



Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica - Eléctrica y
Mecatrónica

Optimización de la gestión del mantenimiento de neumáticos para mejorar la
disponibilidad de una flota de vehículos livianos y semi pesados aplicando la
metodología de mantenimiento TPM

Tesis presentada por:

Pareja Velarde, Joel Franshua

ORCID: 0009-0005-2934-2172

para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

Asesor (a):

Mg. Carpio Rivera, Marco Antonio

ORCID: 0000-0003-4730-0230

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 27 de Marzo del 2026

Dictamen: 012239-C-EPIMMEM-2026

Visto el borrador del expediente 012239, presentado por:

2015101501 - PAREJA VELARDE JOEL FRANSHUA

Titulado:

**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LA
DISPONIBILIDAD DE UNA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS Y SEMI PESADOS APLICANDO LA
METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO TPM**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**29479140 - VALENCIA SALAS MARIO JOSE
DICTAMINADOR**



**06426119 - ALVAREZ FLOREZ DARWIN REYNALDO
DICTAMINADOR**



**46292714 - SILES NATES FERNANDO DAVID
DICTAMINADOR**



OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE NEUMÁTICOS PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE UNA FLOTA DE VEHÍCULOS LIVIANOS Y SEMI PESADOS APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO TPM

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

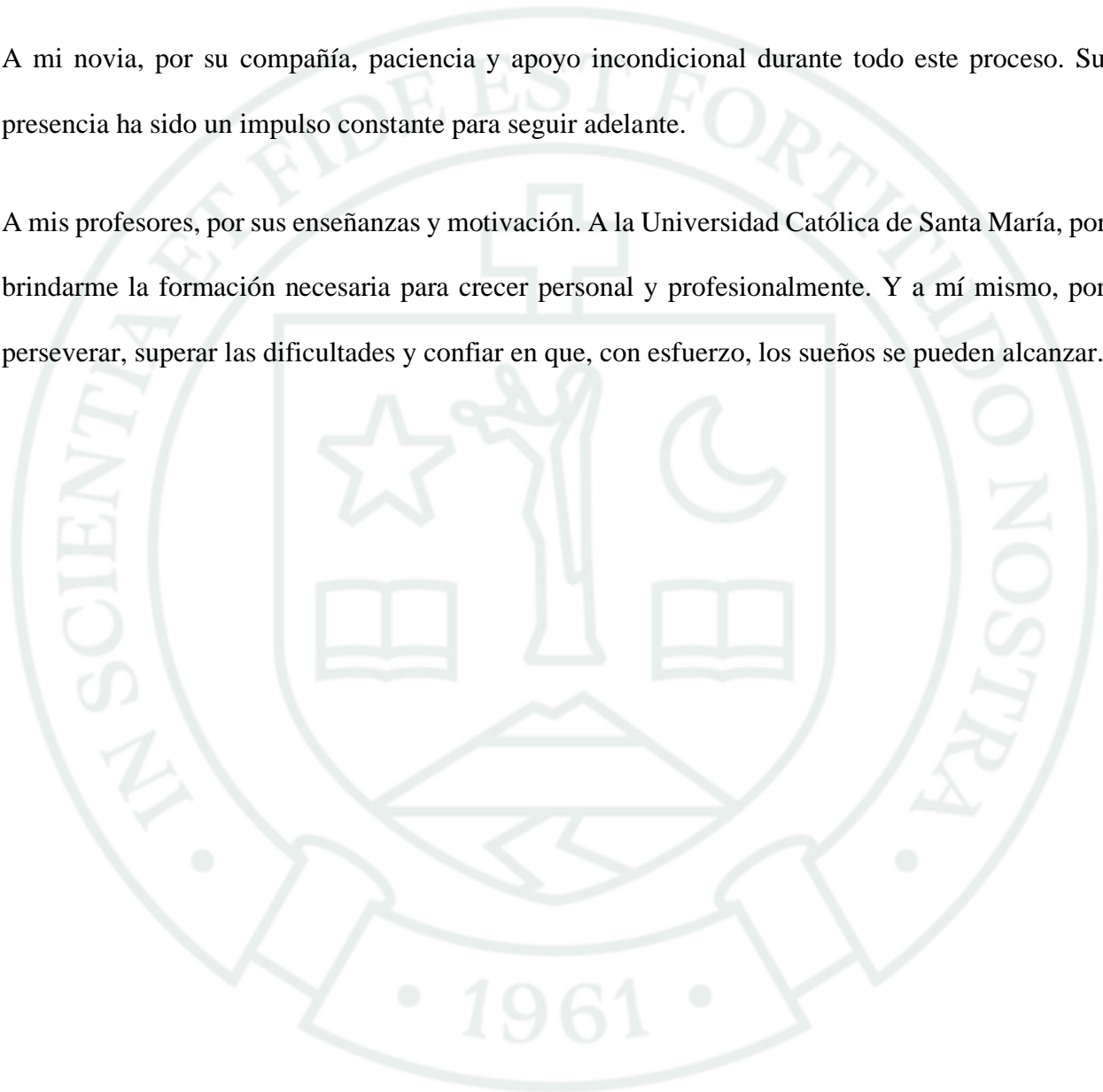
1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	kaizen.com Fuente de Internet	1%
3	www.mantenimientopetroquimica.com Fuente de Internet	1%
4	www.otr.bridgestone.com.pe Fuente de Internet	1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	1%
7	vsip.info Fuente de Internet	1%
8	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, por darme fortaleza y guiarme en cada paso. A mis padres y a mi hermano, por su amor, apoyo y ejemplo constante, que han sido fundamentales en este logro.

A mi novia, por su compañía, paciencia y apoyo incondicional durante todo este proceso. Su presencia ha sido un impulso constante para seguir adelante.

A mis profesores, por sus enseñanzas y motivación. A la Universidad Católica de Santa María, por brindarme la formación necesaria para crecer personal y profesionalmente. Y a mí mismo, por perseverar, superar las dificultades y confiar en que, con esfuerzo, los sueños se pueden alcanzar.



Agradecimientos

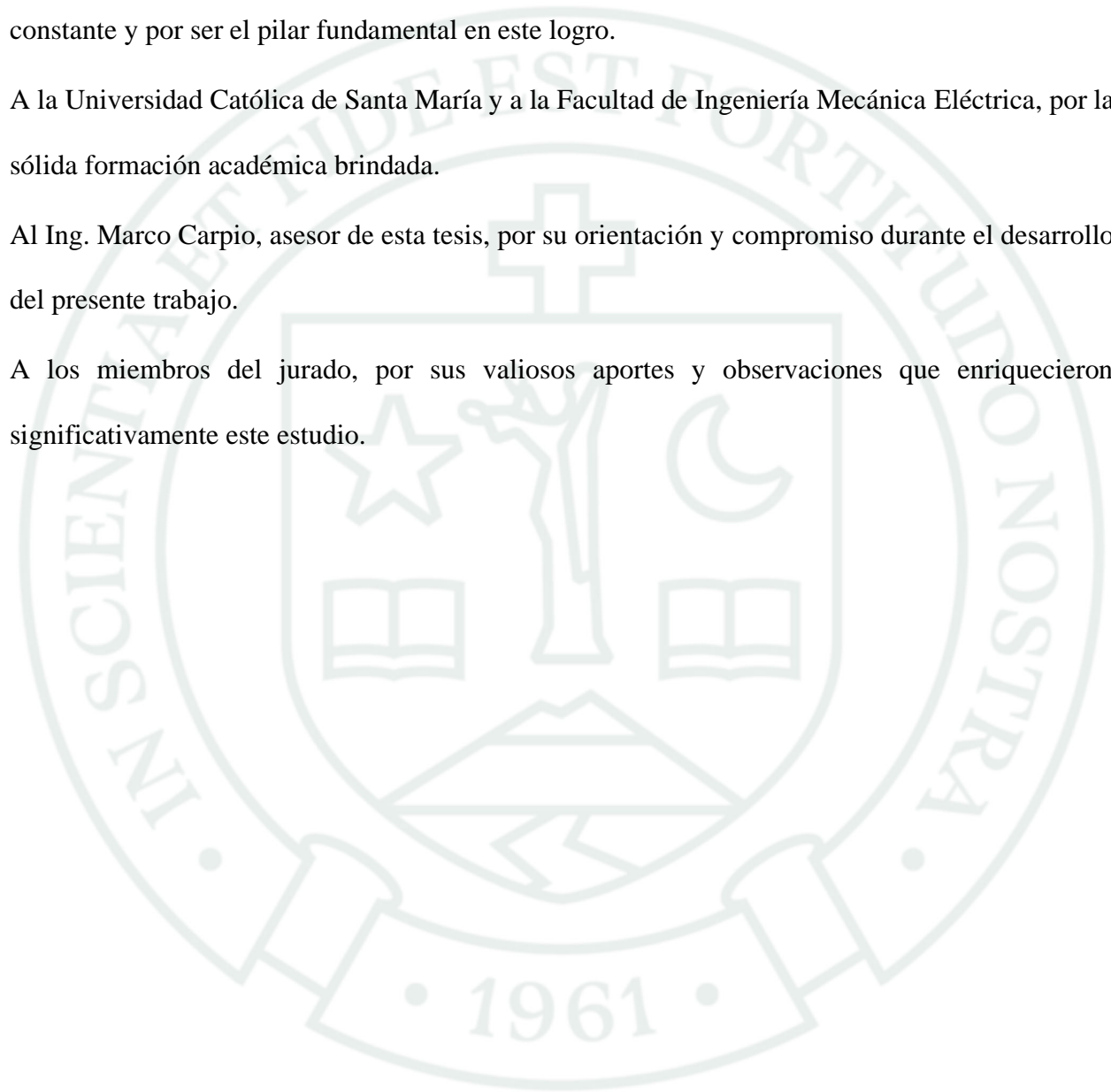
Agradezco a Dios por concederme la fortaleza y claridad necesarias para culminar esta etapa.

A mi familia, en especial a mis padres y a mi hermano, por su apoyo incondicional, su amor constante y por ser el pilar fundamental en este logro.

A la Universidad Católica de Santa María y a la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por la sólida formación académica brindada.

Al Ing. Marco Carpio, asesor de esta tesis, por su orientación y compromiso durante el desarrollo del presente trabajo.

A los miembros del jurado, por sus valiosos aportes y observaciones que enriquecieron significativamente este estudio.



RESUMEN

En las operaciones mineras actuales, el mantenimiento cumple un papel fundamental para mantener una producción adecuada, buscando técnicas que maximicen la eficiencia de los planes y su ejecución con el objetivo de alcanzar métricas de clase mundial. Este trabajo aplica la metodología TPM como solución a la baja disponibilidad de los equipos auxiliares en una minera del sur del Perú.

La empresa enfrenta una problemática relevante debido a deficiencias en la operación, gestión y ejecución del mantenimiento, lo que refleja un conocimiento limitado de buenas prácticas y estándares, dificultando el cumplimiento de metas y generando paradas intempestivas que comprometen la seguridad y producción.

La investigación inicia con un análisis de la situación actual, permitiendo conocer la clasificación, los planes y procedimientos de mantenimiento de los equipos, así como sus condiciones de operación. Esto permitió identificar las fallas más representativas, sus causas y consecuencias.

Se determinó que la mayoría de las fallas funcionales se concentran en los neumáticos, componentes clave para la seguridad, eficiencia y disponibilidad. Pese a su importancia, no existe un plan de mantenimiento adecuado. Con base en el análisis, se diseñó un plan enfocado en la gestión de neumáticos, incorporando inspecciones diarias y formatos de recolección de datos para programar paros y evitar fallas, aplicando la metodología TPM alineada a la norma ISO 55000.

La implementación de TPM incrementó la vida útil de los neumáticos y la disponibilidad de la flota, generando un ahorro aproximado de \$36,000. El monitoreo permitió anticipar desviaciones críticas, reduciendo riesgos y mejorando la continuidad operativa.

Palabras Clave: Mantenimiento productivo total, Neumáticos, Producción.

ABSTRACT

In current mining operations, maintenance plays a fundamental role in maintaining adequate production, seeking techniques that maximize the efficiency of plans and their execution with the goal of achieving world-class metrics. This study applies the TPM methodology as a solution to the low availability of auxiliary equipment at a mining company in southern Peru.

The company faces a significant problem due to deficiencies in the operation, management, and execution of maintenance, reflecting a limited knowledge of good practices and standards, hindering the achievement of goals and generating untimely shutdowns that compromise safety and production.

The research begins with an analysis of the current situation, providing insight into the classification, maintenance plans and procedures of the equipment, as well as its operating conditions. This allowed for the identification of the most representative failures, their causes, and consequences.

It was determined that most functional failures are concentrated in tires, key components for safety, efficiency, and availability. Despite their importance, there is no adequate maintenance plan. Based on the analysis, a plan focused on tire management was designed, incorporating daily inspections and data collection forms to schedule shutdowns and prevent failures, applying the TPM methodology aligned with the ISO 55000 standard.

The implementation of TPM increased tire lifespan and fleet availability, generating savings of approximately \$36,000. Monitoring made it possible to anticipate critical deviations, reducing risks and improving operational continuity.

Keywords: Total Productive Maintenance, Tires, Production.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1 Descripción del problema 3

1.2 Formulación del problema 5

1.3 Área de conocimiento al que pertenece 6

1.4 Interrogantes del problema 6

1.5 Justificación del problema 7

1.5.1 Justificación económica 7

1.5.2 Justificación técnica 7

1.5.3 Justificación Social 7

1.6 Objetivos 7

1.6.1 Objetivo general 7

1.6.2 Objetivos específicos 8

1.6.3 Hipótesis general 8

1.6.4 Análisis de variables 9

1.7 Campo de verificación 12

1.7.1 Ubicación espacial 12

1.7.2 Ubicación temporal 12

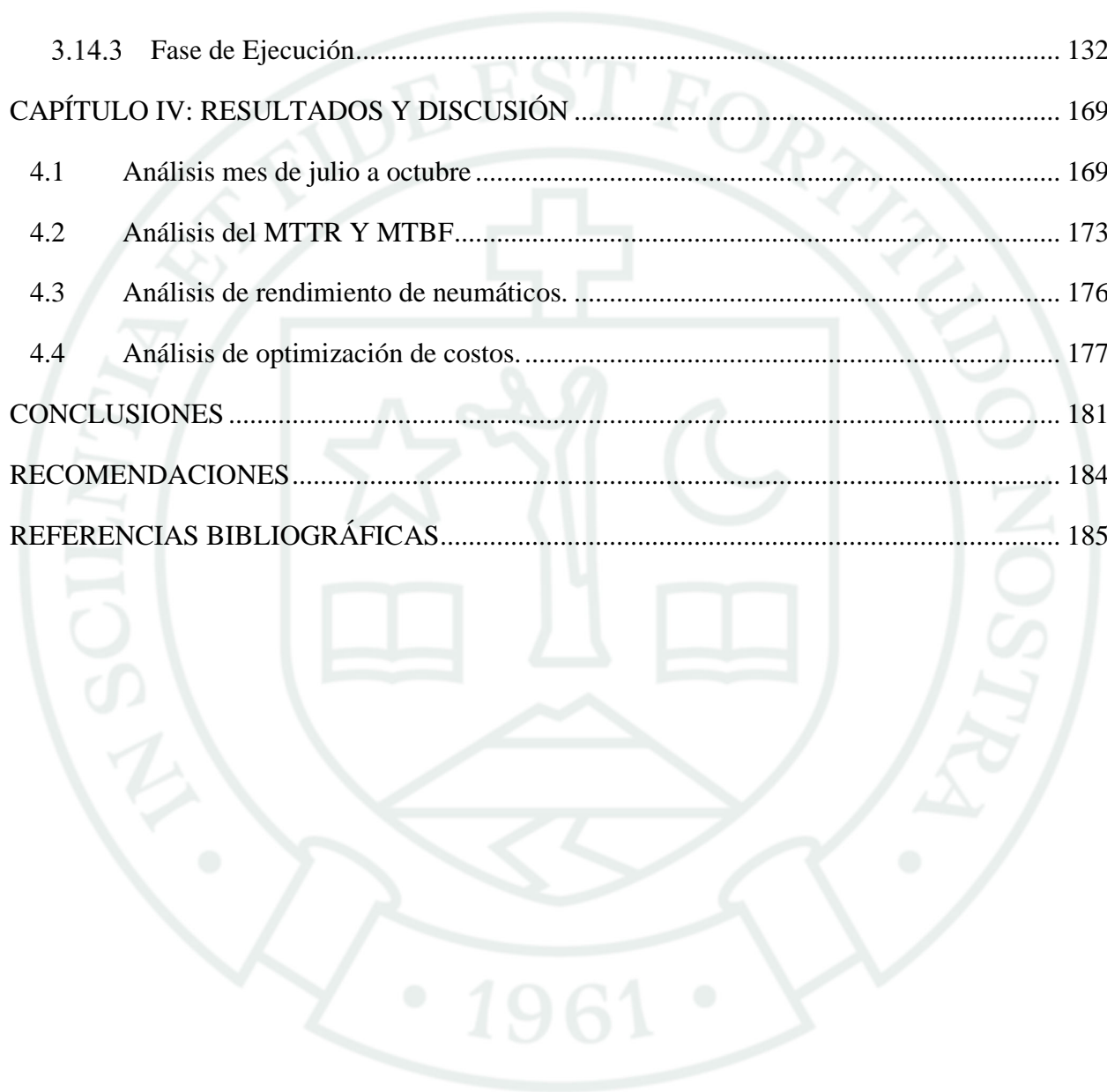
1.7.3 Unidades de estudio 12

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 13

2.1	Revisión de la literatura actual.....	13
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	13
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	14
2.1.3	Antecedentes locales.....	16
2.2	Mantenimiento.....	17
2.2.1	Objetivos del mantenimiento.....	18
2.2.2	Tipos de mantenimiento.....	20
2.2.3	Gestión del mantenimiento.....	23
2.3	Mantenimiento Productivo total (TPM).....	25
2.3.1	Definición.....	25
2.3.2	Características.....	25
2.3.3	Pilares del TPM.....	26
2.3.4	Implementación del TPM.....	35
2.3.5	Metodología 5S:.....	39
2.4	Teoría sobre neumáticos.....	40
2.4.1	Estructura de los Neumáticos.....	40
2.4.2	Tipos de neumáticos.....	41
2.4.3	Tipos de neumáticos por tipo de vehículo.....	42
2.4.4	Tipos de Neumáticos según la estación.....	43
2.4.5	Tipos de neumáticos especiales.....	44
2.4.6	Criterios para la comprobación de neumáticos adecuados.....	46
2.4.7	Casuística de mantenimiento de neumáticos.....	49
2.4.8	Procedimiento de mantenimiento de neumáticos.....	54
2.4.9	Teoría casuística en neumáticas.....	55
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....		57

