadas en los indicadores establecidos y revisa el "Plan de Mantenimiento Anual" con el objetivo de optimizar sus operaciones al máximo.

7.2. De las Solicitudes de Servicio

Ítem	Responsable	Actividad
1	Usuario de los Equipos	Envía una "Solicitud de Servicio" al Jefe del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes Unidad requiriendo la ejecución de alguna actividad de mantenimiento correctivo del Equipo asignado una vez que ha realizado la inspección vehicular rutinaria asignada o la manifestación de alguna anomalía en operación del equipo.
2	Proveedor de servicios Especializado	Envía una "Solicitud de Servicio" al Jefe del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes Unidad requiriendo la ejecución de alguna actividad de mantenimiento según el "Plan de Mantenimiento Anual" o recomendar un mantenimiento correctivo los Equipos una vez que ha realizado la inspección vehicular Especial
3	Jefe del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes	Evalúa si es necesaria la contratación de un servicio externo. Si es necesario, supervisa la ejecución del mantenimiento llevado a cabo por el proveedor, generando la "Orden de Servicio". En caso contrario, procede a realizar el mantenimiento con el personal interno de la empresa.
4	Gerencia	Recibe la solicitud de requerimiento de un proveedor de servicios y proporciona una respuesta junto con un estimado del tiempo de ejecución.

Ítem	Responsable	Actividad
5	Usuario de los Equipos	Verifica el funcionamiento del equipo después de haber completado las labores de mantenimiento a través de la "Conformidad de Usuario" (TK-FS-03).
6	Jefe del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes	Después de haber realizado el servicio, es necesario realizar un seguimiento de la ejecución del mantenimiento mediante la generación de la "Orden de Trabajo" (TK-FS-04) para asegurar que las actividades del "Plan de Mantenimiento Anual" (TK-AD-02) se hayan llevado a cabo de manera efectiva y eficiente.
7	Jefe del Área Mantenimiento de la Unidad de Transportes	En caso de que se presente un reclamo, procede a emitir la "Orden de Garantía" (TK-FS-05) con respecto a las actividades del plan de mantenimiento que se llevaron a cabo. Esto implica investigar las causas del reclamo y proponer las acciones necesarias para abordar y corregir cualquier problema que haya surgido.

VIII. Registros de la calidad

Ítem	Código	Nombre del Formato
1	MC.ISF-RU-01	Inspección Rutinaria de Mantenimiento
2	MC.ISF-ES-01	Inspección Especial de Equipos
3	MC.ISF-FS-01	Solicitud de Servicio
4	MC.ISF-FS-02	Orden de Servicio
5	MC.ISF-FS-03	Conformidad de Usuario
6	MC.ISF-FS-04	Orden de Trabajo
7	MC.ISF-FS-05	Orden de Garantía
8	MC.ISF-HME	Historial de mantenimiento de Equipos

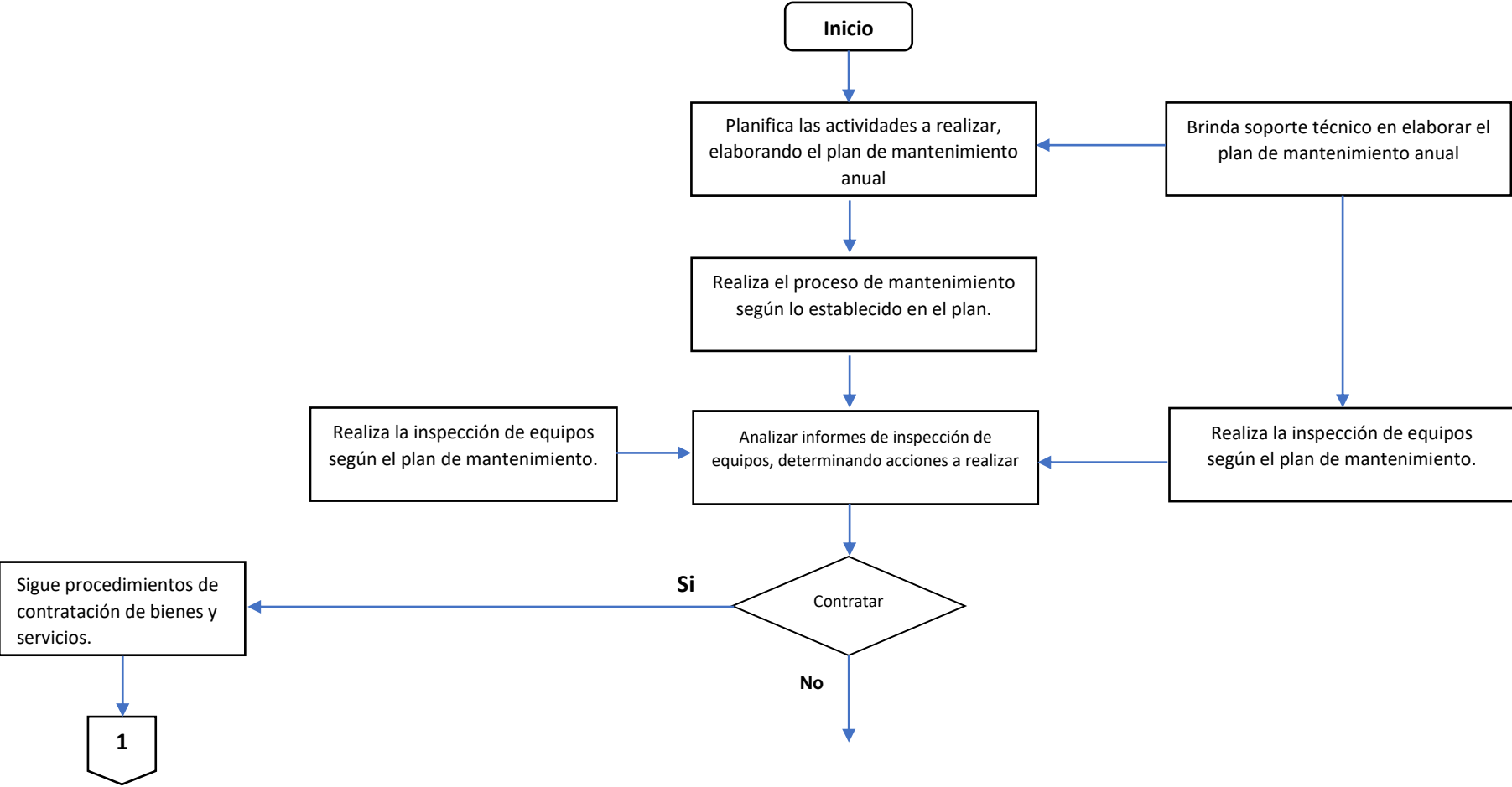
IX. Flujograma del plan de mantenimiento anual

Coordinador de Servicios generales

Usuarios del Equipo

Jefe del Área de mantenimiento de la Unidad de Transporte

Proveedor del Servicio de Mantenimiento



Fuente. Elaboración propia

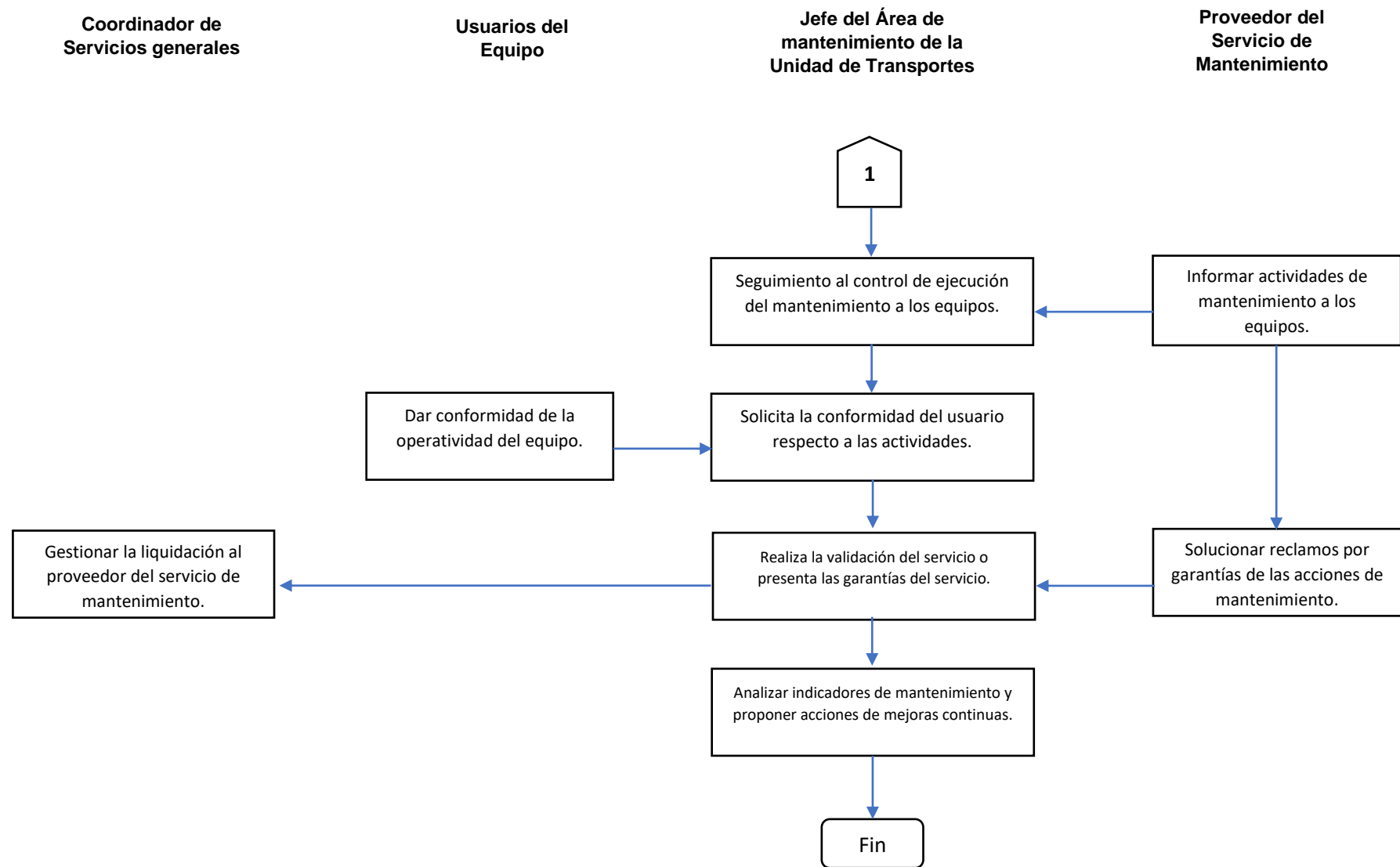


Figura 1. Procesos de la propuesta del sistema de mantenimiento para motores Cummins ISF 2.8

4.4.5. Implementación de indicadores para la gestión del mantenimiento

Luego de realizar el diagnóstico de la situación actual de mantenimiento de la empresa con base en la norma ISO 9001:2015, se procedió a implementar los requerimientos que contempla el sistema de gestión de calidad, permitiéndonos medir el porcentaje de cumplimiento de los objetivos establecidos en la gestión del mantenimiento.

4.4.5.1. Cumplimiento de los Planes de Mantenimiento (CPM)

Dentro de esta perspectiva es necesario medir si el mantenimiento realmente está cumpliendo las actividades programadas en los diferentes planes de mantenimiento anual, esto va a permitir al área de mantenimiento llevar un control de cuantas actividades del plan se cumplieron a cabalidad.

Alcance del indicador: Controlar que las tareas de prevención se realicen y completen en los tiempos planificados, permitirá medir el nivel de cumplimiento de las actividades que fueron programadas para una fecha. Cálculo del indicador: para calcular este indicador es necesario conocer la cantidad de actividades ejecutadas y las planificadas de acuerdo al Plan de Mantenimiento anual en un determinado tiempo

Formato de recolección de datos: Para recolectar la información de este indicador, se tiene el Plan Anual de Mantenimiento (MCISF-AD-02) y el formato "Orden de Trabajo" (MCISF-FS-04), donde se registran las actividades planificadas y las ejecutadas.

Fórmula matemática:

$$CPM = \frac{\text{Número de actividades ejecutadas}}{\text{Número de actividades planificadas}} \times 100 \quad (12)$$

Donde:

CPM = Cumplimiento del Plan de Mantenimiento

Unidad de medida: Porcentaje.

Meta: El objetivo propuesto de Cumplimiento de los Planes de Mantenimiento debe ser como mínimo de 95%, ya que es necesario que se cumpla a cabalidad el Plan de Mantenimiento Preventivo de los equipos.

Dirección: Maximizar.

Análisis de Indicador

1º Prueba de la hipótesis

a) Definición de Variables

CCa: Cumplimiento de planes de mantenimiento antes

CCd: Cumplimiento de planes de mantenimiento después

b) Hipótesis estadísticas

Hipótesis H₀: El cumplimiento de planes de mantenimiento antes de la implementación del Sistema de Mantenimiento es mayor o igual que el cumplimiento de capacitaciones después de haber implementado el Sistema de Mantenimiento.

$$H_0 = CCa - CCd \geq 0,05$$

Hipótesis Ha: El cumplimiento de planes de mantenimiento antes la implementación del Sistema de Mantenimiento, es menor que el cumplimiento de capacitaciones después de haber implementado el Sistema de Mantenimiento.

$$H_a = CCa - CCd < 0,05$$

c) Nivel de significancia

El nivel de significancia (α) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%. Siendo $\alpha/2 = 0.025$ (nivel de significancia) y $n - 1 = 24 - 1 = 23$ grados de libertad, se tiene el valor crítico de T de Student.

Valor Crítico: ± 2.069

Como $\alpha/2 = 0.025$ y $n-1 = 24-1 = 23$ grados de libertad, la región de rechazo consiste en aquellos valores de t menores que $-t_{0,025} = \pm 2.069$.

d) Estadística de prueba

La estadística de la prueba T de Student que tiene una distribución t.

e) Cálculos

Para calcular el cumplimiento de capacitaciones para una muestra de 24 meses.

Meses	Cumplimientos en porcentaje (del historial)	σ	σ^2
1	0,5	0,0125000	0,00015625
2	0,6	0,1125000	0,01265625
3	0,5	0,0125000	0,00015625
4	0,7	0,2125000	0,04515625

5	0,3	-0,1875000	0,03515625
6	0,4	-0,0875000	0,00765625
7	0,5	0,0125000	0,00015625
8	0,6	0,1125000	0,01265625
9	0,4	-0,0875000	0,00765625
10	0,4	-0,0875000	0,00765625
11	0,5	0,0125000	0,00015625
12	0,6	0,1125000	0,01265625
13	0,3	-0,1875000	0,03515625
14	0,4	-0,0875000	0,00765625
15	0,7	0,2125000	0,04515625
16	0,7	0,2125000	0,04515625
17	0,7	0,2125000	0,04515625
18	0,5	0,0125000	0,00015625
19	0,3	-0,1875000	0,03515625
20	0,4	-0,0875000	0,00765625
21	0,4	-0,0875000	0,00765625
22	0,4	-0,0875000	0,00765625
23	0,5	0,0125000	0,00015625
24	0,4	-0,0875000	0,00765625
		0,0000000	0,38625

$n = 24$

$\mu = 95\%$, meta

Promedio= 0,4875

Desviación estándar = 0,126861145

$n-1 = 23$

Raíz de $n-1 = 4,795831523$

T de student = 18,429

Valor $p = 0.000$

Conclusión:

Puesto que $t_c = 17.484250$ (calculado) $> t_{\alpha} = +2.069$ (tabular), estando este valor dentro de la región de rechazo, además el valor p es 0.000, menor a 0.05 indicando evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula, se concluye que $H_a = CCa - CCd < 0,05$, es aceptada, por lo tanto, se prueba la validez de la hipótesis que el Cumplimiento

de planes de mantenimiento antes del diseño del sistema de mantenimiento es menor que el Cumplimiento de planes después. (Ver anexo 6)

4.5. Cumplimiento de las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo (SMC)

Desde el punto de vista de los procesos de mantenimiento es necesario medir si realmente se están cumpliendo las actividades a realizar según las solicitudes de servicio de mantenimiento correctivo enviadas por los usuarios de los equipos, esto va a permitir al área de Mantenimiento llevar un control de cuantas solicitudes han sido atendidas.

Alcance del indicador: Este indicador le permitirá al área de Mantenimiento medir capacidad de respuesta de las empresas contratistas para solucionar el mantenimiento correctivo de los equipos.

Cálculo del indicador: para calcular este indicador es necesario conocer la cantidad de solicitudes de servicio atendidas y las recibidas por las unidades usuarias.