3.1	Ubicación espacial.....	57
3.2	Análisis de los equipos a evaluar.....	57
3.3	Descripción de los equipos a analizar por familia.....	58
3.3.1	Camionetas Hilux 4 x 4.....	58
3.3.2	Montacarga Caterpillar.....	65
3.4	Análisis de estado base Montacarga y camioneta Hillux.....	72
3.5	Análisis de indicadores de mantenimiento.....	73
3.5.1	Análisis de indicadores de mantenimiento.....	75
3.6	Análisis de eficiencia global de equipos (OEE).....	79
3.6.1	OEE de flota liviana – familia camionetas.....	79
3.6.2	OEE de flota semipesada – familia montacargas.....	81
3.7	Análisis de rendimiento de neumáticos.....	82
3.8	Análisis de las fallas.....	84
3.9	Análisis de Modo y Efectos de Fallas de los montacargas.....	85
3.9.1	Criterios de evaluación de detección.....	86
3.9.2	Criterios de evaluación de ocurrencia.....	88
3.9.3	Criterios de evaluación de seguridad.....	90
3.9.4	Matriz de Análisis de Modo y Efectos de Fallas.....	92
3.10	Análisis de Modo y Efectos de Fallas de Camionetas.....	96
3.10.1	Criterios de evaluación de detección.....	97
3.10.2	Criterios de evaluación de ocurrencia.....	99
3.10.3	Criterios de evaluación de seguridad.....	101
3.10.4	Matriz de Análisis de Modo y Efectos de Fallas.....	103
3.11	Análisis de las características del mantenimiento.....	108
3.12	Análisis de costos de mantenimiento de neumáticos de camionetas y montacargas ..	112

3.13	Aplicación de la estrategia TPM.....	114
3.14	Desarrollo de la implementación	115
3.14.1	Etapa inicial	115
3.14.2	Fase de Planificación	128
3.14.3	Fase de Ejecución.....	132
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		169
4.1	Análisis mes de julio a octubre	169
4.2	Análisis del MTTR Y MTBF.....	173
4.3	Análisis de rendimiento de neumáticos.....	176
4.4	Análisis de optimización de costos.....	177
CONCLUSIONES		181
RECOMENDACIONES.....		184
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		185



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	11
Tabla 2 Matriz resumen de objetivos de mantenimiento.....	20
Tabla 3 Resumen comparativo de tipos de mantenimiento	23
Tabla 4 Resumen Pilares de TPM.....	33
Tabla 5 Diámetro nominal de llantas	47
Tabla 6 Índice de velocidad	48
Tabla 7 Índice de carga	49
Tabla 8 Flotas a analizar	57
Tabla 9 Cantidad de vehículos total a evaluar	58
Tabla 10 Características técnicas de camioneta 4X4.....	60
Tabla 11 Características principales de neumáticos de camionetas Hilux 4X4.....	63
Tabla 12 Ficha técnica montacargas.....	67
Tabla 13 Características principales de neumáticos de montacargas P20000	69
Tabla 14 Resumen de análisis de neumáticos de camionetas 4X4 y montacargas P20000.....	71
Tabla 15 Análisis de horas de servicio de vehículos	75
Tabla 16 Análisis de indicadores de camionetas	77
Tabla 17 Análisis de indicadores montacargas.....	78
Tabla 18 Análisis de OEE para la flota liviana de camionetas 4X4	80
Tabla 19 Análisis de OEE para la flota semipesada de montacargas	81
Tabla 20 Rendimiento de neumáticos por flota	82
Tabla 21 Análisis de fallas.....	84
Tabla 22 Fallas montacargas.....	86
Tabla 23 Criterios de evaluación de detección	87
Tabla 24 Análisis en función a la detección	88

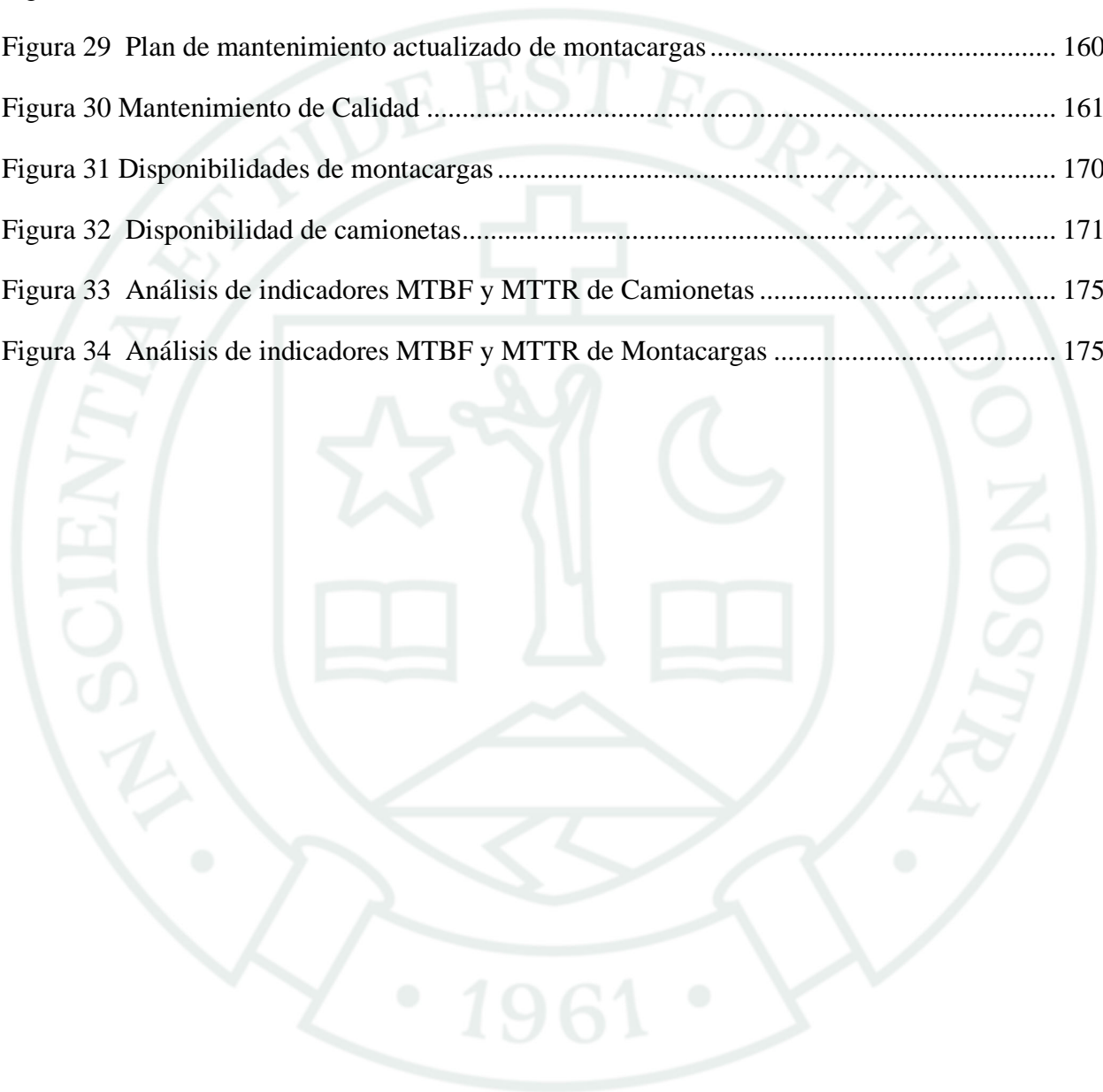
Tabla 25 Criterios de evaluación de ocurrencias	89
Tabla 26 Análisis en función a la detección	89
Tabla 27 Criterios de evaluación de seguridad	90
Tabla 28 Fallas presentadas en los componentes de flota semipesada familia Montacarga.....	91
Tabla 29 Matriz de Análisis de Modo y Efectos de Fallas	93
Tabla 30 Fallas camionetas	97
Tabla 31 Criterios de evaluación de detección	98
Tabla 32 Análisis en función a la detección	99
Tabla 33 Criterios de evaluación de ocurrencias	100
Tabla 34 Análisis en función a la detección	100
Tabla 35 Criterios de evaluación de seguridad	101
Tabla 36 Análisis de efectos de fallas.....	102
Tabla 37 Matriz AMEF.....	104
Tabla 38 Formato Análisis Marshal.....	108
Tabla 39 Resultado análisis de evaluación de mantenimiento.....	110
Tabla 40 Análisis de repuestos	111
Tabla 41 Análisis del inventario de repuestos	111
Tabla 42 Análisis de costos por repuestos.	112
Tabla 43 Análisis de costos por indisponibilidad	113
Tabla 44 Comparativa Herramientas de gestión de Mantenimiento.....	116
Tabla 45 Análisis de la estrategia TPM	130
Tabla 46 Cuantificación del análisis del TPM.....	131
Tabla 47 Lista de trabajadores	133
Tabla 48 Lista de cursos tomados.....	134
Tabla 49 Programa de capacitaciones externas	135

Tabla 50 Registro de Capacitaciones externas.....	136
Tabla 51 Plan actual de inspección de camionetas	140
Tabla 52 Plan de actual de inspección y mantenimiento de montacargas	141
Tabla 53 Análisis de estado de Camionetas.....	142
Tabla 54 Análisis del estado de montacargas	143
Tabla 55 Clasificación de actividades según TPM.....	146
Tabla 56 Análisis de estándares de mantenimiento	149
Tabla 57 Implementación de mejora continua y enfocada	151
Tabla 58 Selección de neumáticos para camionetas	163
Tabla 59 Selección de neumáticos para montacargas.....	164
Tabla 60 Gestión temprana de neumáticos de flota liviana y semipesada.....	165
Tabla 61 Análisis de disponibilidades después de la implementación	169
Tabla 62 Análisis de fallas posterior a la implementación	172
Tabla 63 Análisis MTBF y MTTR de camionetas.....	173
Tabla 64 Análisis MTBF y MTTR de montacargas	174
Tabla 65 Rendimiento de neumáticos por flota después del TPM	176
Tabla 66 Análisis de costos por indisponibilidad	178
Tabla 67 Análisis de costos asociados a repuestos	180

ÍNDICE DE FIGURAS

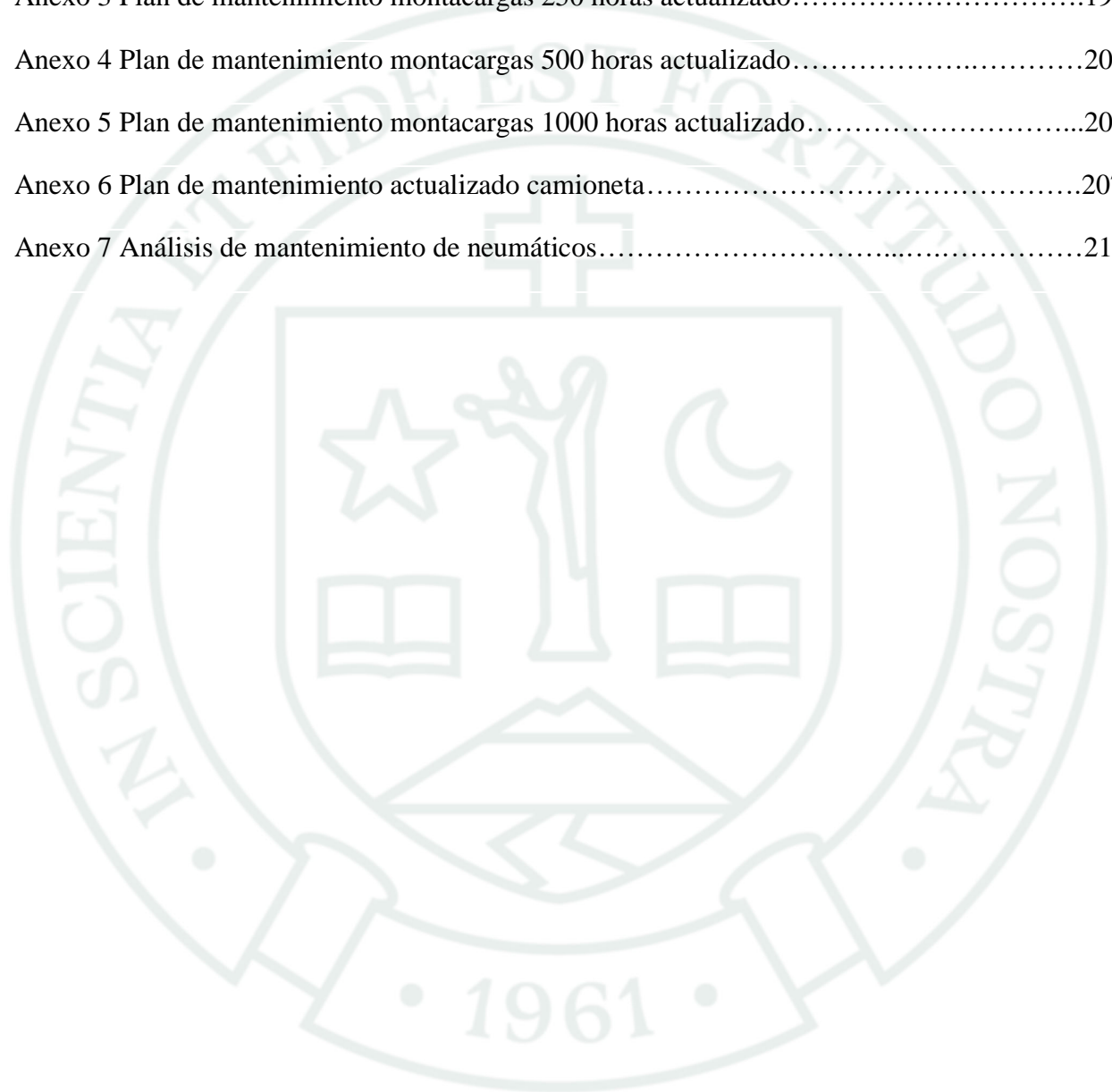
Figura 1 Evolución de la gestión del mantenimiento.....	24
Figura 2 Pilares de TPM.....	34
Figura 3 Doce pasos para implementar el TPM.....	35
Figura 4 Corte en banda de rodamiento superficial.....	50
Figura 5 Llanta con perforación.....	51
Figura 6 Rotura de cinturón.....	51
Figura 7 Separación de banda de rodamiento por efecto de la temperatura.....	52
Figura 8 Desgarre de banda de rodamiento.....	53
Figura 9 Protuberancia en neumático.....	53
Figura 10 Desgaste irregular de neumático.....	54
Figura 11 Disponibilidades de Camionetas.....	73
Figura 12 Disponibilidades de montacargas.....	74
Figura 13 Hoja de Registro de reunión de alta gerencia.....	118
Figura 14 Acta de compromiso de alta gerencia.....	119
Figura 15 Control de asistencia a reuniones de capacitación.....	121
Figura 16 Determinación de los responsables de trabajo.....	122
Figura 17 Registro de intervenciones de Mantenimiento.....	125
Figura 18 Hoja de Registro de Mantenimiento Preventivo.....	126
Figura 19 Hoja de Registro de Mantenimiento Correctivo.....	127
Figura 20 Tipos de capacitaciones.....	132
Figura 21 Formato de análisis de equipos.....	145
Figura 22 Check list pre-operación de equipo.....	150
Figura 23 Formato de análisis de neumáticos.....	153
Figura 24 Características de neumáticos.....	154

Figura 25 Plan de mantenimiento actual.....	156
Figura 26 Plan de inspección actual montacargas	157
Figura 27 Programa de actividades de neumáticos.....	158
Figura 28 Plan de mantenimiento actualizado de camionetas	159
Figura 29 Plan de mantenimiento actualizado de montacargas	160
Figura 30 Mantenimiento de Calidad	161
Figura 31 Disponibilidades de montacargas.....	170
Figura 32 Disponibilidad de camionetas.....	171
Figura 33 Análisis de indicadores MTBF y MTTR de Camionetas	175
Figura 34 Análisis de indicadores MTBF y MTTR de Montacargas	175



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Formato de reunión con gerencia.....	193
Anexo 2 Plan de Inspección de Montacargas actualizado.....	195
Anexo 3 Plan de mantenimiento montacargas 250 horas actualizado.....	198
Anexo 4 Plan de mantenimiento montacargas 500 horas actualizado.....	201
Anexo 5 Plan de mantenimiento montacargas 1000 horas actualizado.....	204
Anexo 6 Plan de mantenimiento actualizado camioneta.....	207
Anexo 7 Análisis de mantenimiento de neumáticos.....	212



INTRODUCCIÓN

En la actualidad se presentan retos muy significativos en la industria minera, en la cual se pudo identificar que la flota móvil de vehículos industriales tales como montacargas y camionetas, representa un pilar fundamental para garantizar la eficiencia operativa en sectores claves de la minería como logística, construcción y producción, se ha podido observar que estos vehículos están asociados a costos directos de productividad en la industria y son sometidos a condiciones extremas que dañan particularmente componentes muy importantes como los neumáticos, estas condiciones aceleran el desgaste, aumentando la posibilidad de fallo, estas fallas no solo aumentan los costos de mantenimiento si no también afectan notablemente a la seguridad de las personas y activos físicos.

A pesar de la relevancia que representan los neumáticos las empresas mineras y de mantenimiento no han desarrollado o enfocado esfuerzos en implementar un sistema de gestión de mantenimiento óptimo que se adecue a las necesidades operativas y condiciones de trabajo de la flota, en base a este contexto se ha identificado que la metodología de gestión de mantenimiento total productive maintenance más conocido por sus siglas (TPM), que busca maximizar la eficiencia operativa de los activos físicos se presenta como una solución adecuada para abordar la problemática.

Este estudio va a analizar como la implementación del TPM en la gestión de mantenimiento de neumáticos puede mejorar notablemente la disponibilidad operativa de los vehículos industriales tales como camionetas y montacargas, así mismo disminuir los costos asociados al mantenimiento de la flota.

Se va a analizar las variables que afecten directamente a la gestión del mantenimiento de neumáticos, aplicando metodologías y software para el análisis de datos, es importante gestionar

los riesgos operativos y de seguridad que representan los neumáticos, por este motivo es importante evaluar adecuadamente la implementación de mejoras.

Adicionalmente se busca establecer un modelo de gestión que integre el monitoreo continuo de los parámetros críticos como presión, temperatura y desgaste, con la finalidad de predecir fallas que puedan evitar fallos prematuros e inesperados afectando a la producción y seguridad siendo este último un pilar fundamental en la industria minera.



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En el plan de operaciones de una unidad minera ubicada al sur del país, contempla, la utilización de flota para complementar el proceso productivo de concentrado de cobre, para ello una empresa especializada brinda el mantenimiento integral a la flota liviana, compuesta por camionetas 4x4 de marca HILUX y flota semipesada, compuesta por Montacargas de marca CAT, utilizando una metodología convencional de mantenimiento preventivo y correctivo, ambas flotas, cuentan con neumáticos en 4 posiciones distribuidas en 2 ejes.