Formato de recolección de datos: Para recolectar la información de este indicador, se diseñó los formatos: "Solicitud de Servicio" (MCISF-FS-01) y "Orden de Servicio" (MCISF-FS-02) que se muestran en los apéndices C.5 y C.6 respectivamente, en dichos formatos se deben registrar las solicitudes atendidas y el total de solicitudes recibidas.

Fórmula matemática:

$$SMC = \frac{\text{Número solicitudes atendidas}}{\text{Número solicitudes recibidas}} \times 100 \quad (13)$$

Donde:

SMC = Cumplimiento de las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo.

Unidad de medida: Porcentaje

Meta: Para este indicador se fija un valor meta de mínimo 95%, ya que es necesario que se atiendan el máximo de solicitudes que envíen las unidades usuarias.

Dirección: Maximizar

Análisis de Indicador

1º Prueba de la hipótesis

a) Definición de Variables

SMCa: Cumplimiento de las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo antes

SMCd: Cumplimiento de las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo después

b) Hipótesis estadísticas

Hipótesis H₀: El Cumplimiento de las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo antes, es mayor que el Cumplimiento de las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo después de haber implementado el Sistema de Mantenimiento.

$$H_0 = \text{SMCa} - \text{SMCd} \geq 0,05$$

Hipótesis H_a: El Cumplimiento de las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo antes, es menor que el Cumplimiento de las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo después de haber implementado el Sistema de Mantenimiento.

$$H_a = \text{SMCa} - \text{SMCd} < 0,05$$

c) Nivel de significancia

El nivel de significancia (α) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%.

Siendo $\alpha=0.05$ (nivel de significancia) y $n - 1 = 24 - 1 = 23$ grados de libertad, se tiene el valor crítico de T de Student.

Valor Crítico: ± 2.069

Como $\alpha = 0.005$ y $n-1 = 24-1 = 23$ grados de libertad, la región de rechazo consiste en aquellos valores de t menores que $-t_{0,025} = \pm 2.069$.

d) Estadística de prueba

La estadística de la prueba T de Student que tiene una distribución t.

Meses	Cumplimientos en porcentaje (del historial)	σ	σ^2
1	0,55	0,0228248	0,00052097
2	0,53	0,0017027	2,8992E-06
3	0,50	-0,0316306	0,0010005
4	0,46	-0,0679943	0,00462322
5	0,52	-0,0134488	0,00018087
6	0,51	-0,0227021	0,00051538
7	0,54	0,0104254	0,00010869
8	0,55	0,0155392	0,00024147
9	0,53	-0,0000991	9,8212E-09
10	0,53	-0,0000991	9,8212E-09
11	0,50	-0,0270435	0,00073135
12	0,52	-0,0131121	0,00017193
13	0,53	-0,0027845	7,7533E-06
14	0,51	-0,0228587	0,00052252
15	0,55	0,0138239	0,0001911
16	0,51	-0,0176119	0,00031018
17	0,54	0,0089099	7,9386E-05
18	0,56	0,0331842	0,00110119
19	0,53	-0,0006572	4,3189E-07

20	0,55	0,0170419	0,00029043
21	0,56	0,0320057	0,00102437
22	0,54	0,0096538	9,3195E-05
23	0,56	0,0280024	0,00078413
24	0,56	0,0269279	0,00072511
		0,0000000	0,0132271

n = 24

$\mu = 95\%$, meta

Promedio= 0,531630633

Desviación estándar = 0,023476136

n-1 = 23

Raíz de n-1 = 4,795831523

T de student = 107,010

Conclusión:

Puesto que $t_c = 107,010$ ($t_{\text{calculado}}$) $> t_{\alpha} = +2.069$ (t_{tabular}), estando este valor dentro de la región de rechazo, además el valor p es 0.000, menor a 0.05 indicando evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula, se concluye que $H_a = CCa - CCd < 0,05$, es aceptada, por lo tanto se prueba la validez de la hipótesis que el Cumplimiento de Solicitudes de Mantenimiento Correctivo antes del diseño del sistema de mantenimiento es menor que las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo después del diseño del mantenimiento.

4.6. Eficiencia de los Planes de mantenimiento (EPM)

Este indicador permite medir la manera en que la empresa contratista del mantenimiento está llevando a cabo su plan de mantenimiento en función a los tiempos establecidos.

Alcance del indicador: Servirá para medir la velocidad de respuesta de la empresa contratista al área de Mantenimiento atendiendo los planes de mantenimiento, permitirá medir que tanto se está ajustando la empresa contratista del mantenimiento a lo planificado.

Cálculo del indicador: Para poder calcular este indicador, es necesario conocer la cantidad de servicios atendidos en tiempo y los ejecutados, esta información debe ser recolectada en formatos, con el fin de mantener una base de datos que luego pueda proporcionar la información histórica del indicador.

Formato de recolección de datos: Para la recolección de la información se debe utilizar: “Programa de Actividades de Mantenimiento “(MCISF-AD-03) conjuntamente con el formato de “Orden de Trabajo” (MCISF-FS-04).

Fórmula matemática:

$$EPM = \frac{HPM - HRA}{HPM} \times 100 \quad (14)$$

Donde:

EPM= Eficiencia de los Planes de Mantenimiento.

HRA = Horas reales de atención

HPM = Horas programadas de mantenimiento.

Unidad de medida: En porcentaje

Meta: Para este indicador se fija un rango meta al 95% ya que es necesario que se atiendan los equipos con un mínimo de desviación con respecto al tiempo programado.

Si la variación es mayor a 95% se tomará las horas reales de atención como las nuevas horas programadas de mantenimiento.

Dirección: Minimizar

Análisis de Indicador

1º Prueba de la hipótesis

a) Definición de Variables

EPMa: Eficiencia de los planes de mantenimiento antes del Plan de mantenimiento

EPMd: Eficiencia de los planes de mantenimiento después del Plan de mantenimiento

Hipótesis estadísticas

Hipótesis H₀: La Eficiencia de los Planes de Mantenimiento antes del Plan de mantenimiento, es mayor que la Eficiencia de los Planes de Mantenimiento después del diseño del plan de mantenimiento.

$$H_0 = EPMa - EPMd \geq 0,05$$

Hipótesis H_a: La Eficiencia de los Planes de Mantenimiento antes del Plan de mantenimiento, es menor que la Eficiencia de los Planes de Mantenimiento después del diseño del plan de mantenimiento

$$H_a = EPMa - EPMd < 0,05$$

b) Nivel de significancia

El nivel de significancia (α) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%.

Siendo $\alpha/2 = 0.025$ (nivel de significancia) y $n - 1 = 24 - 1 = 23$ grados de libertad,

se tiene el valor crítico de T de Student .

Valor Crítico: ± 2.069

Como $\alpha/2 = 0.025$ y $n-1 = 24-1 = 23$ grados de libertad, la región de rechazo consiste en aquellos valores de t menores que $-t_{0.025} = \pm 2.069$.

d) Estadística de prueba

La estadística de la prueba T de Student que tiene una distribución t.

Meses	Cumplimientos en porcentaje (del historial)	σ	σ^2
1	0,58	0,0300195	0,00090117
2	0,55	-0,0036884	1,3604E-05
3	0,56	0,0061894	3,8309E-05
4	0,56	0,0013054	1,704E-06
5	0,59	0,0319567	0,00102123
6	0,58	0,0300195	0,00090117
7	0,56	0,0048896	2,3908E-05
8	0,57	0,0156423	0,00024468
9	0,53	-0,0273685	0,00074903
10	0,55	-0,0068818	4,7359E-05
11	0,58	0,0263950	0,0006967
12	0,53	-0,0279344	0,00078033
13	0,57	0,0141709	0,00020081
14	0,57	0,0156423	0,00024468
15	0,55	-0,0058631	3,4376E-05
16	0,57	0,0127601	0,00016282
17	0,56	0,0048896	2,3908E-05
18	0,53	-0,0273685	0,00074903
19	0,53	-0,0273685	0,00074903
20	0,51	-0,0488738	0,00238865
21	0,54	-0,0166158	0,00027608
22	0,55	-0,0058631	3,4376E-05
23	0,54	-0,0116970	0,00013682

24	0,57	0,0156423	0,00024468
		0,0000000	0,01066447

$n = 24$

$\mu = 15\%$, meta

Promedio= 0,554250173

Desviación estándar = 0,021079681

$n-1 = 23$

Raíz de $n-1 = 4,795831523$

T de student = 134,623

Conclusión:

Puesto que $t_c = 134,623$ ($t_{calculado}$) $> t_{\alpha} = +2.069$ ($t_{tabular}$), estando este valor dentro de la región de rechazo, además el valor p es 0.000, menor a 0.05 indicando evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula, se concluye que $H_a = EPMa - EPMd < 0,05$, es aceptada, por lo tanto se prueba la validez de la hipótesis que la Eficiencia de los Planes de Mantenimiento antes del diseño del sistema de mantenimiento es menor que Eficiencia de los Planes de Mantenimiento después del diseño del mantenimiento.

4.7. Garantías del Servicio de Mantenimiento (GSM)

Este indicador es muy importante, ya que mide, una vez que se realiza el servicio, si el mantenimiento que recibió el equipo fue el óptimo y de esta forma poder evaluar las razones de la inconformidad.

Alcance del indicador: El indicador de inconformidad por los servicios prestados por el proveedor de mantenimiento, permitirá medir el impacto que tiene el servicio prestado por la empresa contratista de mantenimiento y corregir las desviaciones que se pueda presentar, de tal manera que se pueda garantizar que el servicio brindado sea de calidad y promover la mejora continua al erradicar las causas de quejas por daños en el servicio brindado.

Cálculo del indicador: Para calcular este indicador es necesario conocer las veces que los equipos fallaron o no cubrieron el tiempo de garantía mínima después de haberse realizado una acción de mantenimiento. La información se debe recolectar diariamente para luego tener un acumulado mensual.

Formato de recolección de datos: Para la recolección de información para este indicador, se tienen en cuenta el registro del número de “Orden de Garantías” (MCISF-

FS-05) y el formato "Orden de Trabajo" (MCISF-FS-04) que se muestra en el Apéndice C.9 y C.8 respectivamente.

Fórmula matemática:

$$GSM = \frac{\text{Numero de incoformidades notificadas}}{\text{Total de actividades ejecutadas}} \times 100 \quad (15)$$

Donde:

GSM= Garantías de Servicio de Mantenimiento.

Unidad de Medida: Porcentaje

Meta: Para este indicador se fija en 1% ya que los equipos no deben fallar una vez expuesta a su mantenimiento ya sea preventivo o correctivo.

Dirección: Minimizar

Análisis de Indicador

1º Prueba de la hipótesis

a) Definición de Variables

GSMa: Garantías de Servicio de Mantenimiento antes del Plan de mantenimiento

GSMd: Garantías de Servicio de Mantenimiento después del Plan de mantenimiento

b) Hipótesis estadísticas

Hipótesis H₀: Las Garantías de Servicio de Mantenimiento antes del Plan de mantenimiento, es mayor que Garantías de Servicio de Mantenimiento después de haber implementado el Sistema de Mantenimiento.

$$H_0 = GSMa - GSMd \geq 0,05$$

Hipótesis H_a: Las Garantías de Servicio de Mantenimiento antes del Plan de mantenimiento, es menor que Garantías de Servicio de Mantenimiento después de haber implementado el Sistema de Mantenimiento.

$$H_a = GSMa - GSMd < 0.05$$

c) Nivel de significancia

El nivel de significancia (α) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%. Siendo $\alpha/2 = 0.025$ (nivel de significancia) y $n - 1 = 24 - 1 = 23$ grados de libertad, se tiene el valor crítico de T de Student.

Valor Crítico: ± 2.069

Como $\alpha/2 = 0.025$ y $n-1 = 24-1 = 23$ grados de libertad, la región de rechazo consiste en aquellos valores de t menores que $-t_{0.025} = \pm 2.069$.

d) Estadística de prueba

La estadística de la prueba T de Student que tiene una distribución t.

Meses	Cumplimientos en porcentaje (del historial)	σ	σ^2
1	0,60	0,1305556	0,01704475
2	0,25	-0,2194444	0,04815586
3	0,33	-0,1361111	0,01852623
4	0,50	0,0305556	0,00093364
5	0,33	-0,1361111	0,01852623
6	0,25	-0,2194444	0,04815586
7	0,33	-0,1361111	0,01852623
8	0,33	-0,1361111	0,01852623
9	0,25	-0,2194444	0,04815586
10	1,00	0,5305556	0,2814892
11	1,00	0,5305556	0,2814892
12	0,33	-0,1361111	0,01852623
13	1,00	0,5305556	0,2814892
14	0,50	0,0305556	0,00093364
15	0,25	-0,2194444	0,04815586
16	0,33	-0,1361111	0,01852623
17	0,33	-0,1361111	0,01852623
18	0,25	-0,2194444	0,04815586
19	1,00	0,5305556	0,2814892
20	0,50	0,0305556	0,00093364
21	0,50	0,0305556	0,00093364
22	0,50	0,0305556	0,00093364
23	0,25	-0,2194444	0,04815586
24	0,33	-0,1361111	0,01852623
		0,0000000	1,58481481

n = 24

$\mu = 1\%$, meta

Promedio= 0,4683

Desviación estándar = 0,2631

$n-1 = 23$

Raíz de $n-1 = 4,795831523$

T de student = 8,720

Conclusión:

Puesto que $t_c = 8,720$ (Calculado) $> t_{\alpha} = +2.069$ (t_{tabular}), estando este valor dentro de la región de rechazo, además el valor p es 0.000, menor a 0.05 indicando evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula, se concluye que $H_a = \text{EPMa} - \text{EPMd} < 0,05$, es aceptada, por lo tanto se prueba la validez de la hipótesis que la Eficiencia de los Planes de Mantenimiento antes del diseño del sistema de mantenimiento es menor que Eficiencia de los Planes de Mantenimiento después del diseño del mantenimiento.

4.8. Causa Raíz con acciones recomendadas aplicado al Plan del Mantenimiento

Tabla 11. Análisis causa raíz de las fallas de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo SAC

Sistema		Falla	Modos potenciales de fallo	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / personaje(s) responsable(s) y fecha de realización	Resultado de las acciones				
						Acciones realizadas	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
Inyección de combustible	Bomba de inyección	Bomba de Inyección Averiada	Desgaste de piezas internas por falta de lubricación	Establecer un programa de cambio de aceite adecuado y verificar los niveles de lubricante regularmente.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Fuga de combustible en las conexiones de la bomba	Inspeccionar conexiones en busca de fugas y reemplazar juntas/apretar conexiones según sea necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Bomba mal regulada	Ajustar la regulación de la bomba correctamente y verificar/ajustar la sincronización del motor.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Avería del tirador del palo de la bomba inyectora	Inspeccionar y reemplazar el tirador si es necesario, y verificar/ajustar el sistema de inyección.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Solenoides o el circuito eléctrico de la bomba no funcionan correctamente	Comprobar la alimentación eléctrica, reemplazar solenoides defectuosos o reparar circuitos según sea necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Componentes de la bomba se deterioran debido al exceso de fricción y temperatura	Mejorar la lubricación y refrigeración, y reemplazar piezas desgastadas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			La bomba se obstruye con residuos y contaminantes, lo que genera un exceso de trabajo que termina por quemar la bomba.	Filtrar adecuadamente el combustible, realizar mantenimientos preventivos para eliminar residuos, e inspeccionar y limpiar la bomba regularmente.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45

Inyector	Inyector defectuoso	Obstrucción severa de la boquilla	Realizar limpieza profunda de la boquilla.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Fuga de combustible en la carcasa del inyector	Inspeccionar y reparar la carcasa para prevenir fugas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Goteo de Combustible	Verificar y reemplazar sellos o juntas defectuosas		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		No pulverización adecuada	Ajustar la presión de inyección para una pulverización adecuada.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Vibración y ruido anormal	Inspeccionar y reemplazar componentes desgastados o defectuosos.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Inyección irregular o desequilibrada	Verificar y ajustar la sincronización de inyección.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Cámara de combustión	Cámara de Combustión con Problemas	Acumulación de carbonilla y depósitos	Realizar una limpieza exhaustiva del sistema de combustión.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desgaste excesivo de las paredes de la cámara	Evaluar la necesidad de rectificar o reemplazar la cámara.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Rajaduras que provocan pérdidas considerables de combustible	Sustituir o reparar las partes afectadas para evitar pérdidas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Partes quemadas o con óxido	Reemplazar las partes dañadas y aplicar tratamiento anticorrosivo.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45