Los neumáticos representan un componente esencial para el desempeño y seguridad de la flota de camionetas y montacargas, que operan en condiciones extremas de carga, desgaste y nivel de terreno transitado dentro de la minería, los neumáticos afectan directamente y en gran medida a la disponibilidad operativa de estos componentes, en particular el desgaste excesivo, desgaste prematuro y mantenimiento inadecuado resultan en tiempos de inactividad no programados, afectando notablemente la eficiencia de la flota y aumentan costos operativos.

La gestión de neumáticos para una flota de vehículos industrial representa un desafío constante, por las condiciones de operación adversas tales como altas cargas, exposición a superficies irregulares y desgaste que son factores principales del deterioro de los neumáticos, a pesar de su gran importancia muchas empresas no les dan el valor que corresponde por lo cual no implementan programas de mantenimiento adecuados, lo que lleva a una degradación rápida de los neumáticos afectando notablemente a la fiabilidad de la flota. Este problema genera costos elevados relacionados al reemplazo de neumáticos, reparación de vehículos y pérdida de productividad (Zhao et al., 2022).

Al momento de realizar la medición de indicadores de servicio se detectó una disponibilidad baja en comparación a lo establecido en el análisis inicial del contrato, en los equipos debido a diferentes factores tales como planificación inadecuada, inspección y mantenimiento deficiente, operación incorrecta lo cual produjo paros excesivos no programados, perdiendo horas disponibles dedicadas a la producción, se identificó, que no existe un adecuado plan de mantenimiento para los equipos móviles, adicional a eso falta de historial adecuado de fallos, por lo cual no se podía corregir la desviación en la disponibilidad de las flotas, las condiciones ambientales influían considerablemente en lo establecido en el análisis inicial.

En este contexto, la implementación de una estrategia moderna de mantenimiento resultaría una solución efectiva para mejorar la disponibilidad de los neumáticos y optimizar su vida útil. El TPM es una metodología integral que busca involucrar todos los niveles de la organización en el mantenimiento de los equipos, con el objetivo de maximizar la eficiencia y reducir paradas no planificadas, según Matos et al. (2024), el TPM permite identificar de manera proactiva los problemas relacionados con los neumáticos, realizar un mantenimiento preventivo adecuado y optimizar las condiciones de los vehículos, esta metodología también es clave para la gestión predictiva de los neumáticos, lo que permite anticipar fallas antes de su ocurrencia, esto es fundamental en operaciones mineras que dependen de la disponibilidad de sus vehículos.

El mantenimiento de neumáticos bajo el enfoque del TPM se basa en la monitorización continua de indicadores como la presión de los neumáticos, el desgaste de banda de rodadura y las condiciones de temperatura entre otros (Vásquez et al., 2021). Además, con la integración de sensores se puede monitorear en tiempo real irregularidades de manera anticipada, lo que permite tomar medidas correctivas antes de que los neumáticos lleguen a un punto crítico de fallo (Chang et al., 2022). Así mismo una correcta implementación del TPM en la gestión de neumáticos

también tiene implicaciones directas en la reducción de costos operativos. Según Lee et al., (2024), un programa de mantenimiento basado en TPM puede disminuir significativamente los costos asociados con el reemplazo de neumáticos, al mismo tiempo que maximiza el tiempo de actividad de los vehículos para la ejecución de tareas logísticas cruciales.

En base al análisis realizado en los meses de operación y análisis, se concluyó que el propósito de esta investigación es investigar la aplicabilidad del TPM en la gestión de neumáticos en montacargas y camionetas para mejorar la disponibilidad operativa, aumentar la seguridad y reducir los costos asociados con fallas y reemplazo prematuro de neumáticos.

1.2 Formulación del problema

En el sector industrial, particularmente en operaciones de alta exigencia como la minería, la disponibilidad y el rendimiento de las flotas de vehículos, como camionetas y montacargas, dependen críticamente del estado de sus neumáticos. Estos componentes son esenciales para garantizar la tracción, la seguridad y la eficiencia operativa en entornos caracterizados por terrenos irregulares, cargas pesadas y condiciones ambientales adversas. Sin embargo, la falta de un enfoque sistemático en la gestión del mantenimiento de los neumáticos puede derivar en problemas como desgaste prematuro, fallos inesperados y tiempos de inactividad prolongados, lo que incrementa los costos operativos y compromete la productividad de la flota.

En este contexto, el Mantenimiento Productivo Total (TPM) emerge como una metodología integral que combina mantenimiento autónomo, predictivo y planificado con la participación de los operarios, buscando maximizar la eficiencia de los equipos mediante la prevención de fallos y la mejora continua. A pesar de su potencial, la aplicación específica del TPM en la gestión de neumáticos industriales en flotas mineras no ha sido ampliamente explorada en la literatura reciente, lo que representa una oportunidad para abordar los desafíos asociados con

la variabilidad de las condiciones operativas y los altos costos asociados al reemplazo y reparación de neumáticos.

Por lo tanto, este estudio busca responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo puede la aplicación de la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM) optimizar la gestión del mantenimiento de neumáticos industriales en una flota de camionetas y montacargas en condiciones operativas exigentes, para mejorar la disponibilidad, extender la vida útil de los neumáticos y reducir los costos operativos?

1.3 Área de conocimiento al que pertenece

El área de conocimiento en la que se desarrollará la presente investigación según la OCDE, del CONCYTEC, pertenece a la línea de Ingeniería Mecánica, en su apartado de ingeniería de mantenimiento, ya que se va a analizar los indicadores de mantenimiento y sus variables serán analizadas en función a los principios del mantenimiento y como este va a afectar a la productividad de los vehículos.

1.4 Interrogantes del problema

Interrogante general

- Como mejorar la disponibilidad de una flota de vehículos livianos y semi pesados aplicando la estrategia de mantenimiento TPM.

Interrogantes específicos

- Se puede mejorar la gestión del mantenimiento de neumáticos de una flota de vehículos livianos y semipesados aplicando la estrategia de mantenimiento TPM.
- Es posible aumentar la disponibilidad de una flota de vehículos livianos y semipesados aplicando la estrategia de mantenimiento TPM.

- Está garantizada optimizar la evaluación y aplicación de la gestión de mantenimiento de neumáticos al ser analizada por medio de la estrategia del mantenimiento TPM.

1.5 Justificación del problema

1.5.1 Justificación económica

La aplicación de una estrategia moderna de mantenimiento, para optimizar la gestión y los recursos de mantenimiento, no representa una inversión considerable, por ende, es factible acoger y concretar la implementación dando resultados factibles con mucha perspectiva para mejorar el proceso y así obtener más ganancia en producción.

1.5.2 Justificación técnica

La presente investigación, se ve justificada debido al análisis de los instrumentos utilizados para el análisis, identificando el componente que presenta más fallas y optimizar la gestión para reducir los fallos no programados, se tiene la necesidad de mejorar y establecer una estrategia moderna de mantenimiento en la empresa especializada, para brindar el mejor soporte y cumplir las metas establecidas en base a los indicadores.

1.5.3 Justificación Social

Esta optimización, aplicando una estrategia moderna, integra a todas las áreas, para mejorar la gestión del mantenimiento y así obtener las metas establecidas por la empresa.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

- Optimizar la gestión del mantenimiento de neumáticos industriales en una flota de vehículos livianos y semi-pesados en la industria minera, mediante la aplicación de la metodología moderna del Mantenimiento Productivo Total (TPM), para incrementar la

disponibilidad operativa, prolongar la vida útil de los neumáticos y reducir los costos operativos asociados, en condiciones de operación exigentes.

1.6.2 Objetivos específicos

- Evaluar y analizar el entorno y situación actual de la empresa mediante el análisis de activos, inventarios, personal y el análisis de indicadores que permitan tener un panorama de la problemática general de mantenimiento.
- Definir mediante una comparativa de beneficios e idoneidad en el enfoque qué estrategia de mantenimiento es la más adecuada TPM o RCM para mejorar la gestión de mantenimiento de neumáticos.
- Implementar la estrategia de mantenimiento moderno TPM aplicada a los neumáticos de la flota liviana y semipesada de la empresa.
- Evaluar el costo, beneficio y alcance de implementar el TPM al mantenimiento de los neumáticos de los equipos de la flota liviana y semipesada.

1.6.3 Hipótesis general

La implementación del mantenimiento moderno TPM enfocada en los neumáticos va a mejorar la disponibilidad de la flota de vehículos livianos y semipesados, la aplicación de este modelo va a optimizar y reducir las fallas producidas por uno de los componentes principales como los neumáticos ya que esta estrategia busca integrar todas las áreas operativas incluyendo a la gerencia, supervisión, planificación, seguridad, administración, operadores, mantenedores y talento humano con un fin común, de esta forma se podrá reducir las fallas en componentes asociados como frenos, amortiguación, dirección, etc. Que propiciará una disminución de los costos asociados al mantenimiento de neumáticos de la flota de equipos móviles.

1.6.4 Análisis de variables

- **Variable dependiente**

La variable dependiente para analizar en la presente investigación es la disponibilidad de la flota de vehículos livianos y semipesados.

Definición conceptual

La definición conceptual de la disponibilidad de la flota de vehículos livianos y semipesados, se define como la evaluación de sus indicadores de mantenimiento específicamente la disponibilidad operativa y la eficiencia de estos.

Indicadores

Los indicadores de la variable dependiente son:

- Disponibilidad operativa
- Eficiencia operativa

Instrumentos

Los instrumentos utilizados para realizar el análisis y recolección de la variable fueron:

- Fichas de registro
- Horómetros
- Base de datos de fallos

- **Variable interviniente**

La variable interviniente para analizar en la presente investigación es la gestión del mantenimiento de neumáticos que se aplica a la flota de vehículos livianos y semipesados.

Definición conceptual

La definición conceptual de la gestión del mantenimiento de neumáticos implica el análisis y la evaluación de los neumáticos que son utilizados en los vehículos de trabajo, ya que estos al

realizar su proceso productivo, generan pérdidas y reducciones en su calidad, por este motivo se les considera un tipo de gestión de mantenimiento específico.

Indicadores

- Número de paradas
- Número de fallas detectadas

Instrumento

Los instrumentos utilizados para realizar el análisis y recolección de la variable fueron:

- Fichas de registro
- **Variable independiente**

La variable independiente para analizar en la presente investigación es aplicación de la herramienta del mantenimiento TPM a una flota de vehículos livianos y semipesados.

Definición conceptual

La definición conceptual de la herramienta del mantenimiento TPM, es la metodología aplicada donde se busca mejorar la disponibilidad y confiabilidad en la aplicación de los procesos de operación, trabajo y producción de los equipos y los sistemas que estos implican (Cakir, 2023). Además, también se busca la aplicación del concepto donde el trabajador debe ser una parte fundamental en la aplicación de los principios del mantenimiento y seguridad operacional en el proceso de la producción de los equipos (Aguirre, 2020).

Indicadores

Los indicadores que se analizarán para la determinación de la evaluación de la variable son:

- Confiabilidad de los vehículos
- MTBF
- MTTR

Instrumentos

Los instrumentos utilizados para realizar el análisis y recolección de la variable fueron:

- Fichas de registro
- Hojas de calculo
- Base de datos

Para efectos del presente estudio, a continuación, se presenta la matriz de operacionalización de variables, en la cual se detallan los constructos, indicadores e instrumentos que permiten el análisis y desarrollo de la investigación.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Instrumento
Variable independiente: La aplicación de la herramienta del mantenimiento TPM	Disponibilidad MTBF MTTR	Fichas de registro Horómetros
Variable interviniente: La gestión de mantenimiento de neumáticos	Número de paradas Numero de fallas	Fichas de registro
Variable dependiente: La disponibilidad de los vehículos livianos y semipesados de una flota	Disponibilidad operativa Eficiencia operativa	Fichas de registro Hojas de calculo Base de datos

Nota. Elaboración propia.

1.7 CAMPO DE VERIFICACIÓN

1.7.1 Ubicación espacial

La ubicación espacial de la presente investigación será el Taller de una empresa de servicio de mantenimiento para una unidad minera que se ubica en el sur del Perú, específicamente en la ciudad de Ilo en el departamento de Moquegua.

1.7.2 Ubicación temporal

La ubicación temporal de la presente investigación se centrará en el desarrollo de la investigación y la toma de datos que se estarán realizando, para esto se ha centrado la toma de datos en el periodo del primer semestre del 2024, mientras que el desarrollo de la presente investigación se va a realizar en el segundo semestre del año 2024, generando así un resultado que se espera comprobar con las unidades de estudio en el campo aplicativo.

1.7.3 Unidades de estudio

La unidad de estudio será caracterizada por la flota de vehículos livianos y semipesados, que está conformado por 470 vehículos, de los cuales se tomarán como muestra 20 vehículos livianos y 20 vehículos semipesados.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión de la literatura actual

2.1.1 Antecedentes internacionales

Guedes et al. (2021), en su trabajo titulado “The role of motivation in the results of total productive maintenance. Production”, el cual fue publicado en la revista Scielo Brasil, analizó el papel de la motivación de equipos de trabajos en 2 líneas de producción aplicando la metodología TPM, se concluye que aplicando la metodología TPM, se tiene un impacto positivo en el desempeño operativo, por lo tanto es importante que las empresas tengan condiciones laborales que implementen la motivación de sus empleados, el aporte más relevante de este estudio es la relación que existe entre el comportamiento humano y las cuestiones operativas, mejorar prácticas, eliminar malas prácticas, conseguir capacitación y motivación del personal, impacta positivamente en los indicadores de desempeño operativo.

Barrera (2020) en su trabajo de investigación titulado “Modelo de mejora para la gestión del mantenimiento fundamentado en la metodología de TPM para el programa de lubricación de los vehículos de la empresa Tisquesusa S.A asociada al grupo empresarial inversiones Águila S.A”, el cual fue presentado a la Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, en el 2020, para optar el título de Ingeniería Mecánica, tuvo como finalidad establecer un plan de mejoramiento enfocado en la gestión del mantenimiento aplicado en el programa de lubricación, en base al Mantenimiento Total Productivo (TPM) para el uso de vehículos de la empresa Transportes Tisquesusa S.A asociada al grupo empresarial INVERSIONES AGUILA S.A. Concluyendo con que la empresa de transportes Tisquesusa S.A no presenta un adecuado control acerca del mantenimiento relacionado a la prevención de las unidades automovilísticas; a su vez, se evidenció mediante el estudio del modelo propuesto, cada actividad establecida muestra un ahorro significativo a favor

de la empresa Tisquesusa, generando una disminución de costos por concepto de reparaciones en cuanto a motores, asimismo se generan reducciones de costos por mantenimiento en tiempos de obra.

Domínguez & Páez (2019) en su trabajo de investigación titulado “Aplicación de los pilares del TPM para la mejora en el mantenimiento de la flota de ETIB S.A.S”, el cual fue presentado a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el 2019, para optar el título de Ingeniero de Producción, tuvo como finalidad implantar una metodología con base en los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM) que facilite mejorar la confiabilidad y disposición de la escuadra de transporte para EIB S.A.S. Concluyendo con que el TPM es considerado un instrumento que tiene como fin elevar el uso de los artefactos y disminuir considerablemente los costos de operaciones, para lo cual es necesario la colaboración de gerencia. A su vez, la ejecución de la metodología 5S, tomándola como base respecto al desarrollo del mantenimiento autónomo, juega un papel fundamental para implementar correctamente el TPM, lo que conlleva una participación de todo el personal de la institución.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Peceros (2020) en su trabajo de investigación titulado “Aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en el Mantenimiento Productivo Total para Incrementar la Disponibilidad Mecánica de las Camionetas Toyota Hilux en la Empresa Servosa Cargo S.A.C.”, el cual fue presentado a la Universidad Tecnológica del Perú, en el 2020, para optar el título de Ingeniero Automotriz, tuvo como finalidad atribuir el plan de mantenimiento preventivo con base en el Mantenimiento Productivo Total para aumentar la disposición mecánica de las camionetas Toyota Hilux pertenecientes a la empresa SERVOSA CARGO S.A.C. Concluyendo con que gracias a la aplicación del Mantenimiento Productivo Total se observó que los procesos de

mantenimiento disminuyeron a 180 min por proceso, es así que se incrementó la disposición mecánica de las camionetas Toyota Hilux a más del 97%. También se diseñó el Mantenimiento Preventivo acorde a las indicaciones de TOYOTA mediante los manuales, la cual se enfocó mayormente en el soporte del Mantenimiento Productivo Total y la metodología 5S. Finalmente, se determinó que la empresa no cuenta con programas de capacitación para el personal de mantenimiento adecuado, tampoco cuenta con manuales de las camionetas Toyota Hilux, así como incumplimiento con las reglas propuestas para el mantenimiento de la flota de camionetas.

Mori (2021), en su trabajo de grado donde desarrolla el objetivo principal de determinar cuál es el impacto de la mejora del plan de mantenimiento en la disponibilidad de las unidades en una empresa de alquiler de vehículos, utilizándose como metodología la no experimental, explicativa, transversal, siendo la población y muestra 30 vehículos del tipo Toyota pickup Hilux 1GD los cuales pertenecen a la empresa Renting Car SAC y que se encuentran en alquiler a una empresa minera, siendo los resultados positivos ya que al implementarse el plan de mejoras se ha obtenido un incremento promedio del 6% en el indicador de disponibilidad de unidades vehiculares, incrementándose de un 86% a un 92%, dichos resultados surgieron no solo a la implementación de la metodología RCM sino también a los objetivos específicos los cuales han permitido que se solucione el problema principal, el cual está referido a los procesos de control ya la planificación en el área de logística y mantenimiento, concluyéndose que la implementación ha permitido que se disminuya el indicador costos por indisponibilidad vehicular lo que evidencia una ganancia de \$ 42, 624 durante los 8 primeros meses desde que se implementa la mejora.

Contreras & Loayza (2020), en su investigación de grado la cual tuvo como objetivo, Implementar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los vehículos en la empresa Grupo logístico Barrial SAC, siendo la metodología empleada la cuasi

experimental, aplicada, descriptiva y de enfoque cuantitativo, obteniéndose como resultado, que el mantenimiento provisorio ha incrementado la disponibilidad de la empresa Grupo logístico Barrial SAC, se disminuyó las fallas potenciales debido al empleo de un procedimiento de mantenimiento así mismo de la correcta practica de las inspecciones, por lo que en el mes de septiembre se observó primero un 36 % de disponibilidad lo que se traduce en 1648 fallas en 30 días de labor después de la aplicación se evidenció 225 fallas las cuales representan el 97% de disponibilidad por lo que se ha aumentado el recurso requerido por la asociación.