		Combustión dispereja	Ajustar la mezcla de combustible y verificar la chispa.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Fallas en las piezas de transición	Inspeccionar y reemplazar las piezas defectuosas en el sistema de transición.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Tanque de combustible	Tanque de Combustible Averiado	Fugas en el Tanque de Combustible	Inspeccionar y reparar las áreas afectadas del tanque.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Corrosión del Tanque de Combustible	Tratar la corrosión y aplicar recubrimientos protectores.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Obstrucción del Tanque de Combustible	Limpiar o reemplazar los filtros y conductos obstruidos.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Daños Mecánicos en el Tanque de Combustible	Reparar o reemplazar las partes mecánicamente dañadas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Ruidos Producidos por el Tanque	Inspeccionar y ajustar las conexiones y soportes del tanque.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Bomba de cebado	Bomba de Cebado con Fallas	Fallo del motor eléctrico	Verificar la alimentación eléctrica y reemplazar o reparar el motor.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Fuga de combustible en la carcasa de la bomba	Inspeccionar y reparar la carcasa para prevenir fugas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Pérdida de Presión de Cebado	Revisar y ajustar el sistema de cebado, verificar posibles fugas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45

		Fugas de Combustible	Inspeccionar y reparar las áreas afectadas para prevenir fugas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Obstrucción o Contaminación	Limpiar o reemplazar los componentes obstruidos o contaminados.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desgaste de Componentes Internos	Reemplazar las piezas desgastadas y establecer un programa de mantenimiento.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Avería del Mecanismo de Accionamiento	Inspeccionar y reparar el mecanismo de accionamiento.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Filtro de combustible	Filtro de Combustible con Problemas	Obstrucción severa del filtro	Reemplazar o limpiar el filtro, según sea necesario.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Fuga en las conexiones del filtro	Inspeccionar y reparar las conexiones del filtro.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Altas emisiones de CO ₂	Ajustar la mezcla de combustible y realizar un mantenimiento adecuado.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Dificultades en el arranque	Revisar el sistema de encendido y combustible, y realizar mantenimiento.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Problemas en el rendimiento del motor	Diagnosticar y reparar problemas específicos en el motor.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Se enciende la luz del motor	Realizar un escaneo de diagnóstico para identificar la causa.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Daños en la bomba de combustible	Inspeccionar y reparar la bomba de combustible según sea necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el	5	3	3	45

						mantenimiento (ver anexo 24)				
	Gobernador	Gobernador Averiado	Desgaste excesivo de componentes internos	Establecer un programa de mantenimiento preventivo y reemplazar piezas desgastadas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Falla en el sistema electrónico de control	Realizar un diagnóstico electrónico y reparar o reemplazar componentes defectuosos.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Variación de la Velocidad del Motor	Verificar y ajustar el sistema de control de velocidad.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Fallo en el Control de la Velocidad	Revisar y reparar el sistema de control de velocidad.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Pérdida de Potencia	Diagnosticar y abordar problemas específicos que causan la pérdida de potencia.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Sobrerrevoluciones	Ajustar y calibrar el sistema de control para evitar sobrerrevoluciones.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Detención Inesperada del Motor	Inspeccionar y reparar sistemas de combustible, encendido y sensores para evitar paradas inesperadas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Tren alternativo	Pistón-biela-cigüeñal.	Pistón averiado	Desgaste de Pistón-Biela-Cigüeñal	Realizar un diagnóstico completo y reemplazar las partes desgastadas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Desgaste de Cojinetes del Cigüeñal	Inspeccionar y reemplazar los cojinetes según sea necesario.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Rayado del pistón, desgaste	Evaluar la necesidad de rectificar o reemplazar el pistón.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45

		Rotura del pistón	Reemplazar el pistón dañado y verificar la causa de la rotura.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
	Biela Averida	Desgaste de la Biela	Reemplazar la biela desgastada y verificar la lubricación.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Biela Doblada o Torcida	Reemplazar la biela y corregir la causa de la deformación.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desgaste de Cojinete de Biela	Reemplazar el cojinete de biela desgastado.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Biela Rota o Grietas	Reemplazar la biela dañada y analizar la causa de la rotura.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Biela Desconectada del Cigüeñal	Volver a conectar la biela y asegurar correctamente.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Cigüeñal Averiado	Desgaste de cojinetes del cigüeñal		Reemplazar cojinetes desgastados y mejorar la lubricación.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3
	Rotura del cigüeña		Reemplazar el cigüeñal y abordar la causa de la rotura.	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5		3	3	45
	Cigüeñal Doblado o Torcido		Reemplazar el cigüeñal y corregir la causa de la deformación.	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5		3	3	45
	Desgaste de Cojinetes del Cigüeñal		Reemplazar bulones desgastados y ajustar correctamente.	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5		3	3	45
	Cigüeñal Fuera de Balance		Reemplazar el bulón dañado y verificar la causa de la rotura.	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el	5		3	3	45

					mantenimiento (ver anexo 24)				
Bulón	Bulón Averiado	Desgaste del Bulón	Ajustar correctamente el apriete de los bulones	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Rotura del Bulón	Inspeccionar y reemplazar el bulón desprendido.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Apriete Incorrecto del Bulón	Ajustar correctamente el apriete de los bulones.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desprendimiento del Bulón	Inspeccionar y reemplazar el bulón desprendido.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Anillos del pistón	Anillos del Pistón Averizados	Desgaste de los Anillos del Pistón	Reemplazar los anillos desgastados.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desgaste Irregular de los Anillos del Pistón	Reemplazar los anillos y verificar el sistema de lubricación.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Rotura de los Anillos del Pistón	Reemplazar los anillos dañados y analizar la causa de la rotura.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Anillos Atascados o Congelados	Desmontar y limpiar los anillos atascados.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Anillos con Gap Incorrecto	Reemplazar los anillos y ajustar correctamente el gap.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Cojinetes del cigüeñal	Cojinetes del Cigüeñal Averizados	Desgaste de los Cojinetes	Reemplazar los cojinetes desgastados.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45

			Rotura de los Cojinetes	Reemplazar los cojinetes dañados y diagnosticar la causa.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45	
			Cojinetes Agrietados o Con Rayaduras	Reemplazar cojinetes agrietados y verificar la causa de las rayaduras.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45	
			Desgaste Anormal de Cojinetes	Identificar y abordar la causa del desgaste anormal antes de reemplazar.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45	
			Cojinetes Mal Alineados	Alinear correctamente los cojinetes y reemplazar si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45	
	Volante	Volante Averiado	Desgaste del Volante del Motor	Evaluar la necesidad de rectificar o reemplazar el volante.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45	
				Daño o Deformación del Volante		Reemplazar el volante dañado o deformado.	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
				Desgaste de los Dientes del Volante		Evaluar y reemplazar el volante si es necesario.	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
				Volante Desbalanceado		Balancear el volante o reemplazarlo si es necesario.	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
				Volante Agrietado o con Rayaduras		Reemplazar el volante agrietado o rayado.	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Turbocompresor	---	Turbocompresor Averiado	Pérdida de Potencia	Diagnosticar y abordar la causa subyacente de la pérdida de potencia.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45	
			Aumento del Consumo de Aceite	Inspeccionar y reparar posibles fugas,		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el	5	3	3	45	

				reemplazar anillos desgastados.		mantenimiento (ver anexo 24)				
			Vibraciones Anormales	Inspeccionar y balancear componentes, verificar el estado de los soportes.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Pérdida de Eficiencia	Realizar un diagnóstico completo para identificar y solucionar problemas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Fallos en el Actuador o Válvula de Control	Verificar y reemplazar actuadores o válvulas defectuosas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Intercooler	---	Intercooler Averiado	Fugas de Aire	Inspeccionar y reparar las conexiones y mangueras para eliminar fugas.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Acumulación de Suciedad	Limpiar los componentes afectados para mantener un flujo de aire adecuado.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Daño Mecánico	Evaluar el daño, reparar o reemplazar las partes afectadas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Bloqueo por Obstrucciones	Eliminar las obstrucciones y limpiar el sistema de forma regular.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Corrosión o Desgaste de las Aletas	Reemplazar las partes afectadas y aplicar tratamiento contra la corrosión.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Lubricación	Carter	Carter Averiado	Fuga de Aceite	Identificar la fuente de la fuga y reparar las conexiones o reemplazar juntas.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Daño Mecánico en el Carter	Evaluar el alcance del daño y reparar o reemplazar el carter según sea necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45

		Corrosión del Carter	Tratar la corrosión y aplicar recubrimientos protectores al carter.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Acumulación de Residuos	Limpiar regularmente el carter para evitar la acumulación de residuos.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Fisuras o Grietas en el Carter	Reemplazar el carter si presenta fisuras o grietas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desgaste Excesivo del Carter	Evaluar la necesidad de reemplazo debido a desgaste excesivo.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Montaje Incorrecto del Carter	Verificar y corregir el montaje del carter según las especificaciones del fabricante.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Ruido Producido por el Carter	Diagnosticar la causa del ruido y abordar el problema mecánico subyacente.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Filtros	Filtros Obstruidos o Averiados	Filtro de Aire Sucio o Obstruido	Reemplazar o limpiar el filtro de aire según sea necesario	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Filtro de Aceite Obstruido	Reemplazar el filtro de aceite y realizar un cambio de aceite.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Filtro de Combustible Sucio	Reemplazar el filtro de combustible y limpiar el sistema de combustible		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Filtro de Habitáculo Obstruido	Reemplazar el filtro del habitáculo para mantener la calidad del aire.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Filtro de Aceite de Transmisión Sucio o Obstruido	Reemplazar el filtro de aceite de transmisión y cambiar el aceite.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el	5	3	3	45

					mantenimiento (ver anexo 24)				
Bomba de Aceite	Bomba de Aceite Averiada	Baja Presión de Aceite	Verificar el nivel de aceite, reemplazar o reparar la bomba de aceite.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Ruido Producido por la Bomba	Inspeccionar y reparar la bomba de aceite o reemplazarla si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Fugas de Aceite desde la Bomba	Inspeccionar y reparar las conexiones y sellos, reemplazar la bomba si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desgaste de los Componentes de la Bomba	Evaluar el desgaste y reemplazar los componentes afectados de la bomba.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Pérdida de Sincronización de la Bomba	Verificar y ajustar la sincronización de la bomba según las especificaciones.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Válvula de Regulación de Presión	Válvula de Regulación de Presión Averiada	Presión de Aceite Insuficiente	Verificar el nivel de aceite, reemplazar o reparar la bomba de aceite.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Presión de Aceite Excesiva	Verificar y ajustar la presión de la válvula de alivio, reemplazar si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Fugas de Aceite desde la Válvula	Inspeccionar y reparar las conexiones y sellos, reemplazar la válvula si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Atasco de la Válvula	Desmontar y limpiar la válvula, reemplazar si está dañada.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Ruido Producido por la Válvula	Inspeccionar y reparar la válvula o reemplazarla según sea necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45

Refrigeración	Bomba de Agua	Bomba de Agua Averiada	1. Fuga de líquido de refrigeración	Inspeccionar y reparar las conexiones y sellos, reemplazar la bomba si es necesario.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			2. Cavitación	Verificar y corregir el nivel de líquido, evitar la entrada de aire al sistema.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			3. Rotura en el eje	Reemplazar la bomba y evaluar la causa de la rotura del eje.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			4. Fallo en el motor eléctrico	Verificar la alimentación eléctrica, reemplazar o reparar el motor eléctrico.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
	Radiador	Radiador Averiado	1. Fuga de líquido de refrigeración	Inspeccionar y reparar las conexiones y sellos, reemplazar las piezas defectuosas.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			2. Presencia de aire en el sistema de refrigeración	Sangrar el sistema para eliminar el aire, revisar y reparar posibles fugas de aire.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			3. Acumulación de lodo	Limpiar el sistema de refrigeración y reemplazar el líquido refrigerante.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			4. Mangueras colapsadas	Inspeccionar y reemplazar mangueras colapsadas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			5. Obstrucción de las aletas de refrigeración	Limpiar las aletas y asegurar una adecuada circulación de aire.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
	Ventilador	Ventilador Averiado	1. Fallo en el motor eléctrico	Verificar la alimentación eléctrica, reemplazar o reparar el motor eléctrico.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			2. Falla en la correa de transmisión	Inspeccionar y reemplazar la correa de		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el	5	3	3	45

			transmisión si está dañada o desgastada.		mantenimiento (ver anexo 24)					
		3. Desgaste de las aspas del ventilador	Reemplazar las aspas desgastadas y verificar el equilibrio del ventilador.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45	
Termostato	Termostato Averiado	1. Atasco en la posición cerrada	Inspeccionar y desbloquear la válvula, reparar o reemplazar si es necesario.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45	
		2. Atasco en la posición abierta	Inspeccionar y desbloquear la válvula, reparar o reemplazar si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45	
Enfriador de Aceite	Enfriador de Aceite Averiado	1. Fuga de aceite	Inspeccionar y reparar las conexiones y sellos, reemplazar las piezas defectuosas.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45	
		2. Obstrucción en el paso de aceite	Limpiar el sistema de aceite y verificar la calidad del aceite, reemplazar el filtro si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45	
Distribución	Válvulas de Bypass y Recirculación	Válvulas de Bypass Averiadadas o Atascadas	Vibraciones o Sacudidas en la Válvula	Inspeccionar y ajustar el sistema de soporte, reparar o reemplazar partes dañadas.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Fallo del Actuador de la Válvula	Verificar y reemplazar el actuador de la válvula si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Pérdida de Sellado en la Válvula	Inspeccionar y reparar el sellado de la válvula, reemplazar partes defectuosas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			No Cierre Completo de la Válvula	Verificar y ajustar el sistema de cierre, reemplazar partes si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
			Dificultades en la Regulación de la Válvula	Ajustar y calibrar la válvula de control según sea necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45

Válvulas de Admisión y Escape	Válvulas de Admisión y Escape Averiadas	Fugas en la Válvula de Admisión o Escape	Inspeccionar y reemplazar las válvulas o sus sellos si hay fugas.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desgaste de la Válvula	Reemplazar las válvulas desgastadas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Rotura de la Válvula	Reemplazar las válvulas rotas.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Atasco de la Válvula	Desmontar y limpiar la válvula, reparar o reemplazar si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desgaste de los Asientos de Válvula	Rectificar o reemplazar los asientos desgastados.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
Resortes, Balancines y Árbol de Levas	Rotura de Resortes, Balancines Averiados	Desgaste de Resortes	Reemplazar resortes desgastados.	Técnico de mantenimiento	Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desgaste de Balancines	Reemplazar balancines desgastados.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desgaste del Árbol de Levas	Evaluar el desgaste y reemplazar el árbol de levas si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Rotura de Resortes	Reemplazar resortes rotos.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Fallo de los Balancines	Reemplazar balancines defectuosos.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento (ver anexo 24)	5	3	3	45
		Desgaste del Engranaje del Árbol de Levas	Evaluar el desgaste y reemplazar el engranaje si es necesario.		Implementar disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el	5	3	3	45

					mantenimiento (ver anexo 24)				
--	--	--	--	--	---------------------------------	--	--	--	--

A partir de los indicadores previos, en los cuales se ha rechazado la hipótesis nula y se han aceptado las hipótesis alternativas que indican una mejora en la gestión del mantenimiento después del diseño, la Tabla 11 proporciona una estimación del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMEF) para las fallas de los subsistemas de los motores Cummins ISF 2.8. Esta estimación revela un Índice de Prioridad de Riesgo (NPR) estimado de 45, considerablemente inferior al nivel de riesgo actual. Por lo tanto, se observa que las fallas tienen una probabilidad significativamente menor de ocurrir y con menor gravedad, al mismo tiempo que la capacidad de detección se incrementa. Este hallazgo sugiere una mejora sustancial en la mitigación y gestión de riesgos asociados a las fallas en los subsistemas de los motores Cummins ISF 2.8 después de la implementación de las estrategias de mantenimiento mejoradas.

4.9. Disponibilidad estimada al implementar el Sistema del Plan de Mantenimiento

Después de diseñar el plan de mantenimiento para los motores Cummins ISF 2.8, se llevó a cabo la aplicación de un cuestionario de medición de la gestión del mantenimiento al equipo de la empresa Nazareo S.A.C., compuesto por el Gerente, dos socios propietarios, jefe de mantenimiento, técnico y choferes. La muestra constó de 9 cuestionarios aplicados, los cuales fueron validados mediante el índice V de Aiken, obteniendo un resultado de 0.99 a través del juicio de expertos.

Además, se evaluó la confiabilidad del cuestionario, logrando valores de 0.964 en el pretest y 0.828 en el post test, indicando una alta confiabilidad en ambas etapas. Posteriormente, se llevó a cabo una prueba de la t de Student (ver anexo 10) para ambos grupos (pre test y post test), arrojando un valor p significativo de 0.000. En este contexto, se acepta la hipótesis alternativa que sostiene que la implementación de un plan de mantenimiento tiene un impacto significativo en la gestión del mantenimiento de los motores, influyendo de manera notable en la disponibilidad de los mismos.