2.1.3 Antecedentes locales

Delgado & Cconisilla (2021), en su trabajo de grado el cual desarrolla como objetivo principal describir el estado en el que se encuentra las compactadoras que se observan registradas en el taller automotriz del Municipio de Hunter, observándose como metodología empleada la descriptiva, cuantitativa con uso de la técnica de encuesta, obteniéndose como resultados, que el proceso de mantenimiento productivo de manera toral produce resultados óptimos cuando se realiza para el funcionamiento de la maquina compactadora, además se evidencio que la compactadora de la municipalidad de hunter está destinada a recoger los sólidos y que son los engranajes de esta lo que se gastan de manera breve, concluyendo así que el mantenimiento total productivo aplicado es una de las estrategias que se origina en el Japón y que posee como uno de sus principales principios cero errores.

Martínez (2021), en su indagación de grado, la cual presenta el objetivo de demostrar la necesidad de un sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para mejorar la disponibilidad operativa de máquinas y herramientas de la empresa Genesis Turing SAC, utilizando como metodología aplicada, descriptiva, siendo la técnica utilizada la encuesta, obteniéndose como resultado, que de todos los encuestados tanto clientes como trabajadores el 23. 01% opinan que es

necesaria la implementación del mantenimiento productivo total, además solo un 7.20% de los encuestados indica que existe disponibilidad de las máquinas y herramientas en la empresa y que es buena, por lo que se concluye que el en su mayoría de encuestados los cuales representan el 55.56% indican que no es buena la disponibilidad de máquinas y herramientas de la empresa.

Dueñas (2021), en su indagación de grado, el cual presenta el objetivo de determinar si el Plan de mantenimiento de la maquinaria pesada, vehículos semipesados y vehículos livianos de la Municipalidad Distrital de Uchumayo garantiza la confiabilidad del servicio, prolonga la vida en servicio de las máquinas y disminuye los costos de operación, siendo la metodología empleada, descriptiva, propositiva, de tipo cuantitativa, no experimental, así mismo se utilizó como técnicas la observación , encuesta y la ficha documental, obteniéndose como resultado, que solo el 22.41 % de los encuestados están de acuerdo con el sistema de mantenimiento mientras que el 30.01% está muy de acuerdo que es una garantía de operatividad continua el mantenimiento, por lo que se concluye que es de necesidad implementar un programa de mantenimiento preventivo para la flota vehicular en la Municipalidad Distrital de Uchumayo, Arequipa.

2.2 Mantenimiento

En la contextualización, Achouch et al. (2022) refieren que el mantenimiento abarca todas las actividades técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un activo para conservar o restaurar sus características, propiedades y funcionalidad de manera segura y económica, esta definición enfatiza distintos aspectos, no solo la reparación reactiva, sino también el monitoreo y gestión proactiva de los recursos, alineando diferentes principios como sostenibilidad, eficiencia operativa, actualmente se integra el análisis de datos y la inteligencia artificial, que significan una avance importen en la industria y procedimientos de mantenimiento,

permiten realizar análisis a profundidad en menor tiempo, predecir fallas prematuras, fallas invisibles al ojo humano evaluadas por sensores y maximizar la vida útil del activo.

2.2.1 Objetivos del mantenimiento

En el contexto actual de la industria y la gestión moderna de activos, el mantenimiento ha trascendido como una de las principales actividades para asegurar la vida útil y mejora continua de procesos, según García Palencia (2021), la función principal del mantenimiento es garantizar que los activos físicos continúen cumpliendo sus funciones deseadas, integrando eficiencia económica, con responsabilidad ambiental y la seguridad operativa, entre los objetivos principales del mantenimiento incluyen preservar las condiciones operativas óptimas de los equipos y herramientas, mantener el rendimiento deseado, evitar fallos catastróficos y minimizar los costos asociados a interrupciones no planificadas (MaintainX, 2025) . Además, busca mejorar la disponibilidad, fiabilidad y la seguridad, contribuir activamente con la sostenibilidad ambiental mediante la reducción de desperdicios y consumo de energía eficiente (StartUs Insights, 2025). En entornos manufactureros, estos objetivos se alinean a métricas como el Overall Equipment Effectiveness (OEE), que mide la productividad real en comparación con la teórica (Lean Production).

2.2.1.1 Maximización de la disponibilidad.

El objetivo primario es maximizar la disponibilidad, definida como la probabilidad de que un equipo esté listo para funcionar en un momento dado.

- **Confiabilidad:** Se busca incrementar el tiempo medio entre fallos (MTBF)
- **Mantenibilidad:** Se busca reducir el tiempo medio para las reparaciones (MTTR), optimizando los procedimientos de intervención técnica, con el apoyo de las demás áreas de trabajo.

2.2.1.2 Optimización de costos y ciclo de vida.

Un mantenimiento eficiente no busca gastar menos, sino invertir mejor. Contreras Márquez (2024). Sostiene que los objetivos deben alinearse a la rentabilidad económica mediante:

- Reducción de costos por paradas no programadas (lucro cesante).
- Extensión de la vida útil de los activos para diferir inversiones de capital (CAPEX).
- Optimización de inventario de repuestos.

2.2.1.3 Seguridad, Salud y Medio Ambiente (HSE)

En el marco de la norma ISO 55001 (actualizada en su enfoque por Tractian, 2026), el mantenimiento tiene la responsabilidad crítica de mitigar riesgos. Un fallo catastrófico no solo afecta la producción, si no que puede tener consecuencias letales para el personal o daños irreversibles al ecosistema.

2.2.1.4 Calidad del proceso y producto

De acuerdo con SimbioTecs (2024), el mantenimiento asegura que la maquinaria opere dentro de las tolerancias de diseño; Esto garantiza que el producto final cumpla con los estándares de calidad exigidos, reduciendo el desperdicio y reprocesos.

Tabla 2

Matriz resumen de objetivos de mantenimiento.

Categoría	Objetivo Principal	Indicador Clave
Técnica	Maximizar el tiempo de funcionamiento.	Disponibilidad (%)
Económica	Minimizar el costo total de mantenimiento.	Costo de Mantenimiento/Valor de Venta
Organizativa	Mejorar la planificación y programación.	Cumplimiento del plan de mantenimiento.
Humana	Garantizar la seguridad del operario.	Tasa de accidentabilidad (LTI)

Nota. Elaboración Propia

2.2.2 Tipos de mantenimiento

2.2.2.1 Mantenimiento Correctivo (Reactivo o Run-to-Failure)

De acuerdo con lo publicado en Spartakus Technologies (2025), esta estrategia de mantenimiento implica intervenir solo cuando ocurre una falla, se divide en correctivo planificado (reparación programada posterior a la presencia de la falla) y no planificado (reparación de emergencia tras una falla inesperada); conocido como Run to Failure, cuando se permite que el equipo opere hasta que se materialice el fallo.

Esta estrategia, se aplica normalmente en activos de bajo costo o no críticos, como bombillas o herramientas básicas, en los cuales una estrategia distinta de mantenimiento resulta más costosa que operar hasta el fallo, así mismo esta estrategia de mantenimiento presenta beneficios y desventajas.

Beneficios: Bajo costo inicial, simple y no requiere monitoreo, adecuado en activos donde la falla no representa un impacto significativo.

Desventajas: Provoca tiempo de inactividad impredecible, costos más altos en comparación a otras estrategias de mantenimiento, afectaciones a la seguridad, así como también podrían dañar otros activos en la ocurrencia del fallo.

2.2.2.2 Mantenimiento Preventivo

En base a lo que sostiene la información publicada en Spartakus Technologies (2025), el mantenimiento preventivo es una estrategia proactiva que programa intervenciones regulares basadas en un intervalo de tiempo o uso para prevenir la materialización de fallas, incluyendo inspecciones, lubricación y reemplazo de componentes, algunos de los subtipos incluyen basados en el tiempo (cada 1 mes o 3 meses) y basados en el uso (después de 500 horas), normalmente para el control de esta actividad se utilizan los ERP, que facilitan la programación y seguimiento de las actividades preventivas, presenta así mismo beneficios tales como; reducción de averías entre el 35%-45%, extiende la vida útil en 20%-40%, mejora la confiabilidad y seguridad. De igual forma se presentan desventajas como el sobre-mantenimiento, realizando reemplazos innecesarios o sub-mantenimiento, que se da cuando el intervalo no es óptimo, requiere así misma revisión continua de las actividades e intervalos.

2.2.2.3 Mantenimiento Predictivo (CBM)

Como indica eMaint (2025), Esta estrategia se basa en un monitoreo continuo con sensores y analítica de datos para predecir fallas basadas en las condiciones reales, tales como vibraciones, temperatura y análisis de lubricante, actualmente la IA, ha mejorado las predicciones, reduciendo costos en 25%-30% y averías imprevistas en 70%-75% presenta beneficios como minimizar el tiempo de inactividad, optimiza recursos y extiende la vida

útil, sus principales desventajas son el alto costo inicial en sensores y capacitación; depende de data precisa y especialistas para el análisis.

2.2.2.4 Mantenimiento Prescriptivo (RxM)

De acuerdo con la información publicada en Spartakus Technologies (2025) esta es una estrategia más avanzada del mantenimiento predictivo, no solo predice fallas sino que recomienda acciones específicas usando IA, tales como reducir la velocidad o la carga para extender la vida útil, en algunos sistemas automatizados, sugiere distintas modificaciones que ayudaran a extender la vida útil, basando en un análisis económico o impacto directo a la disponibilidad, así mismo crea y genera ventanas de mantenimiento específico para los activos críticos, sus beneficios principales son una apuesta razonable para la toma de decisiones y optimizar la vida útil así mismo sus principales desventajas son el costo de implementación y la integración, en terrenos de acceso difícil a red, sin embargo con las nuevas tecnologías y el internet satelital, se está optimizando y haciéndose una estrategia atractiva para la industria.

2.2.2.5 Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM)

De acuerdo con lo que sostiene Samotics (2025) esta estrategia moderna de mantenimiento analiza todos los modos de falla posibles y genera planes personalizados para maximizar la disponibilidad, independiente de la criticidad.

Se aplica normalmente en fábricas, evalúan el costo, seguridad y productividad para asignar estrategias adecuadas para todos los activos.

Así mismo como las demás estrategias presenta beneficios como reducir tiempos innecesarios; mejora de rendimiento y seguridad, entre sus principales desventajas se

observa que implica intensivo tiempo y mano de obra inicial que afectan directamente a los costos de implementación.

Tabla 3

Resumen comparativo de tipos de mantenimiento

Tipo de mantenimiento	Definición Breve	Beneficios Principales	Desventajas Principales	Aplicación Ideal
Correctivo (Reactivo)	Intervención post-falla	Bajo costo inicial, simplicidad	Alto tiempo de inactividad, riesgos de seguridad	Activos no críticos, bajos costos
Preventivo	Programado por tiempo/uso	Reduce averías 35-45%, extiende vida útil 20-40%	Sobre mantenimiento posible	Activos medios, costosos de reparar
Predictivo	Predicción con sensores Monitoreo real-time	Minimiza downtime	Costo inicial alto	Activos críticos
Prescriptivo	Predicción y recomendaciones IA	Decisiones optimizadas	Complejo y costoso	Sistemas automatizados
RCM	Planes por modo de fallo	Maximiza la disponibilidad	Intensivo inicial	Todos los activos

Nota. Elaboración propia

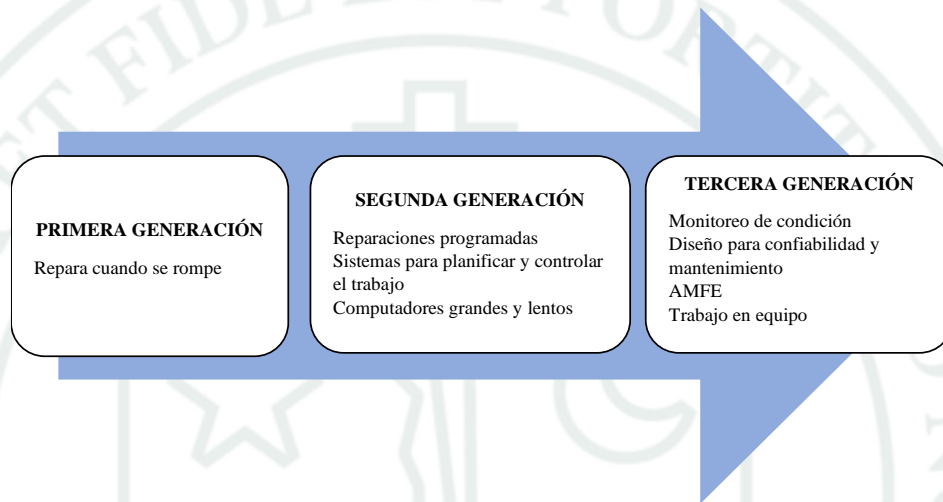
2.2.3 Gestión del mantenimiento

De acuerdo con Pérez (2021) la gestión del mantenimiento implica la organización de actividades que deben llevar a cabo las personas a cargo de una determinada área de operación con la finalidad de garantizar que los equipos, maquinaria, piezas e instalaciones en general operen a

las condiciones para las que fueron diseñadas. Asimismo, una correcta gestión de las reparaciones en planta aumenta el tiempo de vida de las maquinarias, la confiabilidad, disponibilidad y seguridad de los trabajadores.

Figura 1

Evolución de la gestión del mantenimiento



Nota. Recuperado de: (Pérez, 2021).

2.2.3.1 Indicadores de la gestión de mantenimiento

Los indicadores juegan un papel fundamental para los gestores de mantenimiento puesto las condiciones laborables, equipo de mantenimiento, procedimientos y equipos presentes, los cuales pueden ser examinados con la ayuda de ellos.

Es importante generar una jerarquía de indicadores, con la finalidad de identificar los indicadores más significativos. Luego se procede a enfocar las medidas de corrección sobre las más importantes.

- MTBF: Tiempo medio entre fallos
- MTTR: Tiempo medio para reparación
- Disponibilidad

- Confiabilidad
- Backlog
- CMF: Costo de mantenimiento sobre facturación
- CPMV: costo del mantenimiento sobre el valor de reposición
- Distribución por tipos de mantenimiento

2.3 Mantenimiento Productivo total (TPM)

2.3.1 Definición

En concordancia con Gomma (2025) es una metodología integral orientada a maximizar la eficiencia de los equipos y procesos productivos mediante la participación de todos los niveles de la organización, originalmente desarrollado en Japón, el TPM busca eliminar pérdidas, reducir tiempos de inactividad y fomentar una cultura de mejora continua, integrando principios lean y adaptando la industria 4.0. Se compone de una serie de procesos con el empleo de equipos, máquinas y procesos de soporte para mejorar la producción y calidad del sistema. (Gomma, 2025)

2.3.2 Características

De acuerdo con Wolska (2023) el mantenimiento productivo total (TPM) se creó con base en los conceptos de mantenimiento de equipos mencionados anteriormente. Como su nombre indica, consta de tres palabras, como se indica a continuación:

Total: significa consideración de todos los aspectos y participación de todos los empleados.

Productivo: énfasis en la realización de actividades durante la producción, minimizando los problemas de producción.

Mantenimiento: mantenimiento independiente de los equipos por parte de los operadores de producción.

Existen numerosas definiciones de TPM en la literatura y cada una enfatiza la necesidad de optimizar la eficiencia de los equipos mediante una gestión eficaz y el trabajo en equipo. Cabe destacar que estas definiciones sugieren que el TPM debe ser un elemento de la estrategia de gestión de la organización, brindando la oportunidad de optimizar las actividades de supervisión del mantenimiento de máquinas y dispositivos con la participación e implicación de todos los empleados, y con el objetivo de mejorar la eficiencia de los procesos implementados y la calidad de los productos fabricados.

2.3.3 Pilares del TPM

Según Gomma (2025), el TPM se estructura en ocho pilares interdependientes, fundados en el sistema 5s (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke), que abordan pérdidas de disponibilidad, productividad y recursos.

Pilar 1: Método KAIZEN- MEJORA ENFOCADA

De acuerdo con Kaizen Institute (2025), Es el pilar del TPM dedicado a la resolución estructurada de problemas de rendimiento relacionados con los equipos, como fallas recurrentes, pérdidas de velocidad, configuraciones largas o defectos

Este enfoque se basa en un análisis riguroso de datos, identificación de la causa raíz y la implementación de soluciones probadas y sostenibles. Su objetivo principal es eliminar el desperdicio y mejorar la eficiencia general del equipo (OEE). En el marco del presente pilar, a continuación, se presentan los pasos claves en el proceso.

- Aclarar el desafío: definir claramente el problema y su impacto operativo.
- Analizar el estado actual: recopilar datos y mapear el rendimiento real del equipo o proceso.

- Definir el estado objetivo: establecer objetivos de mejora SMART (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con plazos determinados).
- Investigar las causas fundamentales: utilice herramientas como los 5 por qué, los diagramas de Ishikawa, el análisis de Pareto y las estadísticas para identificar las causas fundamentales.
- Soluciones de diseño: desarrollar contramedidas técnicas y organizativas basadas en las causas fundamentales.
- Soluciones de prueba: evaluar la efectividad de las acciones en un entorno controlado.
- Actualizar el plan de acción –Formalizar y programar intervenciones de mejora.
- Confirmar resultados y estandarizar: medir los resultados, confirmar las ganancias y actualizar los estándares operativos.
- Consolidar y escalar: documentar las lecciones aprendidas y replicar el conocimiento en áreas similares.

Pilar 2: Mantenimiento autónomo

De acuerdo con Kaizen Institute (2025), Esta metodología se basa en la participación de los operadores de producción durante las actividades de mantenimiento. La finalidad es involucra a los trabajadores en el cuidado del tiempo de vida útil de los equipos. Entre los cuidados se tiene el cuidado de las condiciones de operación, limpieza y orden. Por otro lado, al desarrollar este mantenimiento autónomo, el trabajador puede comprender de mejor manera la importancia del cuidado del área de trabajo y los beneficios que comprende, a continuación, se presentan los pasos claves del mantenimiento autónomo.

- Restaurar el equipo inicial y las condiciones de fábrica: realizar limpieza básica, lubricación, identificar defectos visibles y restaurar las condiciones iniciales.
- Eliminar la suciedad y mejorar el servicio –Eliminar las fuentes de contaminación, mejorar el acceso a los puntos de control y eliminar fugas.
- Establecer estándares de limpieza y servicio: definir e implementar listas de verificación de TPM, herramientas de gestión visual y rutinas de monitoreo estandarizadas tanto para la máquina como para su área circundante.
- Capacitar a los operadores en mantenimiento autónomo: desarrollar habilidades técnicas básicas, capacidades de diagnóstico y garantizar la correcta aplicación de las rutinas.
- Ejecución de mantenimiento impulsada por el operador: realizar inspecciones regulares y tareas de mantenimiento de acuerdo con los estándares y planes establecidos.