En este sentido, se procede a calcular la disponibilidad de los motores Cummins ISF 2.8 en un escenario donde se implementa el Plan de Gestión de Mantenimiento. Esta estimación se basa en la predicción de posibles fallas, como se detalla en el anexo 12, donde se ha reducido el número de fallas al mínimo posible. Además, se realiza una estimación del número de horas asociadas a esta cantidad de fallas, como se presenta en el anexo 13, totalizando 2318 horas para dicha estimación.

Para proporcionar un panorama más completo, se estima el total de horas de mantenimiento preventivo y correctivo, considerando un incremento del 80% en el tiempo dedicado al mantenimiento preventivo y un 15% para el mantenimiento correctivo, según se expone en el anexo 14. Este enfoque permite proyectar un aumento en las horas de operación para las 5 unidades. Detalladamente, la Unidad 1 se estima que operará durante 9074 horas, con 315 horas de tiempo fuera de servicio. La Unidad 2 alcanzará un tiempo de operación de 8975 horas, con 309 horas de tiempo fuera de servicio. La Unidad 3 está proyectada para operar durante 8895 horas, con solo 307 horas de tiempo fuera de servicio debido a fallas. Asimismo, la Unidad 4 se estima en 8958 horas de operación, con 307 horas de tiempo fuera de servicio debido a fallas. Finalmente, la Unidad 5 se estima que operará durante 9138 horas, con 307 horas de tiempo fuera de servicio originadas por fallas.

Basándonos en la información proporcionada, se avanza en la estimación del tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio para reparar (MTTR) con el propósito de calcular la disponibilidad con la implementación del plan de mantenimiento diseñado.

Primero, el MTBF se determina considerando el tiempo total de operación estimado y el número reducido de fallas proyectadas. Este cálculo proporcionará una indicación del tiempo promedio que transcurre entre cada fallo.

A su vez, el MTTR se estima al evaluar el tiempo total de mantenimiento correctivo proyectado y el número de fallas previsto. De esta manera, se obtiene el tiempo medio requerido para reparar una unidad después de una eventual falla.

Ambos indicadores, MTBF y MTTR, se integran en la fórmula de disponibilidad, permitiendo obtener una evaluación completa de la accesibilidad operativa de los motores Cummins ISF 2.8 bajo el nuevo plan de gestión de mantenimiento diseñado.

Tabla 12. Disponibilidad estimada al implementar el sistema de mantenimiento propuesto en los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo SAC

Unidad	Tiempo de operación	Tiempo de falla	Cantidad de fallas	MTBF	TMPR	Disponibilidad
Unidad 1	9500	700	52	182,7	13,5	93,14
Unidad 2	9400	740	53	177,4	14,0	92,70
Unidad 3	9352	760	54	173,2	14,1	92,48
Unidad 4	9450	730	54	175,0	13,5	92,83
Unidad 5	9742	720	65	149,9	11,1	93,12
Total		3650	90	858,1	66,1	92,85

Fuente. Elaboración propia

La Tabla 12 presenta estimaciones de disponibilidad para cada unidad y la disponibilidad total de la flota. La disponibilidad se calcula mediante la fórmula: $\text{Disponibilidad} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) * 100\%$. Para cada unidad: Unidad 1: Disponibilidad estimada = 93.14%, Unidad 2: 92.70%, Unidad 3: 92.48%, Unidad 4: 92.83%, Unidad 5: 93.12%. La Disponibilidad total de la flota, reflejando la eficiencia operativa general de todas las unidades combinadas, se estima en 92.85%. Estos porcentajes indican la proporción de tiempo en que cada unidad (y la flota en su conjunto) está disponible y operativa, considerando tanto el tiempo medio entre fallas como el tiempo medio para reparar. Un mayor valor de disponibilidad sugiere una gestión de mantenimiento más eficiente y una menor interrupción en la operación de las unidades.

La nueva disponibilidad o disponibilidad estimada, surge de la estimación o aproximación de un solo fallo que se justifica mediante el cambio sustancial en la gestión del sistema de mantenimiento propuesto. Al mejorar la disponibilidad a través de medidas preventivas, gestión por procesos y tecnologías avanzadas, se espera una reducción drástica en las fallas. El cuestionario pre test/post test muestra una mejora significativa en la percepción de los agentes clave (anexo 6), respaldando la idea de que el nuevo sistema minimizará las incidencias. La

estimación de un solo fallo refleja la confianza en que las mejoras implementadas tendrán un impacto significativo y conducirán a un entorno operativo más eficiente y fiable.

La estimación de un único fallo (anexo 15) que permite estimar una nueva disponibilidad, se basa en el cambio paradigmático introducido por el nuevo sistema de mantenimiento preventivo. Al analizar los resultados del cuestionario pre test, (anexo 7) se observa una mejora sustancial en la percepción de los 9 agentes clave de la empresa.

Esta mejora indica una mayor confianza en la eficacia del sistema propuesto. Al centrarse en la gestión por procesos, el mantenimiento preventivo y la aplicación de tecnologías avanzadas, se espera que se minimicen las fallas. La ponderación post test evidencia de manera significativa que los cambios propuestos son percibidos como beneficiosos para la eficiencia del sistema de mantenimiento.

La justificación de estimar a 1 el número de fallas radica en la hipótesis de que la implementación del nuevo sistema llevará a una mejora tan considerable en la gestión que las fallas serán mínimas. Esta estimación se respalda en la confianza generada por la evidencia recopilada durante la investigación y el cambio positivo en la percepción de los agentes clave.

V. DISCUSIÓN

Se planteó como primer objetivo específico evaluar la confiabilidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo SAC, con base en la teoría de Moubray (2004) sobre “RCM (Reliability-Centred Maintenance)” que redefine la ingeniería al priorizar tareas de mantenimiento de manera estratégica, reduciendo costos y optimizando la eficiencia de activos para un rendimiento sostenible. Durante el análisis de los últimos 24 meses, se observó que las unidades de motores presentaron un total de 741 fallas, lo que es indicativo de posibles deficiencias en la confiabilidad del sistema. Este hallazgo es consistente con la aplicación de la metodología RCM, que busca identificar y abordar las causas fundamentales de las fallas para mejorar la confiabilidad y disponibilidad del equipo.

La distribución de las fallas por unidad proporciona información valiosa para la toma de decisiones. Por ejemplo, la Unidad 5 presenta 156 fallas, la cifra más alta entre las unidades, lo que podría sugerir la necesidad de una atención especial o un enfoque más intensivo en el mantenimiento preventivo para esta unidad en particular.

El elevado porcentaje (86%) de mantenimiento correctivo es una señal de alerta. La preponderancia de este tipo de mantenimiento puede indicar que la estrategia actual no está siendo efectiva para prevenir fallas. La metodología RCM aboga por un enfoque más equilibrado, donde el mantenimiento preventivo desempeña un papel fundamental en la reducción de las fallas no planificadas y en la mejora de la disponibilidad del sistema. Los resultados identifican una disponibilidad promedio del 81.50% de disponibilidad para ejecutar operaciones, basada en el enfoque de Moubray (2004), refleja la necesidad de una revisión en la estrategia de mantenimiento actual. Aunque la disponibilidad está por encima del 80%, lo cual podría considerarse aceptable en algunos contextos, el margen para mejoras es evidente. Se podría explorar la implementación de estrategias más proactivas de mantenimiento preventivo para elevar la confiabilidad y reducir el impacto de las fallas.

Al comparar estos resultados con la investigación de Chávez (2019), quien encontró una disponibilidad mecánica general del 86% en el estudio del historial

de mantenimiento de motores, se destaca una diferencia; del mismo modo, con los hallazgos de Pastor (2023) quien encuentra una disponibilidad actual del motor de 75.67% y el porcentaje de indisponibilidad de 24.33% en base a modos de fallos encontrados en el año 2022. Sin embargo, existe una similitud con lo encontrado por Yogi y Kimuel (2020) quienes plantean que la disponibilidad promedio de las investigaciones previas a un plan de RCM oscilan entre los 80 y 85%. Esto podría indicar que los motores Cummins ISF 2.8 de Nazareo SAC presentan áreas de mejora en términos de confiabilidad y disponibilidad. Las variaciones podrían deberse a diferencias en el diseño, operación o mantenimiento de los motores específicos.

La alta proporción de mantenimiento correctivo sugiere que la estrategia de mantenimiento actual es predominantemente reactiva. Esta observación está en contradicción con los principios de RCM, que abogan por un enfoque más equilibrado entre el mantenimiento preventivo y correctivo. Se podría argumentar que una mayor implementación de mantenimiento preventivo, basado en el análisis de riesgos y la experiencia operativa, podría reducir significativamente las fallas no planificadas y mejorar la disponibilidad del sistema motor Cummins ISF 2.8.

Se planteó como segundo objetivo específico realizar un análisis de la criticidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo SAC, basándonos en la teoría de la criticidad de Moubray (2004), el análisis de criticidad es crucial porque permite identificar y priorizar aspectos críticos en operaciones y activos, optimizando el mantenimiento, reduciendo riesgos y mejorando la eficiencia, lo cual es esencial para el rendimiento sostenible de cualquier sistema o proceso.

El análisis de la criticidad revela que los motores Cummins ISF 2.8 presentan criticidad en todos los subsistemas, lo que indica la importancia de abordar las posibles áreas de riesgo. En particular, el subsistema de inyección de combustible destaca con un promedio de criticidad de 82. Entre sus componentes, la bomba de inyección (105), el inyector (100) y el tanque (90) son los más críticos, destacando la influencia de impurezas en el combustible de la zona sierra.

En el subsistema Tren Alternativo, la criticidad promedio es de 63, con todos sus componentes catalogados como críticos. Mientras tanto, los subsistemas

turbocompresor e intercooler muestran una criticidad alta con puntuaciones de 100 y 105 respectivamente. Similarmente, el subsistema de lubricación tiene un promedio de criticidad de 71, presentando criticidad alta en todos sus componentes. Los subsistemas de refrigeración y distribución también exhiben criticidad alta, en parte debido a la frecuencia de eventos que ha llevado a que casi todos los subsistemas tengan criticidad alta.

Estos resultados difieren de la evaluación de Pastor (2023) respecto a la criticidad, se identificaron cinco equipos de alta importancia, veintinueve con nivel democrático y seis considerados no críticos, de igual forma se difiere de Herrera (2021) quien identifica tres sistemas de criticidad alta (25%), cuatro sistemas de criticidad media (33%) y cinco sistemas de criticidad baja.

La discrepancia podría deberse a diferencias en los criterios de evaluación, en las condiciones operativas o en las características específicas de los motores analizados.

Este resultado revela discrepancias significativas en la evaluación de resultados indican una criticidad más generalizada en varios subsistemas y componentes del motor de la empresa. Esta disparidad podría atribuirse a varias razones. En primer lugar, las condiciones operativas específicas pueden variar entre los motores analizados por Pastor (2023) y Herrera (2021) y los motores Cummins ISF 2.8 de Nazareo SAC. Factores como la carga de trabajo, el ambiente operativo y la frecuencia de mantenimiento pueden influir en las evaluaciones de criticidad.

Además, las diferencias en los criterios de evaluación y las metodologías utilizadas pueden explicar las variaciones en los resultados. La teoría de la criticidad puede interpretarse y aplicarse de manera diferente según el contexto y los objetivos específicos de cada estudio.

Es esencial destacar que la criticidad no es un valor estático y puede cambiar con el tiempo debido a factores como el desgaste, la variabilidad en las condiciones operativas y las actualizaciones en los procesos de mantenimiento. Por lo tanto, la disparidad entre los resultados puede también reflejar la dinámica inherente a la evaluación de la criticidad. Dada la alta criticidad observada en múltiples subsistemas, es crucial implementar estrategias de mantenimiento proactivo y correctivo focalizado en los componentes más críticos. Además, se podría

considerar la mejora de filtros y procesos de purificación del combustible para mitigar la influencia de impurezas.

Se planteó como tercer objetivo específico analizar las causas raíz de las fallas mediante la aplicación de la teoría del AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas). El AMEF es una herramienta sistemática que permite identificar y evaluar los modos de falla potenciales en un sistema, así como sus efectos y la probabilidad de ocurrencia. Está diseñado para priorizar las áreas críticas y dirigir esfuerzos de mejora hacia donde son más necesarios.

En el subsistema de inyección de combustible, el análisis del AMEF reveló que la bomba de inyección, el inyector y la cámara de combustión son componentes críticos con valores de NPR significativos (330, 315 y 425 respectivamente). Estos resultados señalan áreas específicas que requieren atención prioritaria para prevenir futuras fallas.

En el subsistema Tren Alternativo, el pistón, la biela, el cigüeñal y el bulón son identificados como componentes críticos, con valores de NPR que indican un riesgo sustancial. Estos hallazgos sugieren la necesidad de un enfoque intensivo en el mantenimiento y la monitorización de estos elementos para prevenir fallas catastróficas.

Similarmente, en los subsistemas de turbocompresor e intercooler, así como en lubricación, refrigeración y distribución, se identificaron componentes con NPR significativos, indicando áreas críticas que requieren atención inmediata para reducir el riesgo de fallas.

Los resultados obtenidos en el AMEF difieren notablemente de las investigaciones anteriores, como con De la Cruz y Zavaleta (2021), mientras que ellos identificaron 23 fallas funcionales, en el presente análisis, con un enfoque más detallado, reveló 16 fallas con NPR mayores a 200. Este contraste destaca la importancia de una evaluación exhaustiva, ya que un enfoque más específico puede revelar riesgos y áreas críticas que podrían haberse pasado por alto en evaluaciones más generales.

Las divergencias en los resultados subrayan la necesidad de una evaluación minuciosa y adaptada a las particularidades de los motores Cummins ISF 2.8 de

Nazareo SAC. Las áreas identificadas como críticas deben ser prioritarias para acciones de mantenimiento preventivo y correctivo.

Se planteó como cuarto objetivo específico diseñar un sistema de mantenimiento para los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo SAC. Este plan se basó en las fallas identificadas en los subcomponentes del motor. Un sistema de mantenimiento es esencial para garantizar el rendimiento óptimo y la vida útil de los motores. La importancia teórica de tener un sistema de mantenimiento radica en varios aspectos clave: Prevención de Fallas, el mantenimiento planificado permite la identificación y corrección proactiva de posibles problemas antes de que se conviertan en fallas mayores, reduciendo así el tiempo de inactividad no planificado. Optimización de Recursos: Un sistema de mantenimiento eficiente permite la asignación efectiva de recursos, ya que se pueden priorizar las tareas de mantenimiento en función de la criticidad y probabilidad de falla de los componentes. Aumento de la Confiabilidad: Al abordar de manera proactiva las posibles causas de fallas, se mejora la confiabilidad operativa de los motores, lo que es fundamental para un rendimiento consistente. Cumplimiento de Normativas: La implementación de un sistema de mantenimiento adecuado asegura que la empresa cumpla con las normativas y estándares relevantes, como la norma ISO 9001:2015.

El plan de mantenimiento se diseñó teniendo en cuenta las fallas identificadas en los subcomponentes del motor. La inclusión de encuestas a los responsables de la empresa y del mantenimiento proporcionó una retroalimentación valiosa para adaptar el plan a las necesidades y expectativas específicas de la organización.

La validez y confiabilidad del cuestionario se respaldan con una V de Aiken de 0.99, indicando alta validez, y un alfa de Cronbach de 0.964 en el pre test y un alfa de Cronbach de 0.86 después de la socialización del plan. El análisis estadístico muestra un cambio significativo y positivo hacia la gestión adecuada del mantenimiento, respaldando la efectividad del plan propuesto. El análisis pre y post test utilizando la prueba de T de Student arrojó un valor p de 0.000 (anexo 5), que es menor al nivel de significancia de 0.05. Esto implica que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados antes y después de la socialización del plan de mantenimiento. La aceptación de la hipótesis

alternativa y el rechazo de la hipótesis nula respaldan la efectividad percibida del plan en términos estadísticos.

Esta prueba estadística fortalece la validez del enfoque propuesto al mostrar un cambio positivo significativo en la percepción y comprensión del personal clave después de la socialización del plan. La tendencia de mantener el alfa de Cronbach de 0.96 a 0.86 indica una consistencia adecuada en las respuestas, respaldando la confiabilidad del cuestionario.

Esta metodología de evaluación, que incluye análisis estadísticos detallados, marca una diferencia notable con la propuesta de Chávez (2021), donde la evaluación del plan de mantenimiento no se midió en términos estadísticos. La aplicación de la T d student añade consistencia al estudio al cuantificar y respaldar estadísticamente el cambio positivo percibido en el equipo encargado de la gestión del mantenimiento de los motores Cummins ISF 2.8. Además, difiere de la propuesta planteada por De la Cruz y Zavaleta (2021) quienes establecen un plan a las 720 horas, mientras que el plan propuesto en esta investigación se basa en Kilómetros a los 5000 Km y 10000 Km.