Pilar 3: Mantenimiento planificado

De acuerdo con Kaizen Institute (2025), El mantenimiento planificado es un pilar clave del TPM, enfocado en prevenir sistemáticamente fallas y maximizar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos al menor costo posible. Su implementación combina un enfoque técnico y de gestión, integrando actividades preventivas, periódicas y predictivas basadas en datos y una planificación estructurada.

La adopción eficaz del mantenimiento planificado aporta beneficios mensurables, como una mayor OEE al reducir fallos inesperados y tiempos de inactividad, así como menores costes de mantenimiento con menos intervenciones de emergencia. Además, contribuye a prolongar la vida útil de los equipos, mejorar la seguridad operativa y estabilizar las condiciones de

funcionamiento, lo que se traduce en una mayor calidad del producto. a continuación, se presentan los 6 pasos de implementación.

- Evaluar la situación actual: analizar la condición de los activos, el inventario técnico y el diagnóstico de fallas (MTBF, costo, frecuencia, etc.) y definir objetivos y KPI.
- Sistema de gestión de actividades de apoyo –Acciones para revertir el deterioro, eliminar causas recurrentes y reforzar puntos débiles.
- Gestión de información técnica – Desarrollar sistemas de control para historial de fallas, programación de intervenciones, repuestos, dibujos y documentación técnicos.
- Sistema de mantenimiento periódico –Programe inspecciones, reemplazos y ciclos de lubricación utilizando procedimientos estandarizados.
- Sistema de mantenimiento predictivo –Introducir tecnologías de monitoreo y diagnóstico, priorizando gradualmente los equipos críticos.
- Evaluación y mejora continua del sistema – Medir el impacto en las métricas de confiabilidad (MTBF), mantenibilidad (MTTR), costos y eficiencia del mantenimiento, ajustando los planes de acuerdo con los resultados.

Pilar 4: Mantenimiento de la calidad

De acuerdo con Samotics (2025), Toda la planificación y estrategia de mantenimiento del mundo es inútil si la calidad del mantenimiento realizado es inadecuada. El pilar del mantenimiento de calidad se centra en integrar la detección y prevención de errores de diseño en el proceso de producción. Esto se logra mediante el análisis de causa raíz (específicamente, los "5 por qué") para identificar y eliminar las fuentes recurrentes de defectos. Al detectar proactivamente el origen de los errores o defectos, los procesos se vuelven más confiables, produciendo productos con las especificaciones correctas desde el primer intento.

Posiblemente el mayor beneficio del mantenimiento de calidad es que evita que productos defectuosos avancen por la línea de producción, lo que podría generar una gran cantidad de reprocesamiento. Con un mantenimiento de calidad específico, se abordan los problemas de calidad y se implementan contramedidas permanentes, minimizando o eliminando por completo los defectos y el tiempo de inactividad relacionados con los productos defectuosos.

Pilar 5: Gestión Temprana de equipos

De acuerdo con Kaizen Institute (2025), La Gestión Temprana de Equipos (EEM) es el pilar de la TPM dedicado a garantizar que los nuevos equipos funcionen según lo previsto desde el primer día. Se trata de un enfoque estructurado que comienza durante la fase de diseño del proyecto y continúa durante la implementación, con el objetivo de prevenir futuras fallas, reducir los costos del ciclo de vida y acortar la curva de aprendizaje.

Al anticipar posibles problemas e integrar los requisitos de mantenimiento y operativos durante la fase de diseño, las organizaciones pueden lograr una puesta en marcha más rápida, menos paradas y una mayor eficiencia. A continuación, se mostrarán los pasos determinantes para la gestión temprana de equipos.

- Fase de concepto: definir los requisitos técnicos, funcionales y de mantenimiento para garantizar que el nuevo equipo satisfaga las necesidades del proceso.
- Diseño de equipos: incorpore principios TPM y FMEA (análisis de modos de falla y efectos) desde el principio para garantizar la accesibilidad, confiabilidad y capacidad de mantenimiento.
- Detalle de ingeniería: validar el diseño técnico con un enfoque en la reducción de pérdidas y la preparación para la puesta en servicio.

- Estandarización de la instalación: establezca estándares de instalación para garantizar una implementación consistente y sin errores.
- Adquisición de prefabricación –Seleccionar cuidadosamente a los proveedores y validar los componentes según criterios previamente definidos.
- Mejoras de ingeniería: realice ajustes y mejoras finales utilizando FMEA y principios de confiabilidad para fortalecer la robustez del sistema.
- Instalación –Ejecutar el montaje de acuerdo con estándares definidos con supervisión técnica y soporte multifuncional.
- Puesta en marcha y arranque: garantice una rápida puesta en marcha, valide el rendimiento y comience de inmediato el seguimiento de OEE.
- Cuando se aplica sistemáticamente, la gestión temprana de equipos garantiza que los nuevos activos alcancen un rendimiento óptimo rápidamente, lo que impacta positivamente en la productividad, la confiabilidad y el retorno de la inversión

Pilar 6: Capacitación y educación

De acuerdo con Kaizen Institute (2025), la falta de conocimiento sobre los equipos puede desbaratar un programa de TPM. La capacitación y la educación se aplican a operadores, gerentes y personal de mantenimiento. Su objetivo es garantizar que todos estén en sintonía con el proceso de TPM y abordar cualquier brecha de conocimiento para que los objetivos de TPM sean alcanzables. Aquí es donde los operadores adquieren habilidades para mantener los equipos de forma proactiva e identificar problemas emergentes. El equipo de mantenimiento aprende a implementar un programa de mantenimiento proactivo y preventivo, y los gerentes se familiarizan con los principios de TPM, el desarrollo de los empleados y la capacitación. El uso de herramientas

como lecciones puntuales publicadas en el equipo o cerca de él puede ayudar a capacitar aún más a los operadores sobre los procedimientos operativos.

Pilar 7: Seguridad, Salud y Medio Ambiente.

De acuerdo con Kaizen Institute (2025), mantener un entorno de trabajo seguro significa que los empleados pueden realizar sus tareas en un lugar seguro y sin riesgos para la salud. Es importante crear un entorno que aumente la eficiencia de la producción, pero sin poner en riesgo la seguridad ni la salud de los empleados. Para lograrlo, cualquier solución implementada en el proceso de TPM debe considerar siempre la seguridad, la salud y el medio ambiente.

Además de los beneficios obvios, cuando los empleados acuden a trabajar en un entorno seguro a diario, su actitud tiende a ser mejor, ya que no tienen que preocuparse por este aspecto tan importante. Esto puede aumentar notablemente la productividad. La seguridad debe ser especialmente importante durante la fase inicial de gestión de equipos del proceso de TPM.

Pilar 8: TPM en administración

De acuerdo con Kaizen Institute (2025), Un buen programa de TPM es tan bueno como la suma de sus partes. El mantenimiento productivo integral debe ir más allá de la planta, abordando y eliminando áreas de desperdicio en las funciones administrativas. Esto implica apoyar la producción mejorando aspectos como el procesamiento de pedidos, las compras y la programación. Las funciones administrativas suelen ser el primer paso en todo el proceso de fabricación, por lo que es importante que estén optimizadas y libres de desperdicios. Por ejemplo, si los procedimientos de procesamiento de pedidos se optimizan, el material llega a la planta más rápido y con menos errores, eliminando posibles tiempos de inactividad mientras se localizan las piezas faltantes.

Tabla 4*Resumen Pilares de TPM*

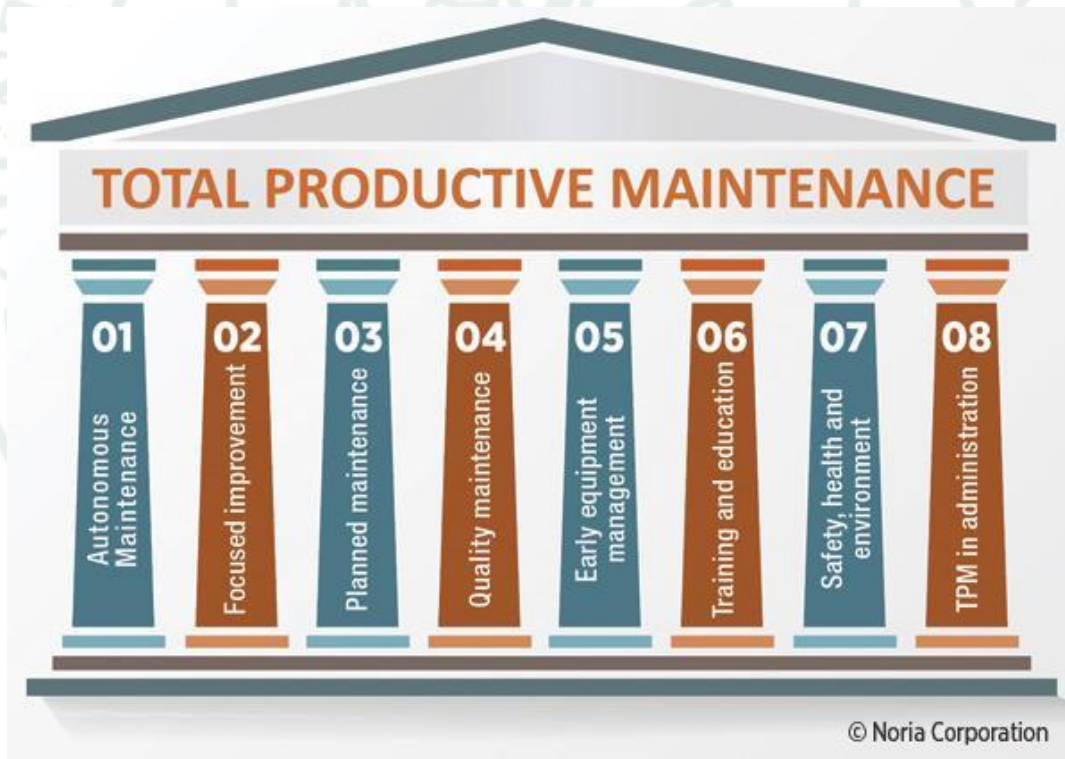
Pilar	Descripción	Ejemplos	Contribución a TPM
Mejora Focalizada (Kobetsu Kaizen)	Eliminación sistemática de pérdidas mediante análisis de causas raíz.	Uso de 5 Whys e Ishikawa en equipos multifuncionales.	Reduce fallos recurrentes, mejora OEE.
Mantenimiento Autónomo	Operadores realizan tareas básicas (CLIT: Limpieza, Lubricación, Inspección, Apriete).	Inspecciones diarias por operadores en líneas de producción.	Fomenta ownership, libera al equipo de mantenimiento.
Mantenimiento Planificado	Programación basada en datos (MTBF, MTTR) para prevenir fallos.	Mantenimiento predictivo con sensores IIoT.	Reduce downtime no planificado en 35-45%.
Mantenimiento de Calidad	Prevención de defectos controlando variables de proceso.	Integración de visión por máquina para detección temprana.	Minimiza rechazos, asegura calidad al 100%.
Gestión Temprana de Equipos	Diseño de nuevos equipos con enfoque en fiabilidad y facilidad de mantenimiento.	Uso de gemelos digitales en fases de planificación.	Acelera ramp-up, reduce costos de ciclo de vida.
Educación y Capacitación	Formación en habilidades técnicas y TPM para todos los niveles.	Academias de mantenimiento con AR/VR.	Eleva competencias, reduce errores humanos.

Seguridad, Salud y Medio Ambiente	Entorno cero accidentes mediante monitoreo proactivo.	Sensores IoT para detección de riesgos.	Mejora bienestar, cumple normativas sostenibles.
TPM Administrativo	Aplicación en funciones no productivas (logística, procurement).	Optimización de procesos administrativos con IA.	Elimina desperdicios en soporte, aumenta eficiencia global.

Nota. Recuperado de Kaizen Institute (2025).

Figura 2

Pilares de TPM



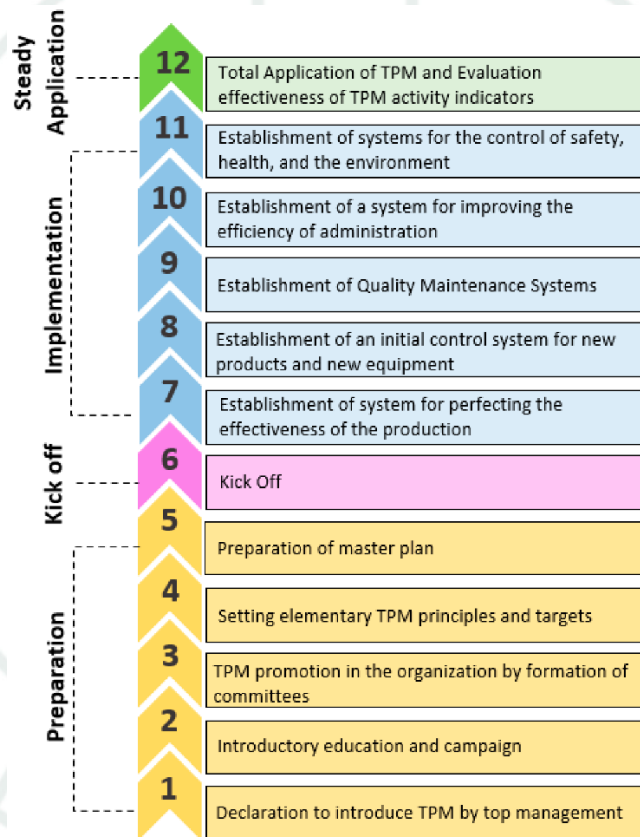
Nota. Recuperado de <https://www.reliableplant.com/Read/26210/tpm-lean-implem>

2.3.4 Implementación del TPM

En base a lo que sostiene Wolska (2023), El Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas y Seiichi Nakajima desarrollaron un modelo de implementación de TPM de 12 pasos, que abarca 4 fases de implementación, y que se ha utilizado ampliamente en industrias manufactureras en todo el mundo.

Figura 3

Doce pasos para implementar el TPM



Nota. Recuperado de Wolska (2025).

Paso 1: Declaración de introducción de TPM por parte de la alta dirección

La alta dirección debe anunciar la introducción de TPM en la organización, lo que demostrará su compromiso y apoyo a los procesos de implementación, mantenimiento y mejora.

La política y los objetivos de TPM declarados deben comunicarse a todos los empleados de la organización mediante un medio de comunicación común, como el correo electrónico, un tablón de anuncios o un boletín interno. En esta etapa, es necesario desarrollar un plan para integrar TPM en la estrategia empresarial de la organización.

Paso 2: Educación introductoria y campaña

Es fundamental que todos los empleados reciban capacitación en TPM para comprender los conceptos y la terminología utilizados en esta área. La capacitación debe estar diseñada para garantizar que cada empleado comprenda su función y responsabilidades según el alcance de su trabajo. La capacitación puede impartirse a través de diversos medios, como talleres y seminarios web.

Paso 3: Promoción del TPM en la organización mediante la formación de comités

Se debe crear un comité multifuncional para promover y supervisar las actividades de TPM en la organización. Es necesario asignar la responsabilidad de la implementación de TPM a cada miembro del comité. El plan de comunicación utilizado debe garantizar que las actividades de TPM se comprendan y respalden en toda la organización.

Paso 4: Establecer principios y objetivos elementales de TPM

Un plan detallado de implementación de TPM debe incluir un cronograma de implementación y objetivos definidos. Para medir la eficacia de las actividades de TPM, se deben definir valores base de los indicadores clave de rendimiento (KPI). Los objetivos de negocio deben ser coherentes con el principio SMART, que incluye ser específicos, medibles, alcanzables, relativos y con plazos definidos.

Paso 5: Elaboración del plan maestro

El plan maestro debe incluir hitos clave, responsabilidades y una fecha límite. Generalmente, el cronograma de un proyecto de TPM es de 3 años, pero depende completamente de la gestión de la organización. La base del plan maestro es el desarrollo de planes anuales, trimestrales y mensuales.

Paso 6: Inicio

En esta fase, la alta dirección anuncia el inicio del proyecto TPM en presencia de todas las partes interesadas. También se proporciona información a las partes interesadas, es decir, clientes, comerciantes e inversores. Es importante destacar que la implementación real del TPM comienza posteriormente, y todos los pasos previos están destinados a sentar las bases específicas.

Paso 7: Establecimiento de un sistema para perfeccionar la eficacia de la producción

La etapa se basa en la implementación de cuatro pilares con el fin de mejorar la eficiencia y eficacia productiva.

Primer Pilar: Mejora Enfocada (Kobetsu Kaizen): Equipos especiales desarrollan un programa de mejora enfocada para identificar y eliminar fallas en los equipos. Los empleados reciben capacitación en técnicas de resolución de problemas.

Segundo Pilar: Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen): La implementación de este pilar se lleva a cabo en siete pasos. El objetivo principal es capacitar a los operadores para que puedan realizar de forma independiente pequeñas tareas de mantenimiento, como lubricación, limpieza, etc., manteniendo así los equipos en óptimas condiciones.

Tercer Pilar: Mantenimiento Preventivo: Se desarrolla un sistema de mantenimiento preventivo para mantener un estado de cero fallos. Se implementan prácticas de mantenimiento correctivo, periódico o predictivo, y se desarrolla un plan de mantenimiento preventivo.

Cuarto Pilar: Capacitación y Educación: Todos los miembros del equipo reciben capacitación en todos los pilares, habilidades y actividades según sea necesario.

Paso 8: Establecimiento de un sistema de control inicial para nuevos productos y equipos

Este es el quinto pilar del TPM, cuyo objetivo es aprender de la experiencia previa de la organización. Esto permite que todos los equipos nuevos alcancen rápidamente los resultados deseados. Es posible alcanzar sin problemas la capacidad nominal del equipo en poco tiempo.

Paso 9: Establecimiento de sistemas de mantenimiento de la calidad (SGC)

En este paso se establece el sexto pilar. Una vez establecidos los sistemas de calidad y alcanzados los niveles óptimos, se estandarizan todos los procesos para lograr las condiciones óptimas.

Paso 10: Establecimiento de un sistema para mejorar la eficiencia de la administración

En esta etapa, el TPM se implementa en los departamentos que apoyan al departamento de producción (administración y oficinas). Es necesario desarrollar un sistema de recopilación, análisis y generación de informes de datos, así como mantener y analizar el historial de los equipos y los procedimientos para su modificación y reemplazo.

Paso 11: Establecimiento de sistemas para el control de la seguridad, la salud y el medio ambiente.

En esta etapa, se establece el pilar de Seguridad, Salud y Medio Ambiente para contribuir a mantener un nivel de cero accidentes. Se basa en el desarrollo de procedimientos para la seguridad de la operación y el mantenimiento de los equipos, y en la implementación de medidas para minimizar el impacto ambiental.