La evidencia estadística respalda la conclusión de que la ejecución del plan de mantenimiento propuesto generará un cambio positivo significativo hacia la gestión adecuada del mantenimiento. Se sugiere que este enfoque estadístico se incorpore de manera regular en evaluaciones posteriores para monitorear y cuantificar el impacto continuo del plan.

El quinto objetivo se enfocó en estimar la disponibilidad de los motores Cummins ISF 2.8 a través del diseño del Plan de Mantenimiento, utilizando datos estadísticos del cuestionario y las pruebas pre y post test. La estimación de la disponibilidad se basó en la reducción del Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) a un promedio de NPR de 45, reflejando una disminución significativa en el riesgo potencial. Este cambio se tradujo en una reducción de la cantidad de fallas a 130 y de las horas dedicadas al mantenimiento por fallas a 2318 horas.

La estimación total de horas de mantenimiento preventivo y correctivo consideró un aumento del 80% en el tiempo dedicado al mantenimiento preventivo y un 15% para el mantenimiento correctivo. La disponibilidad se calculó utilizando la fórmula: $\text{Disponibilidad} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) * 100\%$. Para cada unidad, se estimó la

disponibilidad de la siguiente manera: Unidad 1: 93.14%, Unidad 2: 92.70%, Unidad 3: 92.48%, Unidad 4: 92.83%, Unidad 5: 93.12%

La Disponibilidad total de la flota, que refleja la eficiencia operativa general de todas las unidades combinadas, se estimó en 92.85%. Estos porcentajes indican la proporción de tiempo en que cada unidad (y la flota en su conjunto) está disponible y operativa, considerando tanto el tiempo medio entre fallas como el tiempo medio para reparar. Estos hallazgos son comparables con investigaciones previas. Herrera (2021) estima una disponibilidad promedio del 90.81% en motores diésel de una empresa minera en Cusco, Grijalva (2019) obtiene una disponibilidad estimada de 90.37% para una flota en Pasco, y Gutiérrez (2022) logra aumentar la disponibilidad de una flota del sector agroindustrial a 95.3%.

A nivel específico de motores diésel en Trujillo, este estudio muestra una diferencia significativa con Zavaleta (2021), quien logró incrementar un promedio del 4.7% en los motores de la empresa Nuevo California. En contraste, la presente investigación estima un aumento del 10% en la disponibilidad a partir del diseño de un Plan de Mantenimiento. Esto sugiere que el enfoque personalizado y estadísticamente respaldado en la gestión del mantenimiento puede generar mejoras más sustanciales en la disponibilidad operativa.

La estimación de la disponibilidad refleja el impacto positivo del Plan de Mantenimiento propuesto en la eficiencia operativa de los motores Cummins ISF 2.8. Se recomienda realizar evaluaciones periódicas para ajustar el plan según sea necesario y mantener la mejora continua.

Este enfoque cuantitativo proporciona una base sólida para la toma de decisiones y destaca la contribución significativa del Plan de Mantenimiento al aumento de la disponibilidad de los motores Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo SAC.

VI. CONCLUSIONES

1. Se evaluó con éxito la disponibilidad de los motores Cummins ISF 2.8 de Nazareo SAC durante los últimos 24 meses. Se identificaron 741 fallas en los componentes de los subsistemas, con un total de 12,936 horas de mantenimiento. La confiabilidad promedio de disponibilidad para ejecutar operaciones se calculó en 81.50%. Este objetivo destacó la necesidad urgente de un enfoque más proactivo en el mantenimiento, especialmente en áreas críticas como la inyección de combustible y el tren alternativo, para mejorar la confiabilidad operativa de los motores.
2. El análisis de la criticidad reveló que los motores Cummins ISF 2.8 presentan criticidad en todos los subsistemas. La comparación con investigaciones anteriores destacó la importancia de adaptar las estrategias de evaluación de la criticidad a las características específicas de los motores. Estos resultados resaltan la necesidad de abordar proactivamente los componentes críticos para evitar fallas significativas en el futuro, con la propuesta la tendencia en el análisis de criticidad se estima en una criticidad baja en todos los subsistemas.
3. El análisis de las causas raíz de las fallas a través del AMEF proporcionó una visión detallada de los componentes críticos y sus factores de riesgo. Se identificaron causas raíz y se calculó el NPR para cada falla en los subsistemas, revelando un promedio de NPR de 330. La comparación con investigaciones anteriores subraya la importancia de un enfoque detallado para identificar y abordar las causas fundamentales de las fallas. A partir de la estimación con el diseño del plan de mantenimiento se identificó un NPR de 45. Estos valores de NPR cuantifican la criticidad de los componentes, proporcionando una base sólida para priorizar acciones correctivas y preventivas, centrándose en aquellos con el mayor riesgo potencial.
4. El diseño del sistema de mantenimiento, respaldado por encuestas y análisis estadísticos, demostró una mejora significativa en la percepción y

comprensión del personal clave, a través del cuestionario se identifica que la gestión del mantenimiento de motores antes del plan de mantenimiento era de 45%, posterior al diseño del plan se estima una gestión al 93.10%. La comparación con investigaciones anteriores destaca la innovación y solidez del enfoque, que no solo propone un plan de mantenimiento, sino que también cuantifica estadísticamente su impacto positivo potencial. Los datos demuestran un cambio significativo en la gestión que contribuirá a una mayor disponibilidad operativa.

5. La estimación de la disponibilidad muestra un aumento significativo. Se redujo el AMEF a un promedio de NPR de 45, disminuyendo la cantidad de fallas a 130 y las horas de mantenimiento por fallas a 2,318 horas. La disponibilidad se calculó para cada unidad, con una disponibilidad total de la flota estimada en 92.85%. Estos resultados indican una mejora sustancial en la eficiencia operativa de los motores Cummins ISF 2.8, respaldada por comparaciones con investigaciones anteriores.

VII. RECOMENDACIONES

Dada la cantidad significativa de fallas identificadas, se recomienda una transición hacia un enfoque más proactivo en el mantenimiento. Esto podría incluir la implementación de estrategias preventivas y predictivas para abordar los problemas antes de que se conviertan en fallas críticas.

Establecer sistemas de monitoreo continuo para evaluar el rendimiento de los componentes críticos, especialmente en áreas como la inyección de combustible y el tren alternativo. Esto permitirá una respuesta rápida ante cualquier desviación en el rendimiento.

A pesar de la mejora estadística en la percepción, se recomienda una implementación gradual del Plan de Mantenimiento. Esto permitirá una adaptación más efectiva por parte del personal y reducirá posibles resistencias al cambio. Proporcionar capacitación continua al personal sobre los beneficios y la implementación del nuevo plan. La comprensión completa mejorará la eficacia del plan en la práctica.

Se recomienda realizar un análisis de costo-beneficio a largo plazo del sistema propuesto. Examina no solo los costos inmediatos de implementación, sino también los beneficios económicos a lo largo del tiempo, como la reducción de costos de reparación, el aumento de la vida útil de los motores y la mejora general de la eficiencia operativa.

Se recomienda realizar la aplicación del plan de mantenimiento propuesto, con el objetivo de medir el incremento de la disponibilidad real, lo cual puede ser objetivo de una futura investigación en el área de la ingeniería mecánica.

REFERENCIAS

ACOSTA, Johanny, SOLER, Víctor y MOLINA, Ana. Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR). 3c Empresa: investigación y pensamiento crítico, 2017, nº 1 (2017): 1-9.[consultado el 3 de setiembre del 2023] disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6300059>

AHMADIAN, Sahar, TAWFEEQ, Tariq y MOTAGHIAN, Iraj. Maintenance and repairs system of automotive industry for sustainable internationalization. International journal on advanced technology, engineering, and information system, 2(2), 2023 [consultado el 15 de setiembre del 2023] disponible en: <http://ojs.transpublika.com/index.php/IJATEIS/article/view/804>

ARDILA MARÍN, Juan Gonzalo, et al. La gerencia del mantenimiento: una revisión. *Dimensión Empresarial*, vol. 14, no 2, 2016 (consultado el 14 de setiembre del 2023) disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-85632016000200009&script=sci_arttext

ARIZAGA, Carlos, SALCEDO, German y HERRERA, Maryza. Influencia en la gestión del mantenimiento para el control de la flota vehicular de la empresa sedapal, Lima, 2017. Tesis (Licenciado en Administración). Lima, UIGV, 2017. Disponible en: <http://intra.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/2159>

ARMENZONI, Matia [et al]. An integrated approach for demand forecasting and inventory management optimisation of spare parts. International Journal of Simulation and Process Modelling (IJSPM), Vol. 10, No. 3, 2015 (consultado el 23 de setiembre del 2023) disponible en: <https://www.inderscience.com/offers.php?id=71375>

AVITIA, Patricia [et al]. La formación del personal de mantenimiento para la industria 4.0. *Revista de Ciencias Tecnológicas*, vol. 5, no 4, 2022 (consultado el 15 de octubre del 2023) disponible en: <https://www.recit.uabc.mx/index.php/revista/article/view/192>

BISARO, Baltazar. *Implementación de un plan operativo para el área de mantenimiento de flota de vehículos de una empresa prestadora de servicios*. 2022. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Rosario. Disponible en: <http://rehip.unr.edu.ar/handle/2133/25073>

CAMPOS, Omar, TOLENTINO, Guilibaldo, TOLEDO, Miguel y TOLENTINO, René. Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Ciéntifica* 23, nº 1, 2019 (consultado el 14 de octubre del 2023) disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>

COLOMA, Jhon. *Mantenimientos en vehículos automotrices*. 2022.

CUMMINS. ISF2.8 para vehículo comercial liviano. 2023. <https://www.cummins.com/es/engines/isf28>.

DE LA CRUZ, Erick y BELTRÁN, Fernando. Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para la nueva flota de vehículos de la empresa pública metropolitana de movilidad y obras públicas (EPMMOP) de la ciudad de Quito. Tesis (Título de Ingeniero Automotriz). Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2023. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25855/1/TTS1489.pdf>

DE LA CRUZ, Edwin y ZAVALETA, Alexandro. Plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para incrementar la disponibilidad de las maquinarias pesadas de la empresa Ingenieros Contratistas E.I.R.L. (Tesis título profesional de mecánico eléctrico). Universidad César Vallejo, 2021. Disponible: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84912>

DENTON, Tom. Sistema Mecánico y Eléctrico del Automóvil.: Tecnología automotriz: mantenimiento y reparación de vehículos. Marcombo, 2020.

DI SIVO, Michele y LADIANA Daniela. Decision-support tools for municipal infrastructure maintenance management. *Procedia Computer Science*, Volume 3, 2011 (consultado el 24 de octubre del 2023) disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050910003820>

DIESTRA, Juan, ESQUIVEL, Lourdes y GUEVARA, Robert. Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología Innovación* 4, nº 1 (2017).

DOMINGUEZ, Wilfredo y LAMADRID, Cristhian. Gestión del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la flota vehicular de la Municipalidad Distrital de Jangas, Huaraz – 2020 (Tesis título de ingeniero industrial) Lambayeque, Universidad Señor de Sipán. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9706>

FERNÁNDEZ, Jhelikza. Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF). Universidad Privada del Norte, 2019.

GEISBUSH, James; ARARIATNAM, Samuel. Reliability centered maintenance (RCM): literature review of current industry state of practice. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 29 No. 2, 2023 (consultado el 4 de octubre del 2023) disponible en: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JQME-02-2021-0018/full/html>

GRIJALVA, Gerson. Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad mecánica de la flota Jumbo DD421 - Nexa El Porvenir - 2019. (Tesis título de ingeniero mecánico) Universidad Alas Peruanas, 2019. Disponible en: <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/9614>

GUTIERREZ, Edwin, AGUERO, Miguel y CALIXTO, Ivanaska. Análisis de criticidad integral de activos. Realrisk, 2007.

GUTIERREZ, Jose. Mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica de las cosechadoras de una empresa agroindustrial de Trujillo en el año 2022. (Tesis para título de ingeniero industrial) Universidad Privada del Norte, 2022. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33556>

HIDALGO, Roberto, LUCERO, Juan y CUEVA, Eduardo. Gestión de calidad en micro y pequeñas empresas de servicio automotriz ecuatoriano. *Estudios De La Gestión: Revista Internacional De Administración* [en línea], n.º 8 (noviembre), 2020. [fecha de consulta 25 de septiembre del 2023], disponible en <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.9>.

HERRERA, Percy. Método de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los motores C175-16 en la flota 793f del proyecto minero Constancia - Cusco. (Maestría en Ciencias: Ingeniería de Mantenimiento con mención en Gerencia de Mantenimiento) Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2021. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/75834855-e7b1-473d-9af0-b2470c2ed21e>

IDROGO, Wilmer. Estudio de un sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los motores asíncronos trifásicos de la empresa Cogorno S. A. - Trujillo. *Tec. des. (Trujillo)* [Internet]. 3 de diciembre de 2016 [citado 22 de octubre de 2023];14(1):83-96. Disponible en: <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/rtd/article/view/1759>

ISHIKAWA, Kaoru. Diagrama de Ishikawa. Academia.edu, 2013.

KIROLIVANOS, Georgios Lazaridis; JEONG, Byongug. Comparative reliability analysis and enhancement of marine dual-fuel engines. *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*, 2022, vol. 6, no 1, (consultado el 24 de septiembre del 2023) disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/25725084.2021.1968663>

LÓPEZ, Jorge [et al]. Procedimiento para evaluar el mantenimiento en una flota de transporte de combustibles por carretera. *Ingeniería Mecánica*, vol. 24, no 1, 2021 (consultado el 18 de septiembre del 2023) disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442021000100001&script=sci_arttext&lng=pt

MARCIAL, Aurora y ORTIZ, Samuel. De las ganancias a la inversión: financiarización en la industria automotriz. En: *La industria automotriz en América Latina estudios de las relaciones entre trabajo, tecnología y desarrollo socioeconómico*. 1ª ed. Brasil, Editora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020, pp. 247 - 270.

MASAQUIZA, Joselyn, CÁRDENAS, Alejandra y MANCHENO, Marcelo. Calidad del servicio y satisfacción del cliente. El caso del mantenimiento vehicular liviano. *Religación: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 8, no 35, 2023, (consultado el 12 de octubre del 2023) disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8910602>

MENESES, Hugo, TELLO, Javier, PINTO, Silvia. Importancia de la mecánica ligera en el mantenimiento preventivo del vehículo. *Polo del Conocimiento*, 7(9), 2022 [consultado 10 de

setiembre del 2023] disponible en <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4652>

MESA, Dairo H. , ORTIZ, Yesid y PINZÓN, Manuel . La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia Et Technica* [en línea]. 2006, XII(30), 155-160[fecha de Consulta 22 de Octubre de 2023]. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920491036>

MOHAN, Roosefert [et al]. Intelligent machine learning based total productive maintenance approach for achieving zero downtime in industrial machinery. *Computers & Industrial Engineering*, Volume 157, 2021 (consultado, 24 de octubre del 2023) disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835221001716?via%3Dihub>

MOUBRAY, John. Reliability-centered maintenance. Industrial Press Inc., 2001.

MOUBRAY, John. RCM II Reliability-Centred Maintenance, 2 ed., New York: Industrial Press Inc., 1997.

OJEDA, Manuel, y SALOMON, Jesus. Análisis de modos y efectos de falla expandido: Enfoque avanzado de evaluación de fiabilidad. *Revista Cubana de Ingeniería* 7, nº 2 (2016): 5-14.

PACHECO, L. Propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en RCM para la reducción de fallas de la maquinaria de la empresa Hydro Patapo SAC. (2018). <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1353>

PAEZ, Rafael. Importancia de la ingeniería de confiabilidad operacional para el desarrollo empresarial. *Industrial Data*, vol. 25, no 1, 2022, (consultado el 20 de octubre del 2023) disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-99932022000100137

PASTOR, Kevin. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para reducir la probabilidad de falla del motor de tractor agrícola New Holland serie TD5, de la empresa Masa Equipos Industriales S.A., utilizando la metodología RCM. (Tesis título profesional de ingeniero mecánico). Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/7625>

PÉREZ, Félix. Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Universidad Santo Tomás, 2021.

PÉREZ, Andrea. *Diseño de un programa 5S en el área de bodega de repuestos de la Empresa Ferrero Torre SA*. 2020. (Tesis Doctoral). Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51265>

QUEVEDO, Juan Pablo Diestra; PAREDES, Lourdes Esquiviel; CHINCHAYAN, Robert Guevara. Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad. *Ingeniería: ciencia, tecnología e innovación*, 2017, vol. 4, no 1. Disponible en: <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/530>

REYES, James, y SIFONTE, Jesús. Reliability centered maintenance - reengineered : practical optimization of the RCM process with RCM-R. 1. CRC Press, 2017.

RIZKYA, I. [et al]. 5S Implementation in Welding Workshop – a Lean Tool in Waste Minimization. Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 505 012018. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/505/1/012018/meta>

SAAVEDRA, Enrique. Estudio de optimización del plan de mantenimiento de motor diesel de camión de extracción minera basado en la confiabilidad operacional para minimizar el costo de ciclo de vida del activo. (Tesis de título de ingeniero mecánico). Universidad Católica de Valparaíso, 2018. Disponible en: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-9500/UCC9654_01.pdf

SAINZ, J. A. y SEBASTIÁN, M. A. Methodology for the Maintenance Centered on the Reliability on facilities of low accessibility, *Procedia Engineering*, vol. 63, pp. 852-860, 2013.

SANTISTEBAN, Jaime. Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento para el manejo de la operatividad de la flota de maquinaria y equipos de la empresa DCR minería y construcción SAC de Arequipa-Perú. 2018 (Tesis título de ingeniero mecánico), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2018. Disponible en <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3187>

SARAIBA, Leider, ARBELLA, Feliciano, MORENO, María y TORRES, Raúl. La gestión del mantenimiento acorde a la criticidad de los activos. *Ciencias Holguín* 29, nº 2 (2023): 1-12. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1815/181574886002/181574886002.pdf>

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. SAE JA1011 - 2009 - Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. 2da. Warrendale: SAE International, 2009.

SOSA QUIROZ, Bryan Rafael; HERRERA SUÁREZ, Miguel. Análisis de la situación actual del mantenimiento en el sector automotriz. **Polo del Conocimiento**, [S.l.], v. 8, n. 10, 2023. (consultado el 09 de setiembre del 2023) Disponible en: <https://mail.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6142>

Véliz, Carol, SARMIENTO, Luis, OBANDO, Milton. Reporte de sostenibilidad como herramienta de gestión para Roberts Resersur. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú. 2021. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/1cf5381a9bf12cf7f41899c813a52bab/1?cbl=2026366&diss=y&parentSessionId=oUSD6%2FGG0A7FfBgneu1hbGgthEIFJ8rarmNNOHzn5Ns%3D&pq-origsite=gscholar>

YIN, Zi-hong [et al]. Integration research and design of the bridge maintenance management system. *Procedia Engineering*, 2011, vol. 15 (consultado el 2 de octubre del 2023) disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811025082>

YOGI, Prasetyo y KIMUEL, Kier. Equipment Reliability Optimization Using Predictive Reliability Centered Maintenance: A Case-Study Illustration and Comprehensive Literature Review. 2020 7th

International Conference on Frontiers of Industrial Engineering (ICFIE), Singapore, 2020, pp. 93-97, (consultado el 30 de setiembre del 2023) disponible en: doi: 10.1109/ICFIE50845.2020.9266728.

ZAVALETA, César. Plan de mantenimiento preventivo en los motores Mercedes Benz basado en análisis de aceite para mejorar la disponibilidad en los buses de la Empresa Nuevo California. (Tesis título profesional de mecánico electricista). Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74438>

ANEXO 1

Tabla de operacionalización de variables

Variable	Definición de Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida
Sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad	Es una metodología de trabajo que asegura que se emprendan las acciones correctas de mantenimiento preventivo y predictivo y elimina aquellas tareas que no producen impacto en la frecuencia de fallas. (Campos et al, 2019, p. 51)	La medición de esta variable se evidencia con el cumplimiento de la gestión de mantenimiento y las ordenes de trabajo, así como, con la variación de las acciones de mantenimiento. (Idrogo, 2016, p, 16)	CPM: Cumplimiento de los Planes de Mantenimiento	Número de actividades ejecutadas Número de actividades planificadas	Razón
			SMC: Cumplimiento de las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo	Número de solicitudes recibidas Número de solicitudes atendidas	Razón
			EPM: Eficiencia de los Planes de mantenimiento	Horas programadas de mantenimiento Horas reales de atención	Razón
			GSM: Garantías del Servicio de Mantenimiento	Número de inconformidades notificadas Total de actividades ejecutadas	Razón
			Variación de las acciones de mantenimiento.	AME: Acciones de mantenimiento antes de aplicar AMEF AMP: Acciones de mantenimiento después de aplicar AMEF	Razón
Disponibilidad	Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. (Pacheco, 2018, p. 40)	La disponibilidad se determina en función del tiempo medio entre fallas y el tiempo para reparar. (Mesa, Ortiz y Pinzón, 2006, p. 156)	MTBF: Tiempo medio entre fallas (horas/falla)	Tiempo entre fallas Número de fallas	Razón
			MTTR: Tiempo medio para reparar (horas/falla)	Tiempo de reparación Número de fallas	Razón

Anexo 3.

Instrumento de medición de la gestión del mantenimiento de motores en la empresa de transportes Nazareo SAC

Responsable:

Fecha:

Lugar:

Escala: 1 = Nunca, 2= Rara vez, 3 = A veces, 4= Frecuentemente, 5 = Siempre

Etapas	Ítems	Escala					
		1	2	3	4	5	
Planificar (Plan)	1	¿La empresa de transportes tiene una política de mantenimiento de motores documentada que establece su compromiso con la calidad y la seguridad?					
	2	¿Se han definido objetivos medibles para el mantenimiento de motores que estén alineados con la política de mantenimiento?					
	3	¿Se han identificado las partes interesadas relevantes en el mantenimiento de motores, como conductores, técnicos, y autoridades regulatorias?					
	4	¿La empresa ha establecido un proceso para evaluar y gestionar los riesgos relacionados con el mantenimiento de motores?					
	5	¿Se han asignado responsabilidades y autoridades específicas para la gestión del mantenimiento de motores?					
	6	¿La empresa ha definido un programa de mantenimiento preventivo para sus motores y vehículos?					
	7	¿Se han identificado proveedores de piezas y servicios de mantenimiento confiables?					
	8	¿Se han establecido procedimientos para la gestión de cambios en los procesos de mantenimiento de motores?					
	9	¿Se lleva a cabo el mantenimiento de los motores de acuerdo con el programa de mantenimiento preventivo establecido?					

Hacer (Do)	10	¿Se proporciona capacitación y recursos adecuados al personal de mantenimiento?							
	11	¿Se realizan inspecciones y pruebas antes y después de los trabajos de mantenimiento?							
	12	¿La empresa mantiene registros de todas las intervenciones de mantenimiento realizadas?							
	13	¿Se realizan auditorías internas de calidad en el proceso de mantenimiento?							
	14	¿Se gestionan adecuadamente las piezas de repuesto y se garantiza su disponibilidad?							
	15	¿Se han establecido procedimientos de comunicación con los conductores para informar sobre problemas y mantenimiento programado?							
	16	¿Se recopilan datos de calidad y desempeño de las intervenciones de mantenimiento?							
Verificar (Check)	17	¿Se lleva a cabo un seguimiento y medición del desempeño del mantenimiento de motores?							
	18	¿Se realizan auditorías internas para evaluar la conformidad con los procedimientos de mantenimiento?							
	19	¿Se recopilan y analizan datos para evaluar la satisfacción de los conductores y la eficacia del mantenimiento?							
	20	¿Se realizan revisiones de dirección periódicas para evaluar el sistema de gestión del mantenimiento?							
	21	¿Se toman medidas correctivas cuando se identifican no conformidades en el proceso de mantenimiento?							
	22	¿Se evalúan y tratan los riesgos y oportunidades de manera continua?							
	23	¿Se revisan y actualizan los procedimientos de mantenimiento en función de los resultados y cambios en las normativas?							
Actuar (Act)	24	¿La empresa mantiene registros de las auditorías internas y las revisiones de dirección?							
	25	¿La empresa toma acciones correctivas y preventivas para abordar las no conformidades y mejorar los procesos de mantenimiento?							
	26	¿Se promueve la mejora continua en la gestión del mantenimiento de motores?							

27	¿La alta dirección revisa regularmente el sistema de gestión del mantenimiento?						
28	¿Se comunican los resultados de las revisiones y las acciones tomadas a todo el personal involucrado en el mantenimiento?						
29	¿La empresa promueve la participación activa del personal en la identificación de oportunidades de mejora en el mantenimiento?						
30	¿Se evalúa el desempeño de los proveedores de piezas y servicios de mantenimiento?						
31	¿La empresa revisa y actualiza su programa de mantenimiento preventivo para reflejar cambios en la flota y en las regulaciones?						
32	¿Se realizan análisis de tendencias y se toman acciones para prevenir problemas recurrentes en el mantenimiento de motores?						

	21	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1,00
	22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1,00
	23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1,00
	24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1,00
Actuar	25	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1,00
	26	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1,00
	27	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	0,94
	28	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1,00
	29	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1,00
	30	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1,00
	31	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1,00
	32	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1,00
													Promedi o	4	0,99

Anexo 5.

Alfa de Cronbach (Pre – test) - Instrumento de medición de la gestión del mantenimiento de motores en la empresa de transportes Nazareo SAC

n	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Item 12	Item 13	Item 14	Item 15	Item 16	Item 17	Item 18	Item 19	Item 20	Item 21	Item 22	Item 23	Item 24	Item 25	Item 26	Item 27	Item 28	Item 29	Item 30	Item 31	Item 32
1	4	3	4	4	4	4	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	3	2	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	1	
2	3	3	4	3	4	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	2	2	1	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	1
3	3	2	4	3	4	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	2	2	1	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	2	2	1
4	2	2	4	3	4	3	3	1	2	2	1	2	3	3	2	3	3	2	1	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1
5	2	2	4	3	3	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	2	3	2	1	2	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1
6	2	2	4	2	3	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	2	3	2	1	2	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1
7	2	2	4	2	3	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	2	3	2	1	2	3	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1
8	2	2	4	2	3	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2	3	2	1	2	3	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1
9	2	2	4	2	3	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	3	3	2	1	2	3	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,964	32

Anexo 6.

Alfa de Cronbach (Post – test) - Instrumento de medición de la gestión del mantenimiento de motores en la empresa de transportes Nazareo SAC

n	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Item 12	Item 13	Item 14	Item 15	Item 16	Item 17	Item 18	Item 19	Item 20	Item 21	Item 22	Item 23	Item 24	Item 25	Item 26	Item 27	Item 28	Item 29	Item 30	Item 31	Item 32	
1	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5		
2	5	5	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5	4	3	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	4	3	5	5	
3	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	
4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	
5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	
6	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	3	5	5	4	5	5	5	5	3	5	5	5	5	3	4	3	5	5	5	
7	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	
8	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5	3	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	
9	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,828	32

Anexo 7

Prueba T de Student (Pre y Post Test)

Ponderación de Cuestionario	Pre-Test	Pos-Test	% de gestión (Pre test)	% de gestión Post-Test
32 ítems puntuación máxima 5 Total instrumento =160	92	155	58%	96,88%
	86	148	54%	92,50%
	84	155	53%	96,88%
	75	151	47%	94,38%
	63	150	39%	93,75%
	62	149	39%	93,13%
	61	148	38%	92,50%
	60	135	38%	84,38%
61	152	38%	95,00%	
Total			45%	93,26%

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	PreTest	71,56	9	12,817	4,272
	PosTest	149,22	9	5,954	1,985

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	PreTest & PosTest	9	,527	,145

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	PreTest - PosTest	-77,667	10,920	3,640	-86,061	-69,273	-21,337	8	,000

Anexo 8

Registro de ejecución de Planes de Mantenimiento de la empresa Nazareo SAC durante los últimos 24 meses

Meses	Nº de actividades planificadas	Acciones ejecutadas	% de cumplimiento	% Total
sep-21	10	5	0,5	50%
oct-21	10	6	0,6	60%
nov-21	10	5	0,5	50%
dic-21	10	7	0,7	70%
ene-22	10	9	0,9	90%
feb-22	10	4	0,4	40%
mar-22	10	5	0,5	50%
abr-22	10	6	0,6	60%
may-22	10	4	0,4	40%
jun-22	10	4	0,4	40%
jul-22	10	5	0,5	50%
ago-22	10	6	0,6	60%
sep-22	10	3	0,3	30%
oct-22	10	4	0,4	40%
nov-22	10	7	0,7	70%
dic-22	10	7	0,7	70%
ene-23	10	7	0,7	70%
feb-23	10	5	0,5	50%
mar-23	10	3	0,3	30%
abr-23	10	4	0,4	40%
may-23	10	4	0,4	40%
jun-23	10	4	0,4	40%
jul-23	10	5	0,5	50%
ago-23	10	4	0,4	40%

Anexo 9

Registro de solicitudes atendidas con relación a las solicitadas a la empresa Nazareo SAC

Fecha	Minibus_1			Minibus_2			Minibus_3			Minibus_4			Minibus_5			Flota		
	Solicitudes	Atendidas	%	Solicitudes	Atendidas	%	Solicitudes	Atendidas	%	Solicitudes	Atendidas	%	Solicitudes	Atendidas	%	Solicitudes	Atendidas	%
sep-21	19	9	0,47	16	10	0,63	18	10	0,56	23	14	0,61	25	13	0,52	101	56	0,55
oct-21	18	8	0,44	22	11	0,50	20	11	0,55	25	14	0,56	20	12	0,60	105	56	0,53
nov-21	16	8	0,50	25	12	0,48	18	10	0,56	20	11	0,55	25	11	0,44	104	52	0,50
dic-21	18	9	0,50	24	10	0,42	22	12	0,55	24	10	0,42	22	10	0,45	110	51	0,46
ene-22	20	10	0,50	20	11	0,55	25	14	0,56	20	10	0,50	25	12	0,48	110	57	0,52
feb-22	22	10	0,45	25	10	0,40	22	12	0,55	25	11	0,44	18	14	0,78	112	57	0,51
mar-22	25	11	0,44	22	10	0,45	20	10	0,50	18	14	0,78	22	13	0,59	107	58	0,54
abr-22	18	10	0,56	20	15	0,75	25	11	0,44	18	10	0,56	25	12	0,48	106	58	0,55
may-22	20	9	0,45	25	12	0,48	20	12	0,60	24	12	0,50	22	14	0,64	111	59	0,53
jun-22	24	9	0,38	18	9	0,50	24	14	0,58	20	10	0,50	25	17	0,68	111	59	0,53
jul-22	22	10	0,45	20	8	0,40	25	12	0,48	18	12	0,67	24	13	0,54	109	55	0,50
ago-22	20	11	0,55	24	10	0,42	22	10	0,45	22	11	0,50	20	14	0,70	108	56	0,52
sep-22	22	11	0,50	18	11	0,61	22	11	0,50	24	10	0,42	18	12	0,67	104	55	0,53
oct-22	25	12	0,48	20	12	0,60	24	11	0,46	20	12	0,60	25	11	0,44	114	58	0,51
nov-22	24	12	0,50	22	11	0,50	20	12	0,60	24	13	0,54	20	12	0,60	110	60	0,55
dic-22	22	10	0,45	24	10	0,42	18	10	0,56	25	11	0,44	18	14	0,78	107	55	0,51
ene-23	20	11	0,55	25	11	0,44	20	12	0,60	22	14	0,64	24	12	0,50	111	60	0,54
feb-23	24	11	0,46	18	10	0,56	22	14	0,64	24	12	0,50	20	14	0,70	108	61	0,56
mar-23	20	10	0,50	22	12	0,55	24	12	0,50	22	14	0,64	25	12	0,48	113	60	0,53
abr-23	25	10	0,40	24	12	0,50	20	13	0,65	24	13	0,54	20	14	0,70	113	62	0,55
may-23	22	11	0,50	20	10	0,50	25	15	0,60	18	14	0,78	25	12	0,48	110	62	0,56
jun-23	18	11	0,61	25	11	0,44	24	12	0,50	22	11	0,50	20	14	0,70	109	59	0,54
jul-23	24	11	0,46	22	12	0,55	20	14	0,70	25	12	0,48	18	12	0,67	109	61	0,56
ago-23	20	10	0,50	24	13	0,54	22	17	0,77	20	10	0,50	25	12	0,48	111	62	0,56

Anexo 10

Registro de horas programadas de atención y horas reales de atención a los motores Cummins ISF 2.8 durante los últimos 24 meses