Paso 12: Aplicación total del TPM y evaluación de la eficacia de los indicadores de actividad del TPM

En esta fase, se desarrollan los KPI para medir la eficacia de las actividades de TPM, se establecen procedimientos para la recopilación y el análisis de datos sobre los KPI, y se revisa y

evalúa la eficacia de las actividades de TPM. El proceso de mejora de TPM continúa. La experiencia previa se utiliza para alcanzar objetivos más ambiciosos en los próximos años Wolska (2023).

2.3.5 Metodología 5S:

2.3.5.1 Descripción

Según Pérez (2019) las 5S es una metodología mediante la cual se pueden alcanzar mejoras duraderas en la organización, con un fuerte enfoque en el desarrollo de la estrategia de cambio organizacional, comenzando por establecer y mantener el orden y la limpieza en las diferentes áreas de la organización.

2.3.5.2 Beneficios 5S

- Mejorar los procesos de comunicación interna. Reduzca el tiempo que lleva encontrar el artículo deseado.
- Flujo de trabajo fluido.
- Mejorar nuestra disposición a trabajar.
- Proporcionar un proceso de mejora continuo y regular.
- Involucrar a todos los empleados en una herramienta simple y efectiva.
- Ayuda a deshacerse de los residuos. Reducir los riesgos de accidentes.
- Reduce el estrés de los empleados evitando tareas molestas.
- Menos transacciones y transferencias innecesarias.
- Mayor fiabilidad de la entrega debido a los retrasos.
- Mejorar nuestra imagen con los clientes.
- Bajo nivel de reserva. Identificar mejor los problemas.
- Ayuda a desarrollar buenos hábitos (Pérez, 2019).

2.4 Teoría sobre neumáticos

Son instalados junto con las llantas en el vehículo. Son una de las partes más importantes del vehículo, ya que las llantas son las únicas que están en contacto con la carretera.

El neumático debe tener la presión adecuada de aire en sus neumáticos, ya que un exceso o falta de presión puede generar desgaste excesivo y reducir el tiempo de vida media de los equipos. (Mecánico Automotriz, s.f.)

En base a lo mencionado las principales funciones son las siguientes:

- Soportan la carga ejercida por el vehículo
- Transmiten la fuerza motriz, fuerza de fricción y calor desde la superficie de la carretera hasta el vehículo.
- Disminuyen la energía de impacto producida por las irregularidades de la carretera.

Debido a su flexibilidad, el neumático absorbe los golpes de pequeños obstáculos desde la calzada, que constituye uno de los elementos de parada de un vehículo. Consiste en un sobre de fibras textiles (algodón, seda, nailon, etc.) o sólido, en capas superpuestas previamente recubiertas de caucho o resina sintética artificial. El conjunto está recubierto de una capa de caucho presente en su perímetro, en superficie dentada, varias ranuras para evitar el deslizamiento.

2.4.1 Estructura de los Neumáticos

Según la finalidad y el uso de estos equipos, existen neumáticos con cámara, sin cámara, neumáticos radiales o diagonales.

- Banda de rodadura Correa (Capas estabilizadoras rígidas) / Capas estabilizadoras Carcasa (tejido cruzado)
- Revestimiento interior

- Aro del talón

Por otro lado, cuando hay peligro de perforación, pinchazos u otros peligros cortantes se utiliza neumáticos de repuesto compactos con los que se puede continuar el recorrido incluso después de sufrir daños.

2.4.2 Tipos de neumáticos

Existen tres tipos de neumáticos claramente definidos, estos se conocerán a continuación.

2.4.2.1 Neumáticos diagonales

Están formados por capas de tejido cruzadas en diagonal. Estas capas se superponen para formar una rejilla de hasta ocho capas para los coches y 12 capas para los camiones. Esto aumenta la rigidez y los hace adecuados para transportar cargas pesadas a velocidades moderadas (Neumaticos Porpoco, s.f.).

2.4.2.2 Neumáticos radiales

Se introdujo en los años 50 y la línea diagonal fue desapareciendo. En este caso, el refuerzo del neumático consiste en una capa de tejido en posición radial, es decir, directamente transversal, de talón a talón. Es como un tubo con una malla metálica que cubre la parte superior. Esto hace que el flanco sea más ligero y flexible, lo que aumenta la durabilidad, la seguridad y la disipación de energía, y proporciona una zona de contacto más amplia con el asfalto (Neumaticos Porpoco, s.f.).

2.4.2.3 Neumáticos autoportantes

Al igual que en los neumáticos radiales, los diferentes tipos de lonas se solapan en línea recta hasta el flanco. El resultado es un neumático con una carcasa muy resistente pero menos rígida, lo que se traduce en una calidad de suspensión mucho menor.

Se utilizan principalmente en los coches de carreras y en la Fórmula 1. Su estructura rígida les permite funcionar a presiones muy bajas sin perder su forma, lo que los hace ideales para los coches deportivos, especialmente los de carreras (Neumaticos Porpoco, s.f.). Estos tres tipos de neumáticos se dividen en diferentes categorías, que se describen aquí para una mejor comprensión.

2.4.3 Tipos de neumáticos por tipo de vehículo

No todos los coches son iguales, y cada coche tiene sus propias necesidades de neumáticos, por lo que conocer las diferencias te ayudará a hacer la mejor elección.

2.4.3.1 Neumáticos de coche

Lo ideal es que cada vez que cambie los neumáticos de su coche, los sustituya todos, incluidas las ruedas de repuesto si es necesario, con los mismos surcos (aunque no es obligatorio montar una rueda de repuesto). Esto se debe a que mejora la estabilidad de la carretera, reduce el desgaste y garantiza una mayor vida útil.

Aunque, no todos los neumáticos deben cambiarse al mismo tiempo; por ejemplo, cuando se cambian los neumáticos delanteros, los dos neumáticos delanteros deben cambiarse al mismo tiempo para evitar dañar la estabilidad del coche. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no todos los neumáticos son iguales. Se necesitan diferentes tamaños en función del tamaño, el peso y las prestaciones del vehículo. Por ejemplo, los neumáticos de un SEAT Altea no son los mismos que los de un monovolumen. Teniendo esto en cuenta, hemos recorrido un largo camino. Consulte la ficha técnica del vehículo para saber qué neumáticos necesitas. Si no está seguro, siempre puede consultar a su mecánico. De todas formas, pueden ser necesarios neumáticos especiales y hay que tener

en cuenta el entorno de conducción, como se explica a continuación (Neumaticos Porpoco, s.f.).

2.4.3.2 Neumáticos de camión

Los neumáticos de camión usualmente tienen un diámetro mayor debido al peso del camión. Sin embargo, al igual que ocurre con los neumáticos de los coches, dependiendo del tipo de vehículo, algunos pueden montarse y otros no.

No obstante, a la hora de comprar neumáticos para camiones, es importante prestar atención a la calidad de estos, ya que es esencial que sean lo suficientemente duraderos como para soportar varias horas de uso diario en carretera. Muchas empresas de transporte utilizan neumáticos recauchutados para mantener sus camiones en buen estado de funcionamiento, pero la experiencia ha demostrado que no es recomendable (Neumaticos Porpoco, s.f.).

2.4.4 Tipos de Neumáticos según la estación

Ahora que ya se conoce los neumáticos de coche y camión, continuación se verá cómo se comportan en la actualidad. Se empezará a conocerlos mediante la adaptación de cada neumático a las estaciones y al clima. La razón es que los diferentes neumáticos se adaptan a diferentes condiciones y ayudará a conducir con más seguridad. Se presenta algunos tipos de neumáticos adecuados para las diferentes estaciones del año.

2.4.4.1 Neumáticos de verano

Excelente tracción al conducir en carreteras secas y mojadas en condiciones más cálidas. También tiene menos resistencia a la rodadura, es más eficiente en combustible y hace menos ruido cuando se conduce por carretera. El diseño de la sección transversal de los neumáticos de verano es más sencillo, con menos ranuras por donde pasa el agua, lo

que aumenta el contacto del parche con la superficie de la carretera. Como resultado, el automóvil tiene más estabilidad y capacidad de frenado durante los meses secos de verano (Continental The Future in Motion, 2021).

2.4.4.2 Neumáticos de invierno

Los neumáticos de invierno proporcionan un agarre excepcional en carreteras cubiertas de nieve o hielo, así como en carreteras mojadas con clima frío. El compuesto de la banda de rodadura de los neumáticos de invierno contiene más caucho natural para que no se endurezca cuando la temperatura es inferior a 7 °C. Manténgase en forma y elegante cuando hace frío para reducir las distancias de parada (Continental The Future in Motion, 2021).

2.4.4.3 Neumáticos all-season

Hasta la fecha, no existe un neumático perfecto capaz de manejar todas las condiciones climáticas durante todo el año. Como dijimos, los neumáticos de verano tienen un agarre terrible en la nieve y los neumáticos de invierno son malos en el asfalto caliente. Pero con los neumáticos para todas las estaciones, puedes combinar ambos mundos; Si vives en una zona con un clima templado en invierno o verano, o en una ciudad donde las ciudades están aradas y tienen un kilometraje inferior a 10.000 km, pueden ser suficientes para tus neumáticos (Continental The Future in Motion, 2021).

2.4.5 Tipos de neumáticos especiales

Existen otros tipos de neumáticos con características especiales que se debe conocer. Todas las características de los siguientes tipos de neumáticos están diseñadas para hacer más segura la conducción en carretera.

- **Neumáticos Tubeless**

En la actualidad, los neumáticos sin cámara están considerados como uno de los mejores neumáticos disponibles, por lo que no suelen ser muy baratos, aunque es evidente que la calidad puede variar de un neumático a otro en función de la marca, el proceso de fabricación y otros factores. Se diferencian de otros neumáticos en que no llevan cámara de aire incorporada, sino que se fijan a la llanta mediante talones con anillos de acero (Neumaticos Porpoco, s.f.).

- **Neumáticos Run-flat**

Los neumáticos Runflat también se conocen como neumáticos antipinchazos porque no contienen aire en su interior, por lo que los clavos u otros objetos punzantes no suponen un peligro para el neumático. El alto rendimiento de este tipo de neumáticos se debe a que el vehículo se beneficia más de los flancos reforzados de las ruedas (Neumaticos Porpoco, s.f.).

- **Neumáticos de 4x4**

Los neumáticos con tracción total tienen una sección transversal más ancha que los neumáticos de automóviles convencionales y, lo que es más importante, una masa lateral más ancha, así como ranuras más profundas. Los neumáticos estándar funcionan peor en superficies embarradas porque el perfil se llena rápidamente de barro y el neumático comienza a girar sin éxito, lo que provoca que el neumático se hunda cada vez más en el agujero. Por el contrario, los neumáticos con tracción total tienen una mejor tracción en superficies duras como barro, hierba y nieve sin obstruir el neumático (Continental The Future in Motion, 2021).

2.4.6 Criterios para la comprobación de neumáticos adecuados

- **Rigidez de la carcasa del neumático**

La carrocería puede ser más rígida o blanda según unos neumáticos más o menos deportivos. Aquí está el primer factor: el neumático no es ni demasiado blando ni demasiado rígido. Los neumáticos con cuerpos flexibles son más fáciles de deformar y absorben muy bien las irregularidades del terreno, pero al entrar en curvas y virajes, el coche pierde mucha precisión. Los neumáticos con un cuadro muy rígido garantizarán una conducción excelente, pero afectarán negativamente a la comodidad de conducción.

- **Funcionamiento en asfalto mojado**

Otro aspecto a tener en cuenta es el comportamiento del neumático bajo la lluvia, y aquí es donde destaca un neumático realmente bueno y donde vemos la peor cara de la rueda "económica" de origen desconocido.

- **Calidad del caucho**

La calidad del caucho utilizado en la fabricación de los neumáticos es sumamente importante ya que se traduce en el agarre del neumático. Un compuesto muy duro tiene menos resistencia a la progresión, por lo que no proporciona el mismo nivel de agarre que un compuesto más blando, "moldea" mejor el asfalto y provoca más resistencia, o incluso mejor agarre (Central Recambio Original, 2016).

- **Adecuación geométrica y estructural**

Algunas convenciones "d" caracterizan el diámetro nominal de la llanta y corresponden a su diámetro expresado en símbolos (números inferiores a 100) o en milímetros (números superiores a 100). Los números se pueden enumerar para ambos 120JKTIPOS con la cita. (Corsán Ingeniería de Gestión, s.f.).

Tabla 5*Diámetro nominal de llantas*

Código del diámetro nominal de la llanta (símbolo “d”)	Valor del símbolo “d” expresado en mm
8	203
9	229
10	254
11	279
12	305
13	330
14	356
15	381
16	406
17	432
18	457
19	482
20	508
21	533
22	559
24	610
25	635
14,5	368
16,5	419
17,5	445
19,5	495
20,5	521
22,5	572
24,5	622
26	660
28	711

Nota. Recuperado de: (Corsán Ingeniería de Gestión , s.f.).

- **Adecuación para la velocidad del vehículo**

El índice de velocidad es un código alfabético que corresponde a la velocidad máxima que puede alcanzar el neumático, el indicador de velocidad está al lado del indicador de carga (Corsán Ingeniería de Gestión, s.f.).

Tabla 6

Índice de velocidad

Índice de velocidad	Velocidad en km/h	Índice de velocidad	Velocidad en km/h	Índice de velocidad	Velocidad en km/h
A1	5	D	65	Q	160
A2	10	E	70	R	170
A3	15	F	80	S	180
A4	20	G	90	T	190
A5	25	J	100	U	200
A6	30	K	110	H	210
A7	35	L	120	V	240
A8	40	M	130	ZR	>240
B	50	N	140	W	270
C	60	P	150	Y	300

Nota. Recuperado de: (Corsán Ingeniería de Gestión , s.f.).

- **Adecuación para las cargas del vehículo**

Cuando se habla de "índice de carga", se refiere a un valor de 0 a 280 que nos permite determinar el peso máximo que puede soportar un neumático, desde 45 kg hasta 140 mil toneladas (140 toneladas) (Corsán Ingeniería de Gestión, s.f.).

Tabla 7

Índice de carga

Índice Carga	Carga (Kg)	Índice Carga	Carga (Kg)	Índice Carga	Carga (Kg)
0	45	40	140	80	450
1	45.2	41	145	81	462
2	47.5	42	150	82	475
3	48.7	43	155	83	487
4	50	44	160	84	500
5	51.5	45	165	85	515
6	53	46	170	86	530
7	54.5	47	175	87	545
8	56	48	180	88	560
9	58	49	185	89	580
10	60	50	190	90	600

Nota. Recuperado de: (Corsán Ingeniería de Gestión, s.f.).

2.4.7 Casuística de mantenimiento de neumáticos

Cortes en llantas

Se presenta cortes y fisuras en el caucho producto del contacto con piedras filosas, pedazos de cristal, metales, etc.; sin embargo, estos defectos no llegan a dañar la carcasa de la llanta. Por otro lado, se puede ejecutar las siguientes acciones de corrección:

- Utilizar un esmeril para retirar las partes dañadas más superficiales de la llanta.

- Aplicar parches internos al neumático en la zona afectada.
- Aplicar vulcanizado a la zona afectada.

Figura 4

Corte en banda de rodamiento superficial



Nota. Recuperado de: (Alfaro, 2019).

Pinchazos y perforaciones

La principal característica de este defecto son los cortes presentes en las bandas que, a diferencia de los cortes convencionales, perforan hasta los cinturones. Es producto del impacto producido al interior de las carcasas con cristales u objetos extraños. Como método de solución se puede implementar parches y vulcanizado.

Figura 5

Llanta con perforación



Nota. Recuperado de: (Mecánico Automotriz, s.f.).

Rotura del cinturón

Son causadas por una carga excesiva puntual en una zona de las llantas con objetos duros produciendo roturas en los cinturones. Como método de reparación se puede aplicar parches de reparación TIP TOP. A continuación, se muestra una imagen referencial del tipo de falla.

Figura 6

Rotura de cinturón



Nota. Recuperado de: (Mecánico Automotriz, s.f.).

Separación de bandas por efecto de temperatura

Este defecto se presenta por un sobrecalentamiento en zonas específicas de las bandas, por ejemplo, sobrecarga, presión excesiva, excesivas distancias de recorrido. Como consecuencia, se percibe olor a caucho quemado, desprendimiento de la goma y destrucción de la carcasa. Finalmente, se considera como irreparables estos defectos (Alfaro, 2019).

Figura 7

Separación de banda de rodamiento por efecto de la temperatura



Nota. Recuperado de: (Alfaro, 2019).

Desgarre de la banda de rodamiento

Se caracteriza por que la llanta pierde parte de la banda de rodamiento por el exceso de tracción de la llanta con las carreteras. Uno de los factores humanos es la inexperiencia de los trabajadores al momento de realizar un frenado brusco sobre material rocoso.

Figura 8

Desgarre de banda de rodamiento



Nota. Recuperado de: (Alfaro, 2019).

Creación de bollos o protuberancias

Se crean abultamientos en los neumáticos; no obstante, no se raja la goma. Una de las causas podría ser los pinchazos generados en la capa butílica, lo cual genera una acumulación de aire en el neumático. Adicionalmente, se puede aplicar recauchados o incluso perforar el abultamiento, solo si se encuentra en el talón del neumático.

Figura 9

Protuberancia en neumático



Nota. Recuperado de: (Alfaro, 2019).

Desgaste irregular

Se presenta un desgaste heterogéneo en las distintas zonas del neumático; sin embargo, no genera roturas en la goma. Por otro lado, se puede originar debido a ejes mal alineados, conducir vías extremas (inadecuadas), uso de neumáticos de diferente tamaño, etc. (Mecánico Automotriz, s.f.).

Figura 10

Desgaste irregular de neumático



Nota. Recuperado de: (Alfaro (2019)).

2.4.8 Procedimiento de mantenimiento de neumáticos

2.4.8.1 Montaje

Se trata de una actividad imprescindible para garantizar un nivel óptimo de seguridad a la hora de viajar en coche. Por ello, es fundamental que siempre sea realizado por profesionales, que cuenten con la experiencia y los mecanismos para hacerlo con garantía.

2.4.8.2 Alineación

Básicamente se trata de poner las ruedas en cada eje y los ejes paralelos entre sí, para centrar los ángulos que no se hayan fijado por estilo de conducción, colisiones,

arrastre, etc. Si están desalineados, los neumáticos se desgastarán de manera desigual, lo que reduce el contacto con el asfalto y pierde agarre. Además, una conducción mal equilibrada aumentará el consumo de combustible debido a los efectos del arrastre de los neumáticos y, por lo tanto, aumentará las emisiones. Las desviaciones pueden dañar partes del sistema de dirección del vehículo.

2.4.8.3 Equilibrado

Este deber es necesario para garantizar una conducción segura y mantener los neumáticos funcionando. Esto previene el desgaste de los neumáticos y el desgaste prematuro ya que protege la suspensión, los amortiguadores, las llantas, la dirección y la transmisión del vehículo, mejorando en gran medida el confort y la suavidad de marcha.