Meses	Unidad 1			Unidad 2			Unidad 3			Unidad 4			Unidad 5			Flota		
sep-21	16	12	0,8	20	13	0,7	18	8	0,4	20	12	0,6	15	7	0,5	89	52	0,58
oct-21	18	10	0,6	18	14	0,8	18	7	0,4	20	12	0,6	15	6	0,4	89	49	0,55
nov-21	16	11	0,7	20	14	0,7	20	8	0,4	20	11	0,6	15	7	0,5	91	51	0,56
dic-21	17	10	0,6	20	12	0,6	18	9	0,5	20	12	0,6	15	7	0,5	90	50	0,56
ene-22	12	10	0,8	20	14	0,7	20	8	0,4	20	11	0,6	15	8	0,5	87	51	0,59
feb-22	14	10	0,7	20	14	0,7	20	8	0,4	20	12	0,6	15	8	0,5	89	52	0,58
mar-22	16	11	0,7	22	13	0,6	20	9	0,5	20	11	0,6	15	8	0,5	93	52	0,56
abr-22	18	12	0,7	20	14	0,7	20	10	0,5	20	10	0,5	15	7	0,5	93	53	0,57
may-22	18	12	0,7	20	13	0,7	20	7	0,4	20	10	0,5	15	7	0,5	93	49	0,53
jun-22	20	12	0,6	20	14	0,7	20	7	0,4	20	12	0,6	15	7	0,5	95	52	0,55
jul-22	18	12	0,7	20	13	0,7	20	10	0,5	20	11	0,6	15	8	0,5	93	54	0,58
ago-22	20	10	0,5	20	14	0,7	20	7	0,4	20	12	0,6	15	7	0,5	95	50	0,53
sep-22	22	10	0,5	20	14	0,7	18	10	0,6	20	12	0,6	15	8	0,5	95	54	0,57
oct-22	20	10	0,5	20	14	0,7	18	10	0,6	20	12	0,6	15	7	0,5	93	53	0,57
nov-22	18	11	0,6	20	13	0,7	20	7	0,4	20	12	0,6	15	8	0,5	93	51	0,55
dic-22	20	10	0,5	22	14	0,6	20	10	0,5	20	14	0,7	15	7	0,5	97	55	0,57
ene-23	20	10	0,5	18	14	0,8	20	7	0,4	20	14	0,7	15	7	0,5	93	52	0,56
feb-23	18	10	0,6	20	13	0,7	20	8	0,4	20	10	0,5	15	8	0,5	93	49	0,53
mar-23	18	11	0,6	20	14	0,7	20	7	0,4	20	10	0,5	15	7	0,5	93	49	0,53
abr-23	18	10	0,6	20	12	0,6	20	6	0,3	20	12	0,6	15	7	0,5	93	47	0,51
may-23	18	11	0,6	20	14	0,7	20	6	0,3	20	12	0,6	15	7	0,5	93	50	0,54
jun-23	18	10	0,6	20	14	0,7	20	7	0,4	20	13	0,7	15	7	0,5	93	51	0,55
jul-23	18	10	0,6	20	14	0,7	21	7	0,3	20	12	0,6	15	8	0,5	94	51	0,54
ago-23	18	11	0,6	20	14	0,7	20	6	0,3	20	14	0,7	15	8	0,5	93	53	0,57

Anexo 11

Registro de inconformidades recibidas por la empresa Nazareo SAC en los últimos 24 meses

Meses	Número de inconformidades notificadas	Total de actividades ejecutadas	Porcentaje
sep-21	5	3	0,6
oct-21	4	1	0,3
nov-21	3	1	0,3
dic-21	4	2	0,5
ene-22	3	1	0,3
feb-22	4	1	0,3
mar-22	3	1	0,3
abr-22	3	1	0,3
may-22	4	1	0,3
jun-22	2	2	1,0
jul-22	1	1	1,0
ago-22	3	1	0,3
sep-22	1	1	1,0
oct-22	2	1	0,5
nov-22	4	1	0,3
dic-22	3	1	0,3
ene-23	3	1	0,3
feb-23	4	1	0,3
mar-23	1	1	1,0
abr-23	2	1	0,5
may-23	2	1	0,5
jun-23	2	1	0,5
jul-23	4	1	0,3
ago-23	3	1	0,3

Anexo 12

Prueba de T de Student del Cumplimiento de Planes de Mantenimiento (CPM)

Prueba T

Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
CPM	24	,4875	,12959	,02645

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 0

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CPM	18,429	23	,000	,48750	,4328	,5422

Anexo 12

T de Student Cumplimiento de las Solicitudes de Mantenimiento Correctivo (SMC)

Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
SMC	24	,5308	,02430	,00496

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 0

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
SMC	107,010	23	,000	,53083	,5206	,5411

Anexo 13

Prueba T d Student para Eficiencia de los Planes de mantenimiento (EPM)

Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
EPM	24	,5554	,02021	,00413

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 0

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
EPM	134,623	23	,000	,55542	,5469	,5640

Anexo 14

Prueba T d Student para Garantías de Servicio de Mantenimiento (GSM)

Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
GSM	24	,4683	,26310	,05371

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 0

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
GSM	8,720	23	,000	,46833	,3572	,5794

Anexo 15

Estimación de cantidad de fallas de los motores Cummins ISF 2.8 a partir del diseño del Plan de Mantenimiento

Subsistema / Componente		Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Total
Inyección de combustible	Bomba de inyección	1	1	1	1	1	5
	Inyector	1	1	1	1	1	5
	Cámara de combustión	1	1	1	1	1	5
	Tanque de combustible	1	1	1	1	1	5
	Bomba de cebado	1	1	1	1	1	5
	Filtro de combustible	1	1	1	1	1	5
	Gobernador	1	1	1	1	1	5
Tren alternativo	Pistón-biela-cigüeñal.	1	1	1	1	1	5
	Bulón	1	1	1	1	1	5
	Anillos del pistón	1	1	1	1	1	5
	Cojinetes del cigüeñal	1	1	1	1	1	5
	Volante	1	1	1	1	1	5
Turbocompresor	---	1	1	1	1	1	5
Intercooler	---	1	1	1	1	1	5
Lubricación	Carter	1	1	1	1	1	5
	Filtros	1	1	1	1	1	5
	Bomba de aceite	1	1	1	1	1	5
	Válvula de regulación de presión	1	1	1	1	1	5
Refrigeración	Bomba de agua	1	1	1	1	1	5
	Radiador	1	1	1	1	1	5
	Ventilador	1	1	1	1	1	5
	Termostato	1	1	1	1	1	5
	Enfriador de aceite	1	1	1	1	1	5
Distribución	Válvulas de Bypass hacia el motor y de recirculación	1	1	1	1	1	5
	Válvulas de admisión y escape	1	1	1	1	1	5
	Resortes, balancines y árbol de levas.	1	1	1	1	1	5
Total		26	26	26	26	26	130

Anexo 16

Horas de atención estimadas de las posibles fallas a partir del Plan de Mantenimiento

Subsistema / Componente		Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Total
Inyección de combustible	Bomba de inyección	12	12	12	12	12	90
	Inyector	8	8	6	6	6	48
	Cámara de combustión	24	18	18	18	18	144
	Tanque de combustible	9	9	9	9	9	68
	Bomba de cebado	8	8	8	8	8	56
	Filtro de combustible	5	5	5	5	5	34
	Gobernador	15	15	15	15	15	113
Tren alternativo	Pistón-biela-cigüeñal.	27	27	27	27	27	203
	Bulón	6	6	6	6	6	45
	Anillos del pistón	12	12	12	12	12	90
	Cojinetes del cigüeñal	21	21	21	21	21	158
	Volante	12	12	12	12	12	90
Turbocompresor	---	21	21	21	21	21	158
Intercooler	---	11	11	11	11	11	79
Lubricación	Carter	12	12	12	12	12	90
	Filtros	6	6	6	6	6	45
	Bomba de aceite	15	15	15	15	15	113
	Válvula de regulación de presión	9	9	9	9	9	68
Refrigeración	Bomba de agua	12	12	12	12	12	90
	Radiador	14	14	14	14	14	101
	Ventilador	6	6	6	6	6	45
	Termostato	5	5	5	5	5	34
	Enfriador de aceite	11	11	11	11	11	79
Distribución	Válvulas de Bypass hacia el motor y de recirculación	8	8	8	8	8	56
	Válvulas de admisión y escape	15	15	15	15	15	113
	Resortes, balancines y árbol de levas.	15	15	15	15	15	113
Total		315	309	307,125	307,125	307,125	2318

Anexo 17

Estimación del mantenimiento correctivo y preventivo del motor Cummins ISF 2.8 las 5 unidades por 24 meses

Nº de Unidad	Tiempo en mantenimiento preventivo	Tiempo en mantenimiento correctivo	Total de horas
Unidad 1	252	63	315,00
Unidad 2	247,2	61,8	309,00
Unidad 3	245,7	61,425	307,13
Unidad 4	245,7	61,425	307,13
Unidad 5	245,7	61,425	307,13
Total	1236,3	309,075	1545,375

Anexo 18

Tiempo de operación estimado para las unidades

Nº	Unidad vehicular evaluada	Tiempo de operación	Tiempo fuera de servicio	Tiempo total	Cantidad de fallas registradas en el motor
		Horas	Horas	Horas	Unidad
1	Unidad 1	9074	315	9389	26
2	Unidad 2	8975	309	9284	26
3	Unidad 3	8895	307	9202	26
4	Unidad 4	8958	307	9265	26
5	Unidad 5	9138	307	9445	26

Anexo 19

Número de fallas por componente de los subsistemas del sistema de los motores diésel Cummins ISF 2.8 de la empresa Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses

Subsistema / Componente		Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Total
Inyección de combustible	Bomba de inyección	5	5	4	5	6	25
	Inyector	6	4	6	6	7	29
	Cámara de combustión	4	4	4	5	4	21
	Tanque de combustible	5	5	6	5	5	26
	Bomba de cebado	3	3	3	4	3	16
	Filtro de combustible	8	9	8	9	7	41
	Gobernador	3	4	3	4	4	18
Tren alternativo	Pistón-biela-cigüeñal.	5	5	6	5	7	28
	Bulón	6	7	8	4	8	33
	Anillos del pistón	8	3	7	6	6	30
	Cojinetes del cigüeñal	7	8	7	6	7	35
	Volante	5	5	6	7	5	28
Turbocompresor	---	5	6	5	6	6	28
Intercooler	---	7	8	8	7	7	37
Lubricación	Carter	4	5	4	3	4	20
	Filtros	5	9	5	5	7	31
	Bomba de aceite	7	8	7	5	6	33
	Válvula de regulación de presión	8	7	6	7	5	33

Refrigeración	Bomba de agua	8	8	7	9	9	41
	Radiador	5	5	4	4	4	22
	Ventilador	7	6	5	7	7	32
	Termostato	4	4	5	3	5	21
	Enfriador de aceite	6	7	7	6	7	33
Distribución	Válvulas de Bypass hacia el motor y de recirculación	6	6	7	8	9	36
	Válvulas de admisión y escape	4	3	5	4	7	23
	Resortes, balancines y árbol de levas.	4	5	4	4	4	21
Total		145	149	147	144	156	741

Fuente: elaboración propia

ANEXO 20

Cantidad de horas por mantenimiento de fallas de los motores diésel Cummins ISF 2.8 de la empresa de transportes Nazareo S.A.C en las 5 unidades por 24 meses

Subsistema / Componente	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Total	
Inyección de combustible	Bomba de inyección	60	60	48	60	72	450
	Inyector	45	30	34	34	39	273
	Cámara de combustión	96	72	72	90	72	603
	Tanque de combustible	45	45	54	45	45	351
	Bomba de cebado	23	23	23	30	23	180
	Filtro de combustible	36	41	36	41	32	277
	Gobernador	45	60	45	60	60	405
Tren alternativo	Pistón-biela-cigüeñal.	135	135	162	135	189	1134
	Bulón	36	42	48	24	48	297
	Anillos del pistón	96	36	84	72	72	540
	Cojinetes del cigüeñal	147	168	147	126	147	1103
	Volante	60	60	72	84	60	504
Turbocompresor	---	105	126	105	126	126	882
Intercooler	---	74	84	84	74	74	583
Lubricación	Carter	48	60	48	36	48	360
	Filtros	30	54	30	30	42	279
	Bomba de aceite	105	120	105	75	90	743
	Válvula de regulación de presión	72	63	54	63	45	446

Refrigeración	Bomba de agua	96	96	84	108	108	738
	Radiador	68	68	54	54	54	446
	Ventilador	42	36	30	42	42	288
	Termostato	18	18	23	14	23	142
	Enfriador de aceite	63	74	74	63	74	520
Distribución	Válvulas de Bypass hacia el motor y de recirculación	45	45	53	60	68	405
	Válvulas de admisión y escape	60	45	75	60	105	518
	Resortes, balancines y árbol de levas.	60	75	60	60	60	473
Total		1708,5	1734	1701,75	1664,25	1815,375	12936

Fuente: elaboración propia

ANEXO 21

Mantenimiento correctivo y preventivo de los motores Cummins ISF 2.8 de la flota de la empresa de transportes Nazareo S.A.C. por 24 meses

Nº de Unidad	Tiempo en mantenimiento preventivo	Tiempo en mantenimiento correctivo	Total de horas
Unidad 1	256,275	1452,225	1708,50
Unidad 2	329,46	1404,54	1734,00
Unidad 3	170,175	1531,575	1701,75
Unidad 4	282,9225	1381,3275	1664,25
Unidad 5	163,38375	1651,99125	1815,38
Total	1202,21625	7421,65875	8623,875

Fuente: elaboración propia

Anexo 22

Tiempo de mantenimiento de los motores diésel Cummins ISF 2.8 de la empresa de transportes Nazareo S.A.C durante los últimos 24 meses

N°	Unidad vehicular evaluada	Tiempo de operación	Tiempo fuera de servicio	Tiempo total	Cantidad de fallas registradas en el motor
		Horas	Horas	Horas	Unidades
1	Unidad 1	7680	1709	9388,5	145
2	Unidad 2	7550	1734	9284	149
3	Unidad 3	7500	1702	9201,75	147
4	Unidad 4	7601	1664	9265,25	144
5	Unidad 5	7630	1815	9445,375	156

Fuente: elaboración propia

ANEXO 23

Documentos de gestión

9.1. Plan anual de mantenimiento:

Cummins ISF 2,8		APLICAR CADA: 40 000 KM				
MCISF-AD-02-05						
ITEM	MANO DE OBRA	REPUESTOS	MARCA	CANT.	U. MEDIDA	COSTO
1	Lavado de la unidad					
2	Cambiar aceite del motor	Aceite motor 200W/50º		1,25	Gal	
3	Cambiar filtro de aceite	Filtro para aceite		1,00	Pza	
4	Cambiar filtro de gasolina	Filtro de gasolina		1,00	Pza	
5	Sincronizar motor					
6	Revisar empaque de tapa de balancines					
7	Calibrar valvulas					
8	Cambiar refrigerante	Aditivo anticorrosivo - anticoagulante			Unidad	
9	Revisar fajas del ventilador					
10	Revisar, limpiar y regular carburador					
11	Revisar filtro de aire	Filtro de aire		1	Unidad	
12	Revisar freno de parqueo					
13	Revisar sistema de escape					
14	Limpiar tanque de combustible					
15	Revisar pre-depurador de aire centrifugo					
16	Revisar nivel de batería					
17	Cambiar bujías	Bujías		4	Pza	
18	Engrase general					
19	Revisar accesorios eléctricos					
20	Mantenimiento del alternador	Acc. Alternador, rodajes, carbones, contac		1	Jgo	
21	Mantenimiento del arrancador	Acc. Alternador, rodajes y carbones		1	Jgo	
22	Cambiar aceite de la caja de cambios	Aceite para caja 90		1,5	Gal	
23	Revisar nivel de líquido de embrague					
24	Cambiar líquido de embrague					
		Varios				
	SUB-TOTAL					SUBTOTAL
		TOTAL GENERAL				

9.2. Modelo de programa de actividades de mantenimiento (MCISF-ad-03)

9.2.1. Codificación de los motores de la flota (MCISF-AD-05)

ÁREA DE MANTENIMIENTO			
TÍTULO:	CÓDIGO:	VERSION:	PÁGINAS:
CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	(MCISF-AD-04)	1	2

VIII. Objetivo

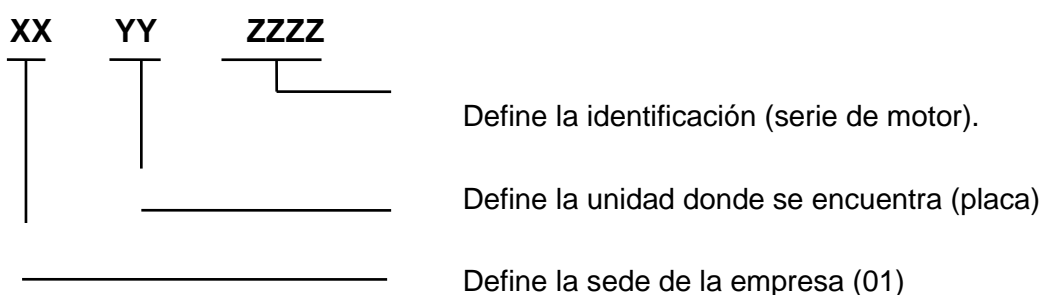
El objetivo principal es aplicar este código para mejorar el sistema identificativo de los activos fijos del área para conocer los equipos de la flota que serán sometidos a controles de mantenimiento y de esta manera evitar confusiones por igualdad de nombres.