2.4.8.4 Cambio de Válvula

Las válvulas juegan un papel muy importante para mantener la presión correcta en las ruedas de un vehículo. A lo largo de su vida útil, la válvula se degradará debido al envejecimiento y la oxidación, así como a los efectos de la fuerza centrífuga al rodar el vehículo. Por lo tanto, se recomienda cambiar la válvula o cambiar la junta tórica (en el caso de una válvula inteligente) en cada cambio de neumático. Es un componente esencial de los sellos, la vida útil y la seguridad de los neumáticos, por lo que una válvula defectuosa o en mal estado pone en riesgo nuestra seguridad (Infotaller, 2018).

2.4.9 Teoría casuística en neumáticas

Los neumáticos son componentes críticos de vehículos que tienen un impacto significativo en la seguridad, el rendimiento y la eficiencia del transporte. Este informe exhaustivo abordará tanto la teoría fundamental de los neumáticos como una amplia casuística que cubre una variedad

de situaciones y desafíos relacionados con los neumáticos. Se incluirá bibliografía actualizada para respaldar los conceptos presentados.

2.4.9.1 Casuística de Neumáticos

La casuística de neumáticos abarca una amplia variedad de situaciones y problemas que los conductores pueden encontrar:

- **Desgaste Irregular:**

El desgaste inusual de la banda de rodadura puede ser indicativo de problemas en la suspensión o la alineación.

- **Pinchazos y Daños:**

Los pinchazos y daños en los neumáticos son comunes. La reparación o el reemplazo oportuno son esenciales para evitar un fallo catastrófico.

- **Reventones:**

Los reventones pueden ocurrir debido a la baja presión de inflado, el desgaste excesivo o el impacto con objetos en la carretera.

- **Condiciones Climáticas:**

Los neumáticos responden de manera diferente a diferentes condiciones climáticas. Los conductores deben estar conscientes de cómo afecta la lluvia, la nieve o el hielo al agarre y la tracción.

- **Rotación y Mantenimiento:**

La rotación regular de los neumáticos y el mantenimiento adecuado prolongan su vida útil y optimizan el rendimiento. (Gent & Walter, 2005)

CAPITULO III: METODOLOGÍA DEL PROYECTO

3.1 Ubicación espacial.

La ubicación espacial de la presente investigación será el Taller de una empresa de servicio de mantenimiento para una unidad minera que se ubica en el sur del Perú, específicamente en la ciudad de Ilo en el departamento de Moquegua.

3.2 Análisis de los equipos a evaluar

Para comenzar con el análisis e implementación de la estrategia del mantenimiento TPM, se va a considerar la siguiente tipología:

Tabla 8

Flotas a analizar

Tipos de Flotas	
Flota	Cantidad
Liviana	43
Semipesado	49

Nota. Elaboración propia.

Según vemos en el análisis de los vehículos, se ve que los vehículos livianos y semipesados, van a ser en total 92, para esta consideración se va a evaluar una muestra de vehículos correspondientes, los que son.

Tabla 9

Cantidad de vehículos total a evaluar

Cantidad de vehículos por flota		
Flota	Familia	Cantidad
Liviana	Camionetas	20
Semipesado	Montacargas	20
Total		40

Nota. Elaboración propia.

Con esto se ve la cantidad y los tipos de vehículos que se van a evaluar la situación actual y en el desarrollo e implementación de la estrategia del mantenimiento TPM.

3.3 Descripción de los equipos a analizar por familia

3.3.1 Camionetas Hilux 4 x 4

En el sector minero peruano, la Hilux 4x4 no solo es una herramienta de movilidad, sino un componente integral de la cadena productiva. Su versatilidad permite aplicaciones multifuncionales: desde el transporte de personal en turnos rotativos hasta la facilitación de inspecciones en pozos o plantas de procesamiento. Con una participación dominante en el mercado (superando el 80% en algunas operaciones), este modelo ha demostrado resiliencia en condiciones extremas, como temperaturas variables (-10°C a 40°C) y exposición constante a polvo abrasivo.

- **Durabilidad y Confiabilidad:** Diseñada para entornos hostiles, la Hilux registra tasas de disponibilidad superiores al 95% en flotas mineras, con intervalos de mantenimiento extendidos (cada 10.000-15.000 km). Estudios recientes destacan su capacidad para operar sin fallos mayores en zonas mineras como Cajamarca o Arequipa, donde el chasis reforzado resiste

torsiones e impactos. El bajo índice de averías (menos del 5% anual en uso intensivo) reduce costos operativos, permitiendo un retorno de inversión rápido.

- **Eficiencia en Terrenos Exigentes:** El sistema 4x4 con reductora permite velocidades controladas en off-road (hasta 40 km/h en modo bajo), ideal para accesos a yacimientos remotos. En pruebas reales, el vehículo mantiene un consumo eficiente incluso en altitudes elevadas, donde el turbo intercooler compensa la pérdida de oxígeno. Esto se traduce en menor downtime para recargas de combustible durante jornadas prolongadas.

- **Gestión de Neumáticos en Minería:** Los neumáticos All-Terrain son un punto crítico de mantenimiento. En caminos mineros con escoria y fragmentos metálicos, la vida útil se reduce hasta un 40% si no se realiza rotación y alineación. Recomendación: monitoreo mensual de presión y profundidad de banda (mínimo 4 mm para seguridad). En flotas, se sugiere stock de 4-6 neumáticos de repuesto por cada 20 unidades, con contrato de servicio con proveedores locales (ej. Michelin Perú o Bridgestone).

- **Adaptabilidad a Operaciones Específicas:** Para carga y descarga, la tolva modular facilita la integración de accesorios mineros como barras antivuelco o protecciones laterales. En traslado de personal, el habitáculo ergonómico reduce fatiga, mientras que la integración de GPS y conectividad soporta monitoreo remoto de flotas. Limitaciones incluyen un mayor desgaste en frenos y neumáticos en uso continuo off-road (revisión recomendada cada 5.000 km), pero esto se mitiga con paquetes de equipamiento minero opcionales, como filtros de aire reforzados.

- **Aspectos de Sostenibilidad:** Modelos recientes incorporan tecnologías para reducir emisiones (cumpliendo Euro 5/6), alineándose con regulaciones mineras peruanas sobre impacto ambiental. El consumo optimizado contribuye a flotas más ecológicas, con opciones híbridas en desarrollo para futuras iteraciones.

3.3.1.1 Características técnicas

Se evalúa la ficha técnica de las camionetas Hilux, los parámetros que van a influir en el estudio e implementación de la mejora bajo el enfoque moderno TPM.

Tabla 10

Características técnicas de camioneta 4X4

Categoría	Especificación Detallada	Relevancia para Operaciones Mineras
Motor y Rendimiento	Motor 1GD-FTV 2.8L Turbo Diésel Intercooler: 201 HP a 3.400 rpm, torque máximo de 500 Nm a 1.600-2.800 rpm. Alternativa: 2GD-FTV 2.4L, 147 HP y 400 Nm. Consumo mixto: 8-10 km/L (hasta 7 km/L en off-road intensivo).	Proporciona potencia suficiente para ascensos en pendientes mineras (hasta 45° de inclinación) y arrastre de remolques con equipo geológico; el torque elevado facilita el transporte de cargas en altitudes superiores a 4.000 msnm, donde otros vehículos pierden eficiencia.
Transmisión y Tracción	Automática secuencial de 6 velocidades (6AT) con modos ECO/POWER/NORMAL, reductora y bloqueo diferencial trasero/central; o manual de 6 velocidades (6MT). Sistema 4x4 electrónico con selector (2H/4H/4L).	Optimiza el manejo en rutas mixtas (carreteras pavimentadas y caminos de tierra con barro o rocas), reduciendo la fatiga del conductor durante jornadas de 12-14 horas típicas en minas; el bloqueo diferencial mejora la tracción en superficies resbaladizas por lluvia o polvo mineral.
Dimensiones y Capacidad	Longitud total: 5.325 mm; Ancho: 1.855 mm; Altura: 1.815 mm. Distancia entre ejes: 3.085 mm. Capacidad de tolva: 1.520 x 1.540 x 480 mm, carga útil:	Facilita la carga rápida de herramientas, muestras de minerales y equipo de mantenimiento; el espacio interior acomoda hasta 5 personas con

	<p>hasta 1.050 kg. Peso bruto vehicular: 2.910 kg. Tanque de combustible: 80 L. Ángulo de ataque/salida: 29°/26°.</p>	<p>equipo de protección personal (EPP), ideal para traslados grupales en sitios remotos. La altura libre al suelo (233 mm) previene daños por obstáculos en caminos mineros.</p>
<p>Suspensión y Chasis</p>	<p>Delantera: Independiente con doble horquilla, barra estabilizadora y amortiguadores de gas. Trasera: Eje rígido con muelles semi-elípticos multicapa. Chasis de acero de alta resistencia con tratamiento anticorrosivo.</p>	<p>Absorbe impactos de terrenos irregulares, reduciendo vibraciones que podrían afectar la integridad de herramientas sensibles; en minería, soporta exposición prolongada a corrosión por sales minerales y humedad, extendiendo la vida útil del vehículo.</p>
<p>Neumáticos</p>	<p>Ruedas de aleación 17" o 18" (según versión SRV/SRX). Neumáticos estándar: 265/65 R17 All-Terrain (AT) o 265/60 R18 Highway-Terrain (HT). Índice de carga: 112/109 (hasta 1.120 kg por neumático). Marcas homologadas: Bridgestone Dueler A/T o Dunlop Grandtrek AT25 (originales de fábrica). Presión recomendada: 33-36 psi (frente), 36-40 psi (trasero con carga). Vida útil estimada en minería: 40.000–55.000 km (con rotación cada 5.000 km).</p>	<p>Los neumáticos AT son críticos en minería por su agarre en grava, barro y rocas sueltas; el diseño de tacos profundos (9-11 mm) evita pinchazos por fragmentos metálicos o pedernal. En condiciones peruanas (polvo volcánico, caminos con escoria), se recomienda rotación estricta y reemplazo preventivo para evitar fallas en zonas remotas. Kits de repuesto con llantas reforzadas (run-flat o con sidewall rígido) son comunes en flotas mineras.</p>
<p>Seguridad y Tecnología</p>	<p>Toyota Safety Sense 2.5: Frenado autónomo de</p>	<p>Minimiza riesgos en entornos de baja visibilidad (polvo, niebla</p>

emergencia, alerta de salida de carril, control de cruce adaptativo, monitor de punto ciego. 7 airbags SRS, VSC (control de estabilidad), HAC (asistente de ascenso), DAC (control de descenso). Pantalla táctil de 8-9" con Apple CarPlay/Android Auto, cámara 360° y sensores de estacionamiento. Frenos ABS + EBD + BA.	andina) y pendientes pronunciadas; características como el control de descenso son cruciales para descensos seguros con carga, protegiendo al personal durante traslados.
--	---

Nota. Recuperado de: (Toyota, 2019).

Se nos indica que los neumáticos utilizados en las camionetas deben de ser del modelo 225/70 R17, siendo este su modelo más ideal según la fábrica, ahora veremos otras características, que se nos indican según el procedimiento de evaluación y mantenimiento, del mismo.

3.3.1.2 Características de neumáticos de camionetas Hilux 4X4.

Para el análisis de las camionetas, nos vamos a guiar del manual de reparación y mantenimiento de las camionetas Toyota Hilux D1 y D2, donde nos presentan información importante para el análisis de neumáticos de montacargas considerados componente principal y crítico para la operación segura.

Tabla 11*Características principales de neumáticos de camionetas Hilux 4X4*

Aspecto	Detalles Técnicos y Operativos	Relevancia en Minería Peruana
Modelo de neumático original	Bridgestone Dueler A/T 001 o Dunlop Grandtrek AT25 (265/65 R17 112H o 265/60 R18 110H). Tipo: All-Terrain (AT) con banda de rodadura simétrica, profundidad de taco: 9.5–11 mm.	Optimizado para caminos mixtos: asfalto, grava, barro y rocas sueltas (típicos en accesos a minas como Yanacocha o Las Bambas).
Índice de carga y velocidad	112 (1.120 kg/neumático) – 109 (1.030 kg en doble trasero). Velocidad máxima: H (210 km/h).	Soporta carga útil de 1.050 kg + 5 ocupantes + EPP sin riesgo de explosión en pendientes.
Presión recomendada	Frente: 33 psi (vacío) / 36 psi (carga). Trasero: 36 psi (vacío) / 40–45 psi (carga máxima). Ajuste por altitud: +2 psi cada 1.000 msnm > 3.000 m.	En altitudes mineras (4.000–4.800 msnm), la presión debe incrementarse para compensar menor densidad de aire y evitar calentamiento.
Vida útil estimada	40.000 – 55.000 km (uso mixto 60% off-road). En minería intensiva: 30.000 – 40.000 km (con rotación estricta).	Desgaste acelerado por escoria volcánica, fragmentos metálicos y caminos sin pavimentar.
Métricas clave de monitoreo	- Profundidad de banda: Mínimo legal 1.6 mm → Recomendado en minería: 4 mm (seguridad en lluvia/barro). - Desgaste irregular: < 2 mm diferencia entre tacos. -	Permite programar reemplazos preventivos antes de fallas críticas en zonas remotas.

	Índice de pinchazos: < 1 por 10.000 km (meta).	
Costo estimado por unidad (flota 20 Hilux)	- Neumático nuevo (AT premium): S/ 850 – S/ 1.200 c/u. - Costo anual por vehículo: S/ 3.400 – S/ 4.800 (4 neumáticos). - Total flota (20 unidades): S/ 68.000 – S/ 96.000/año.	Incluye mano de obra (S/ 80 por montaje). Contrato con Bridgestone Perú reduce 10–15%.
Protocolo de mantenimiento (flota de 20 unidades)		
→ Cada 5.000 km	Rotación cruzada (X-pattern), alineación y balanceo.	Equilibra desgaste; reduce vibraciones en suspensión.
→ Cada 10.000 km	Inspección visual + medición de profundidad con calibrador digital (ej. TESA o Mitutoyo).	Detecta desgaste prematuro por sobrecarga o mal alineación.
→ Cada 15.000 km	Ajuste de presión + revisión de válvulas y sensores TPMS (si aplica).	Previene fallas por presión baja en carga.
→ Reemplazo programado	A los 35.000 km o 4 mm de profundidad (lo que ocurra primero).	Evita riesgos en descensos con carga.
Recomendaciones para minería	1. Kit de repuesto reforzado: 2 neumáticos + gato hidráulico + llave de torque. 2. Neumáticos opcionales: BFGoodrich All-Terrain T/A KO2 (mayor resistencia a cortes). 3. Sensores TPMS conectados a telemática (ej. Geotab) para alertas en tiempo real. 4. Capacitación conductores:	Reduce downtime por pinchazos en campo (hasta 8 horas perdidas por incidente).

Evitar frenadas bruscas y
sobrecarga.

Nota. Recuperado de: Gestión de Neumaticos en flotas mineras – Estudio 2024”, Camara de comercio Peru-Australia (CCPA)

Se puede obtener mediante el análisis de la información que los neumáticos son un componente crítico de los vehículos que conforman la flota liviana, influyendo directamente en la seguridad, disponibilidad y eficiencia en la operación.

3.3.2 Montacarga Caterpillar

En el contexto de la industria minera peruana, donde las operaciones requieren equipos de manejo de materiales robustos para enfrentar cargas pesadas, entornos polvorientos y espacios confinados, los montacargas Caterpillar (CAT) de 9 toneladas, como el modelo P20000, se posicionan como una solución esencial en flotas de apoyo logístico pues brindan seguridad, operación sencilla y adaptabilidad al sector soportando y operando bajo temperaturas elevadas así como bajas temperaturas, afectaciones por corrosión, polvo y terrenos agrestes, bajo este contexto se evaluará las características técnicas y de mantenimiento influyentes en dicha familia de equipos así como sus componentes principales.

En el sector minero peruano, el montacargas P20000 no solo es un equipo de elevación, sino un pilar en la logística interna, facilitando el traslado seguro de materiales en bodegas, plantas de producción y áreas de mantenimiento, este modelo soporta ciclos intensivos en condiciones extremas, como temperaturas de -5°C a 45°C y polvo abrasivo, con tasas de disponibilidad $>95\%$.

- **Durabilidad y Confiabilidad:** Construido para entornos hostiles, registra bajo índice de averías ($<4\%$ anual en uso minero), con mantenimiento cada 500 horas. Estudios destacan su resistencia en zonas como Cajamarca, donde el chasis soporta corrosión y vibraciones constantes, reduciendo downtime y costos de reparación.

- **Eficiencia en Entornos Exigentes:** El motor diésel con bajo consumo optimiza operaciones en altitudes elevadas, manteniendo velocidades de viaje de hasta 24 km/h con carga. En pruebas, eleva 7 Tn en <10 segundos, ideal para flujos rápidos en carga/descarga de herramientas.

- **Gestión de Neumáticos en Minería:** Los neumáticos todo terreno son un foco de mantenimiento clave. En pisos mineros con escoria, la vida útil se reduce hasta 30% sin rotación; se recomienda inspección semanal de presión y profundidad (mín. 6 mm). En flotas peruanas, sólidos minimizan interrupciones remotas.

- **Adaptabilidad a Operaciones Específicas:** Integra accesorios mineros como horquillas laterales o cabinas presurizadas contra polvo. Para almacenamiento, la visibilidad mejorada acelera ciclos; limitaciones incluyen mayor consumo en ciclos hidráulicos intensos (revisión cada 250 horas), mitigado con filtros reforzados.

- **Aspectos de Sostenibilidad:** Reducción de emisiones hasta 20% vs. modelos previos, alineado con regulaciones peruanas (Ley de Gestión Ambiental Minera). Opciones de combustible biodiesel para flotas ecológicas.

3.3.2.1 Características técnicas de montacargas P2000

En base a los modelos y checklist, se realiza el análisis de montacargas P2000, para identificar sistemas y componentes críticos que influyan directamente en la disponibilidad y operación segura del equipo y la carga que va a transportar, por esta razón se considera el entorno y se evalúa su desempeño.