IX. Codificación de equipos

El sistema de Posicionamiento Técnico, es el sistema de codificación en uso en la empresa para identificación de los equipos de la flota.

9.1. Estructura de codificación

El código que identifica a una posición técnica está constituido por 08 dígitos, ordenados de manera secuencial e indican lo siguiente:



9.2. Descripción de campos

9.2.1. Variable Localización

Es un campo alfabético de 2 caracteres, determinan el área de localización que identifica una unidad de negocio donde se encuentra el servicio activo.

XX
└──

Campo Alfabético indica la localización del activo

En este caso:

01
└──
──

Controlador Localización: sede de la empresa

9.2.2. Variable de Función

Es un campo alfabético de seis caracteres, indican donde se encuentra instalado el motor.

YYYYYY
└──

──────── Campo Alfabético indica la función del activo

Clasificación de la variable función:

Variable Función	Tipo de Equipo
Placa del vehículo	Minibús

9.2.3. Variable Particularización:

Es un campo de caracteres que identifican a cada equipo en particular y está relacionado con la placa de cada unidad.

ZZZZ
└──

Campo Alfabético indica la identificación del motor

Entonces para ilustrar el uso de las codificaciones usaremos el siguiente ejemplo:

Se trataría de asignarle un número de posición técnica al activo conocido

como minibús, se tendría:

01 - Nº DE PLACA - SERIE DE MOTOR

Donde:

01 nos indica que el activo pertenece a la sede de la empresa

Nº de placa, indica que el motor pertenece a esta unidad

Serie de motor, indica la identificación del fabricante

XI. Registros de calidad

11.1. Formato de inspección rutinaria de mantenimiento (MCISF-RU-01)

UNIDAD DE TRANSPORTES ÁREA DE MANTENIMIENTO EMPRESA DE TRANSPORTES NAZAREO S.A.C

INSPECCIÓN RUTINARIA DE MANTENIMIENTO		FORMATO (MCISF-RU-01)	VERSI ÓN: 1	Nº
Está bajo responsabilidad de cada usuario la veracidad de las respuestas en el presente formato				
FECHA:	EQUIPO 1:	USUARIO:		HORA INICIO INSPECCIÓN
KILOMETRAJE	EQUIPO 2:	SUPERVISOR:		VºBº
1. SISTEMA DEL MOTOR		SI	NO	Observación
1.1. Batería en buen estado				
1.2. Medir nivel de aceite				
1.3. Indicadores del tablero sin alerta				
1.4. Revisar filtros de aire y de aceite				

Observaciones adicionales

11.2. Formato de registro especial de mantenimiento de equipos (MCISF-ES-01)

UNIDAD DE TRANSPORTES EMPRESA DE TRANSPORTES ÁREA DE MANTENIMIENTO EMPRESA DE TRANSPORTES NAZAREO SAC									
INSPECCIÓN ESPECIAL DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS							FORMATO: MCISF-ES-01	VERSIÓN 1	Nº
FECHA:	EQUIPO	FRECUENCIA			KILOMETRAJE		CONCESIONARIO		
EMISIONES DE GASES	Temperatura de aceite °C		CO RALENTI (%)		CO ACELERADO (%)			Sonómetro (dB)	Resultado
	RPM		CO + CO2 RALENTI (%)		CO + CO2 ACELERADO (5)				
	Opacidad		HC RALENTI (ppm)		HC ACELERADO (ppm)				
Defectos encontrados:					Recomendaciones				
					Tiempo aproximado de mantenimiento				

11.3. Formato de solicitud de servicio (MCISF-FS-01)

UNIDAD DE TRANSPORTES ÁREA DE MANTENIMIENTO			
SOLICITUD DE SERVICIOS	FORMATO (MCISF-FS-01)	VERSIÓN: 1	Nº
Esta bajo responsabilidad de cada usuario la veracidad del requerimiento a su equipo			
FECHA:	EQUIPO 1:	USUARIO:	KILOMETRAJE
1. Detalle las fallas y/o anomalías que presenta el equipo			
1.1			
1.2			
1.3			
1.4			
1.5			
1.6			
1.7			
1.8			
Para ser llenado por el responsable del Área de Mantenimiento:			
Fecha de programación			
Tipo de Mantenimiento			
Asignación:			
VºBº			

11.4. Formato de orden de servicio (MCISF-FS-02)

UNIDAD DE TRANSPORTES ÁREA DE MANTENIMIENTO EMPRESA DE TRANSPORTES NAZAREO SAC

Nº SS	EQUIPO:	TIPO DE MANTENIMIENTO	FECHA:	COD. PROVEEDOR
KILOMETRAJE ÚLTIMO MANTENIMIENTO		KILOMETRAJE ACTUAL:		HORAS DE OPERACIÓN
ITEM	Actividades		Tiempo	Costo Unitario
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Item	Repuesto		Cantida d	Costo Unitario
1				
2				
3				
4				
5				
6				
VºBº Supervisor de Mantenimiento				

11.5. Formato de conformidad de usuario (MCISF-FS-03).

UNIDAD DE TRANSPORTES ÁREA DE MANTENIMIENTO EMPRESA DE TRANSPORTES NAZAREO SAC			
CONFORMIDAD DEL USUARIO	FORMATO (MCISF-FS-03)	VERSIÓN: 1	Nº
Esta bajo responsabilidad de cada usuario la veracidad de la conformidad del equipo			
EQUIPO	USUARIO:	COD. PROVEEDOR	FECHA:
Item	Observaciones		
Nº SS		Nº OS	VºBº
Horas totales de mantenimiento			
CONFORMIDAD	SI		Observaciones
	NO		

11.6. Formato de orden de trabajo (MCISF-FS-04)

UNIDAD DE TRANSPORTES ÁREA DE MANTENIMIENTO EMPRESA DE TRANSPORTES NAZAREO SAC						
ORDEN DE TRABAJO			FORMATO (MCISF-FS-04)		VERSIÓN 1	Nº
Nº OS		Nº CU	Equipo:		Fecha:	Cod. Proveedor
Item	COD	Actividades	TM	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Sub-total						
Item	COD	Materiales	UM	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Sub-total						
VºBº Supervisor de Mantenimiento				Periodo de Garantía		

TM : Tipo de Mantenimiento (1-correctivo, 2-Preventivo)	Materiales: Repuesto, Accesorio
UM: Unidad de Medida	Periodo de
Garantía: Responsabilizado por el Proveedor	

11.7. Formato de orden de garantía (MCISF-FS-05).

UNIDAD DE TRANSPORTES AREA DE MANTENIMIENTO EMPRESA DE TRANSPORTES NAZAREO SAC				
ORDEN DE GARANTÍA		FORMATO (MCISF-FS-05)	VERSIÓN: 1	Nº
Ítem	Detalle del Reclamo			
Equipo	Nº OS	Nº OT	Cód. Proveedor	Nº de Liquidación
Horas totales de mantenimiento			Fecha	
Horas Nuevo Mantenimiento			Kilometraje	
Costo de Operaciones			Observaciones:	

ANEXO 24

Implementación de disparadores online para la toma de decisiones efectivas en el mantenimiento preventivo

Un plan de mantenimiento innovador no solo se centra en reparaciones reactivas, sino que también utiliza tecnología avanzada y métodos predictivos para maximizar la eficiencia, reducir costos y mejorar la vida útil del motor y se entra en las siguientes fases:

Inspección Regular:

Análisis Predictivo: Utiliza sensores y tecnología de monitoreo remoto para recolectar datos en tiempo real sobre el rendimiento del motor. Esto permite identificar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas mayores.

Inspección Visual Avanzada: Emplea cámaras o dispositivos de inspección visual con inteligencia artificial para verificar áreas difíciles de alcanzar y detectar desgastes, fugas o anomalías.

Mantenimiento Preventivo:

Cambio de Aceite Inteligente: Implementa sensores de calidad de aceite que monitorean su estado. Emplea algoritmos para determinar cuándo es realmente necesario cambiar el aceite en lugar de seguir un programa de mantenimiento estándar basado en el kilometraje.

Mantenimiento Correctivo:

Reacondicionamiento Inteligente: Usa algoritmos de aprendizaje automático para determinar la viabilidad del reacondicionamiento de ciertas piezas en lugar de reemplazarlas por completo, reduciendo costos y residuos.

Capacitación y Actualización:

Programas de Entrenamiento en Tecnología Avanzada: Proporciona capacitación a los técnicos para comprender y utilizar herramientas de diagnóstico avanzadas y nuevas tecnologías de mantenimiento.

Actualización de Software Remota: Permite actualizar el software del motor de forma remota para mejorar la eficiencia y la compatibilidad con las últimas innovaciones tecnológicas.

Seguimiento y Análisis:

Registro y Análisis de Datos: Utiliza sistemas de gestión de datos para registrar todas las actividades de mantenimiento y analizar patrones para optimizar aún más el plan de mantenimiento.

Retroalimentación del Conductor: Integra sistemas de retroalimentación del conductor para identificar problemas que puedan no ser evidentes a través de la tecnología, como vibraciones inusuales o ruidos extraños.

La implementación exitosa de un sistema de análisis predictivo con monitoreo remoto requiere una combinación de hardware avanzado, software especializado y un enfoque iterativo para optimizar la eficacia a lo largo del tiempo. Además, trabajar con profesionales especializados en análisis de datos y tecnologías IoT puede ser fundamental para obtener resultados.

Las aplicaciones de IoT en los motores sería una propuesta de instalación en forma integrada de sensores en el motor para monitorear el rendimiento en tiempo real, la conectividad con sistemas de gestión de flotas para obtener datos sobre la ubicación y el estado del vehículo, o incluso la implementación de sistemas de entretenimiento a bordo controlados por dispositivos conectados.

Implementar un análisis predictivo de monitoreo remoto es un proceso complejo, pero con una planificación cuidadosa y la selección adecuada de tecnologías, puede mejorar significativamente la eficiencia del mantenimiento del motor y prolongar su vida útil.

Paso 1: Definir objetivos y variables clave

Objetivos del Análisis Predictivo:

Identificar problemas antes de que afecten el rendimiento.

Optimizar la eficiencia operativa del motor.

Minimizar el tiempo de inactividad no planificado.

VARIABLES CLAVE A MONITOREAR:

Temperatura del motor.

Presión del aceite.

Consumo de combustible.

Niveles de vibración.

RPM (revoluciones por minuto).

Paso 2: Selección de sensores y dispositivos

Sensores Integrados:

Instalar sensores de calidad industrial en puntos críticos del motor.

Sensores de temperatura, presión, acelerómetros para vibración, sensores de flujo, etc.

Dispositivos de monitoreo integrado:

Seleccionar dispositivos de monitoreo conectados a Internet.

Asegurar compatibilidad y capacidad para transmitir datos de manera segura.

Además de estos sensores individuales, un sistema de monitoreo integrado puede recolectar datos de múltiples sensores simultáneamente, proporcionando una visión más completa del estado del motor y permitiendo una evaluación más holística de su rendimiento y condiciones de operación.

La combinación de estos sensores avanzados puede proporcionar datos detallados y precisos sobre el funcionamiento del motor, permitiendo un análisis más completo para mejorar los planes de mantenimiento y prevenir posibles fallas o problemas.

Paso 3: Integración de datos:

Datos de mantenimiento históricos:

Reúne datos detallados sobre los mantenimientos previos del motor, incluyendo reparaciones, cambios de piezas y servicios realizados.

Integración de datos:

Combina los datos provenientes de los sensores avanzados con los datos históricos de mantenimiento para crear un conjunto de datos completo.

Limpieza y normalización:

Lleva a cabo la limpieza de datos para eliminar valores atípicos, corregir errores y normalizar los datos para un análisis coherente

Paso 4: Infraestructura de Comunicación y Almacenamiento

Red de Comunicación:

Establecer una conexión segura y confiable para la transmisión de datos (puede ser a través de redes celulares, Wi-Fi, u otras tecnologías).

Almacenamiento de datos:

Utilizar servicios en la nube o servidores locales para almacenar datos.

Garantizar seguridad y cumplimiento normativo.

Paso 5: Desarrollo de software y plataforma

Desarrollo de la Plataforma:

Crear una interfaz de usuario intuitiva para acceder a los datos.

Implementar un sistema de gestión de datos para organizar y procesar la información.

Algoritmos de Análisis Predictivo:

Desarrollar o integrar algoritmos de análisis predictivo.

Utilizar técnicas de machine learning para mejorar la precisión con el tiempo.

Paso 6: integración con tecnologías emergentes

Integración de IA y Machine Learning:

Implementar capacidades de aprendizaje automático para mejorar la capacidad predictiva del sistema.

Blockchain (si es necesario):

Asegurar la integridad y seguridad de los datos mediante tecnologías de blockchain.

Paso 7: Implementación piloto y pruebas

Implementación Gradual:

Iniciar pruebas piloto en un pequeño subconjunto de vehículos.

Evaluar la efectividad y realizar ajustes según sea necesario.

Paso 8: Entrenamiento y Concienciación

Capacitación del Personal:

Proporcionar capacitación a técnicos y operadores sobre el uso de la plataforma y la interpretación de los datos.

Paso 9: Monitorización Continua y Mejora

Seguimiento y Análisis Constante:

Monitorear continuamente el rendimiento del motor y los resultados del análisis predictivo.

Recopilar feedback y realizar mejoras según sea necesario.

Paso 10: Escalabilidad y Expansión

Escalabilidad del Sistema:

Asegurarse de que la plataforma sea escalable para manejar un crecimiento futuro en la flota de vehículos.

Expansión a Otras Áreas:

Considerar la posibilidad de expandir la aplicación de la tecnología a otras áreas de mantenimiento o vehículos.

Paso 11: Cumplimiento Normativo y Seguridad

Seguridad de Datos:

Implementar medidas de seguridad robustas para proteger la privacidad y confidencialidad de los datos del motor.

Cumplimiento Normativo:

Asegurarse de cumplir con las regulaciones locales y sectoriales relacionadas con el monitoreo de vehículos y datos.

Anexo 25

Autorización de uso de información de la empresa

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo Santos Casas Jara
(Nombre del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)

identificado con DNI en mi calidad de
Gerente General
(Nombre del puesto del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)

del área de Mantenimiento
(Nombre del área de la empresa)

de la empresa Nazareo SAS
(Nombre de la empresa)

con R.U.C N° ubicada en la ciudad de Trujillo

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor(a, ita,) ATalaya Salazar Rubén Arnaldo
(Nombre completo del o los estudiantes)

Identificado(s) con DNI N° 41242780, de la Carrera profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, para que utilice la siguiente información de la empresa:


Solo mencionar el nombre de la empresa Nazareo SAS
(Detallar la información a entregar)

con la finalidad de que pueda desarrollar su Informe estadístico, Trabajo de Investigación, Tesis para optar el Título Profesional.

Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o
 Mencionar el nombre de la empresa.

 Santos Casas Jara
Firma y sello del Representante Legal
DNI: 17949293

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

Rubén Atalaya S
Firma del Estudiante
DNI: 41242780

}

ANEXO 26

Constancia de autorización de publicación de información

Trujillo, 23 de setiembre del 2023

Señor (a):
APELLIDOS Y NOMBRES: ATALAYA SALAZAR RUBÉN ARNALDO
CARGO: MANTENIMIENTO
NOMBRE DE LA EMPRESA: NAZAREO SAC.
Presente.-

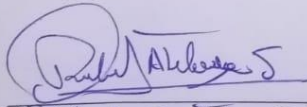
Es grato dirigirme a usted para saludarlo, y a la vez manifestarle que dentro de mi formación académica en la experiencia curricular de investigación del ciclo, se contempla la realización de una investigación con fines netamente académicos /de obtención de mi título profesional al finalizar mi carrera.

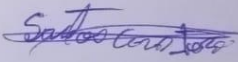
En tal sentido, considerando la relevancia de su organización, solicito su colaboración, para que pueda realizar mi investigación en su representada y obtener la información necesaria para poder desarrollar la investigación titulada:
"Diseño de un sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad por el análisis de aceite en los motores Cummins para ómnibus y disponibilidad en la empresa de Transportes Nazareo SAC".
En dicha investigación me comprometo a mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, salvo que se crea a bien su socialización.

Se adjunta la carta de autorización de uso de información y publicación, en caso que se considere la aceptación de esta solicitud para ser llenada por el representante de la empresa.

Agradeciéndole anticipadamente por vuestro apoyo en favor de mi formación profesional, hago propicia la oportunidad para expresar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,


Rubén Arnaldo Atalaya Salazar
Nombre de estudiante y firma
DNI N° 41242780


17949293
-- JARA 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

Santos Casas Jara
PROPIETARIA - GERENTE