Tabla 12*Ficha técnica montacargas*

Categoría	Especificación Detallada	Relevancia para Operaciones Mineras
Motor y Rendimiento	Motor diésel 6M60-TL de 7.5 L (460 cu in), 6 cilindros: 148 HP (110 kW) a 2.100 rpm, torque máximo de 450 lb-ft (610 Nm) a 1.600 rpm. Consumo aproximado: 12-18 L/h en ciclo mixto. Altura máxima de elevación: hasta 3.300 mm (11 ft, configurable). Velocidad de elevación: 28 m/min (91 ft/min) con carga.	Ofrece potencia para elevar palets con concentrados minerales o maquinaria pesada en plantas de chancado; eficiencia en altitudes >4.000 msnm, compensando densidad de aire reducida y minimizando interrupciones por combustible en turnos extendidos.
Transmisión y Hidráulica	Transmisión Powershift automática de 3 velocidades (adelante/atrás). Sistema hidráulico con bomba de pistones: flujo 250 L/min, presión 250 bar. Pedales ergonómicos para control preciso.	Permite maniobras fluidas en bodegas amplias o áreas de carga externa; la hidráulica de alta capacidad acelera ciclos en operaciones de 12-16 horas, con modos de potencia para cargas variables en pisos irregulares.
Dimensiones y Capacidad	Capacidad nominal: 9.000 kg (19.842 lbs) a centro de carga de 600 mm. Longitud total (con horquillas): 4.270 mm (14 ft); Ancho: 2.440 mm (8 ft); Altura (guarda superior): 2.740 mm (9 ft). Distancia entre ejes: 2.740	Maneja contenedores voluminosos de explosivos o equipo de perforación en tolvas mineras; dimensiones estables para navegación en pasillos de 4-5 m, con

	mm (9 ft). Radio de giro: 3.960 mm (13 ft). Peso del equipo: 14.320 kg (31.570 lbs).	elevación alta para estanterías en almacenes remotos.
Suspensión y Chasis	Chasis de acero soldado de ultra-alta resistencia con recubrimiento anticorrosivo. Suspensión delantera con ejes planetarios robustos y amortiguadores hidráulicos. Plataforma de acceso rápida sin herramientas.	Soporta vibraciones e impactos en pisos con grava o escoria en zonas de extracción; protección contra corrosión por sales minerales y humedad, prolongando vida útil en entornos abrasivos.
Neumáticos	Ruedas de 20" (delanteras dobles/traseras simples). Neumáticos estándar: 9.00x20-12PR o 9.00x20-14PR neumáticos (pneumatic), tipo todo terreno. Índice de carga: hasta 4.500 kg delantero / 3.800 kg trasero. Marcas homologadas: Michelin XLD o Bridgestone V-Steel (pneumáticos reforzados). ZPresión recomendada: 10-12 bar (145-175 psi) con carga. Vida útil estimada en minería: 4.000-6.000 horas (rotación cada 750 horas). Opcional: sólidos para entornos extremos.	Los neumáticos todo terreno proporcionan tracción en superficies con polvo, barro o rocas; diseño de banda profunda (15-18 mm) resiste cortes por fragmentos metálicos. En flotas mineras peruanas, se priorizan versiones reforzadas para reducir pinchazos en caminos no pavimentados.
Seguridad y Tecnología	Sistema de Estabilidad Activa (AFS): Sensores de inclinación y carga para prevención de	Mitiga riesgos en áreas de alto tráfico con maquinaria pesada; AFS es vital para

vuelcos. Cabina con ROPS/FOPS (protección contra vuelco/caída de objetos), joystick multifunción y monitor LCD de diagnóstico. Frenos húmedos de múltiples discos, alarma de retroceso y luces LED. Cumple ISO 3691-1:2020 y ASME B56.1.	elevaciones en pendientes mineras o con cargas inestables, salvaguardando operadores en condiciones de baja visibilidad por polvo.
--	--

Nota. Recuperado de: (Caterpillar, 2021).

De esta ficha técnica, podemos determinar que los neumáticos a utilizar en el vehículo deben ser del modelo 9.00x20-12PR o sus derivados en adelante, así mismo se identifica que los neumáticos forman parte de un sistema crítico del equipo para el cual corresponde una evaluación.

3.3.2.2 Análisis de la gestión de neumáticos para montacargas

Para este fin se va a considerar los manuales de mantenimiento y complementar con la experiencia de los técnicos mantenedores especializados en montacargas.

Tabla 13

Características principales de neumáticos de montacargas P20000

Aspecto	Detalles Técnicos y Operativos	Relevancia en Minería Peruana
Tipo de neumático	Neumáticos neumáticos reforzados (estándar) o sólidos (opcional). Estándar: 9.00x20-12PR (delantero doble) / 9.00x20-14PR (trasero). Sólidos recomendados: Michelin XLD D2 o Bridgestone V-Steel Rib (sin aire, anti-cortes).	En minería, 85% de flotas optan por sólidos por durabilidad en pisos con escoria metálica y grava volcánica.

Índice de carga	Delantero: 5.000-6.000 kg/neumático (doble). Trasero: 4.000 kg/neumático.	Soporta 9 Tn + peso equipo (14 Tn total) con estabilidad en elevaciones.
Presión (neumáticos neumáticos)	10-12 bar (145-175 psi) – ajuste diario con carga y temperatura (+1 bar >40°C).	Alta presión para tracción en superficies inclinadas o húmedas.
Vida útil estimada	- Neumáticos neumáticos: 3.000 – 4.500 horas. - Neumáticos sólidos: 6.000 – 10.000 horas (2-2.5 veces más).	En uso minero (4 turnos), sólidos duran 2.5-4 años con mantenimiento.
Métricas clave de monitoreo	- Desgaste de banda (sólidos): Mínimo 60% de espesor original. - Grietas/cortes laterales: < 10 mm profundidad. - Temperatura operativa: < 100°C (infrarrojo). - Índice de reemplazo: 1 juego cada 7.000 horas (meta).	Previene inestabilidad en cargas pesadas o giros.
Protocolo de mantenimiento (flota de 20 montacargas)		
→ Cada 400 horas	Inspección visual + medición espesor con micrómetro digital.	Detecta daños por impactos laterales.
→ Cada 750 horas	Rotación (delantero ↔ trasero). Limpieza y torque tuercas (350 Nm).	Equilibra en pisos irregulares.
→ Cada 1.500 horas	Balanceo dinámico + verificación sidewall.	Evita vibraciones en hidráulica.
→ Reemplazo programado	A las 7.500 horas o 60% desgaste (sólidos).	Minimiza riesgos en operaciones críticas.

	- Neumático sólido (Michelin/Bridgestone): S/ 6.500 – S/ 8.500 c/u. - Juego completo (6 neumáticos): S/ 39.000 – S/ 51.000. - Costo anual por unidad: S/ 26.000 – S/ 34.000 (vida 2.5 años). - Total flota (20 unidades): S/ 520.000 – S/ 680.000/año.	Incluye montaje con grúa (S/ 500). Contrato Ferreyros reduce 15%.
Costo estimado por unidad (flota 20 montacargas)		
Recomendaciones para minería	1. Priorizar sólidos en exteriores para anti-pinchazos. 2. Stock de emergencia: 6 juegos en bodega. 3. RFID/TPMS integrado con CAT Product Link. 4. Capacitación: Evitar sobrecargas laterales.	Baja downtime por fallas en >80%.

Nota. Recuperado de Ferreyros S.A.A. (2024) Mantenimiento de neumáticos en montacargas pesados: Guía 2024. <https://www.ferreyros.com.pe/publicaciones>.

En base al análisis podemos determinar que los neumáticos no solo conforman un problema para la disponibilidad y operación, sino también por los elevados costos asociados al mantenimiento. Se resume el análisis de los neumáticos de ambas flotas y las implicaciones en la operación.

Tabla 14

Resumen de análisis de neumáticos de camionetas 4X4 y montacargas P20000

Parámetro	Hilux 4x4 (por vehículo)	CAT DP70NH (por unidad)
Tipo preferido	All-Terrain neumático	Sólido (anti-pinchazos)
Vida útil	30.000–40.000 km	5.000–8.000 horas
Costo anual/unidad	S/ 3.400 – S/ 4.800	S/ 18.000 – S/ 24.000

Frecuencia mantenimiento	Cada 5.000 km	Cada 500 horas
Stock recomendado (flota 20)	10 neumáticos de repuesto	4 juegos completos (24 neumáticos)
Reducción de riesgo	+65% con rotación	+78% con sólidos

Nota. Elaboración propia.

3.4 Análisis de estado base Montacarga y camioneta Hillux

Se realiza el estado base de ambas flotas para identificar oportunidades de mejora se hallaron varias deficiencias críticas asociadas a los neumáticos.

Ausencia de un checklist de mantenimiento estructurado y estandarizado: las revisiones se realizan de manera informal, basadas exclusivamente en la experiencia individual de los mantenedores, sin registros sistemáticos ni seguimiento histórico.

Elevada incidencia de fallas por neumáticos: se identificaron desgastes irregulares, pinchazos frecuentes, presiones inadecuadas y vida útil significativamente menor a la esperada, generando paradas no programadas, riesgos de seguridad y altos costos de reposición reactiva.

Falta de tendencias y criterios objetivos de reemplazo: no existen registros que permitan prever el consumo real de neumáticos ni de otros componentes de alto desgaste (frenos, suspensión, baterías en montacargas, etc.), lo que deriva en sobrestock o quiebres de inventario.

Mantenimiento reactivo predominante: las intervenciones se ejecutan solo ante fallas evidentes, sin prevención ni planificación, afectando directamente la disponibilidad de los equipos y la seguridad operativa.

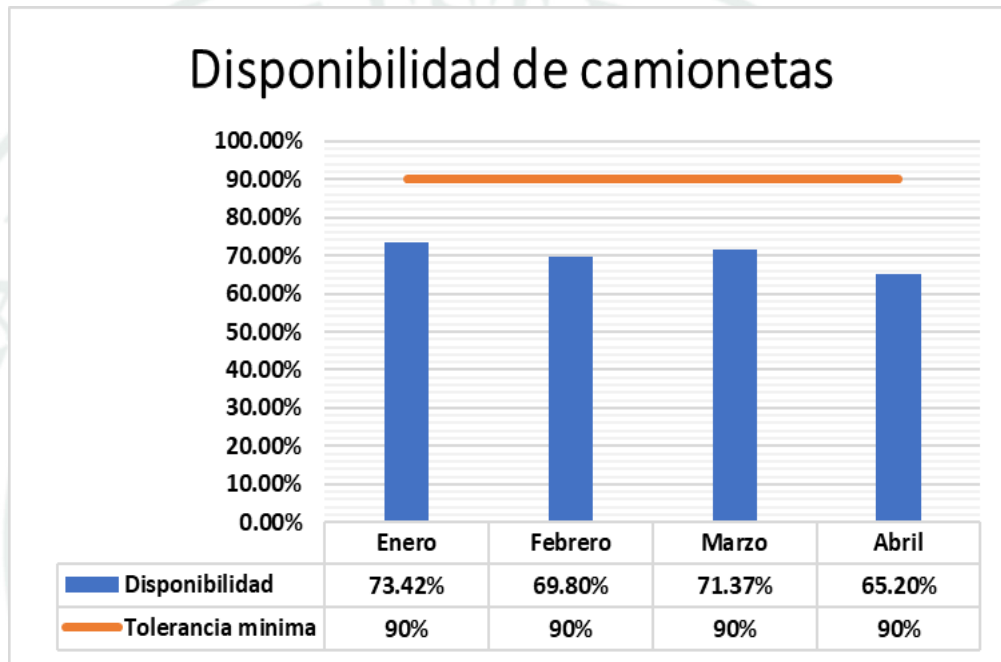
Por estas deficiencias identificadas, se toma en cuenta el plan de mantenimiento primigenio, elaborado por los mantenedores se identificó los puntos de mejora para ello se propone implementar una metodología que mejore todos los aspectos influyentes.

3.5 Análisis de indicadores de mantenimiento

Primero vamos a evaluar la disponibilidad de la flota de vehículos livianos:

Figura 11

Disponibilidades de Camionetas



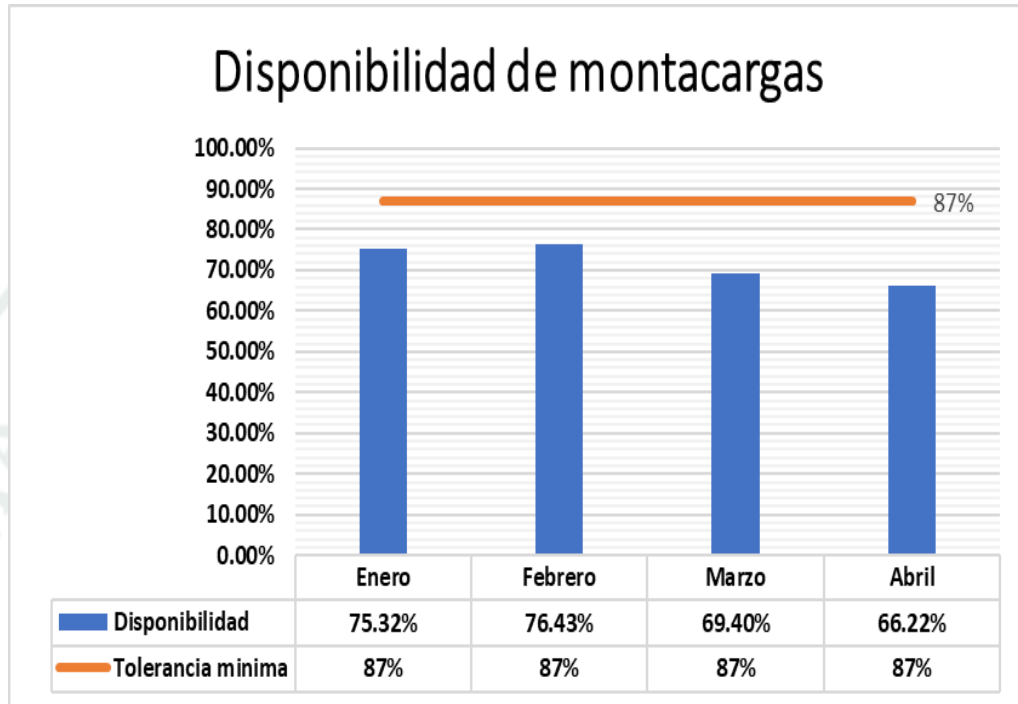
Nota. Elaboración propia.

Según se ve en la gráfica, la disponibilidad física que se ha determinado según las evaluaciones en la flota liviana, no se ha cumplido con la tolerancia mínima efectiva de 90% para así poder trabajar, dando un claro panorama de que el proceso de mantenimiento ha tenido falencias en el proceso de trabajo.

Ahora se va a analizar la disponibilidad en función a la flota de vehículos semipesados, para este fin se va a considerar del mismo modo que en el caso anterior, los indicadores, estado de los vehículos en este caso los montacargas.

Figura 12

Disponibilidades de montacargas



Nota. Elaboración propia.

Según se puede ver, la flota de vehículos semipesados, tampoco han cumplido con la tolerancia mínima aceptable de 87%, siendo esto un problema grave para realizar los procesos productivos.

Viendo estos puntos de la disponibilidad y la gestión de inventarios, podemos determinar que ambas falencias van relacionadas, ya que, al no haber una disponibilidad de repuestos e insumos en el inventario, esto va a generar que haya problemas con el proceso de reparación o mantenimiento de los vehículos.

3.5.1 Análisis de indicadores de mantenimiento

Para continuar con el análisis de los indicadores que se han presentado en el proceso de la gestión del mantenimiento de los neumáticos, vamos a determinar las horas inoperativas que han presentado en el proceso productivo de los vehículos semipesado y livianos a analizar.

Ahora en la siguiente tabla, vamos a evaluar las disponibilidades y las horas que van a estar paradas los vehículos de trabajo para el final del mes de abril 2024.

Tabla 15

Análisis de horas de servicio de vehículos

Tipo Equipo	Código	Horas	Suma De Horas	Disponibilidad
		Inoperativo	Mes	
Camionetas	V7G438	3.33	720	99.54%
Camionetas	Z4K930	720	720	0.00%
Camionetas	Z4K918	720	720	0.00%
Camionetas	Z4K919	3.33	720	99.54%
Camionetas	Z5F838	3.33	720	99.54%
Camionetas	Z5F839	5.00	720	99.31%
Camionetas	V9C932	3.00	720	99.58%
Camionetas	V9D724	523.98	720	27.22%
Camionetas	V9D739	2.50	720	99.65%
Camionetas	V9C918	708.98	720	1.53%
Camionetas	Z6I906	720	720	0.00%
Camionetas	V9Z843	0.00	720	100.00%
Camionetas	V9Z847	720	720	0.00%
Camionetas	V0A825	9.00	720	98.75%
Camionetas	Z6Z940	2.00	720	99.72%
Camionetas	Z4Y867	3.50	720	99.51%
Camionetas	EUD062	136.83	720	81.00%
Camionetas	EUE923	6.50	720	99.10%

Camionetas	VDR963	720	720	0.00%
Camionetas	VDR953	0.00	720	100.00%
Montacargas	Flizz0875	18.75	720	97.40%
Montacargas	Flizz0923	119.23	720	83.44%
Montacargas	Flizz0936	4.67	720	99.35%
Montacargas	Flizz1010	588.00	720	18.33%
Montacargas	Flizz1025	580.73	720	19.34%
Montacargas	Flizz1026	720.00	720	0.00%
Montacargas	Flizz1027	216.65	720	69.91%
Montacargas	Flizz1028	13.33	720	98.15%
Montacargas	Flizz1029	24.50	720	96.60%
Montacargas	Flizz1083	10.50	720	98.54%
Montacargas	Flizz1193	213.98	720	70.28%
Montacargas	Flizz1181	17.48	720	97.57%
Montacargas	Flizz1192	169.75	720	76.42%
Montacargas	Flizz1232	48.75	720	93.23%
Montacargas	Flizz1239	720.00	720	0.00%
Montacargas	Flizz0888	275.72	720	61.71%
Montacargas	Flizz0926	16.00	720	97.78%
Montacargas	Flizz0927	612.00	720	15.00%
Montacargas	Flizz0928	145.73	720	79.76%
Montacargas	Flizz0934	348.50	720	51.60%

Nota. Elaboración propia.

Ahora bien, como podemos ver en el mes de marzo, se pudo sacar los siguientes indicadores, para este fin se va a evaluar con relación de las fallas que se presentan, para esto, vamos a aplicar la siguiente formula:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{tiempo de inactividad}}{\text{Numero de paradas}}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total reparaciones}}{\text{Numero de paradas}}$$

Según se ve al aplicar la formula anterior, se va a generar la siguiente tabla de los indicadores de mantenimiento para cada tipo de familia de vehículos.

Tabla 16

Análisis de indicadores de camionetas

Análisis indicadores de flota liviana - familia camioneta-Abril							
Tipo Equipo	Código	Horas Inoperativo	Suma De Horas Mes	Disponibilidad	Paradas o falla	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)
Camionetas	V7G438	3.33	720	99.54%	2	358.33	1.67
Camionetas	Z4K930	720	720	0.00%	1	0.00	720
Camionetas	Z4K918	720	720	0.00%	1	0.00	720
Camionetas	Z4K919	3.33	720	99.54%	2	358.33	1.67
Camionetas	Z5F838	3.33	720	99.54%	3	238.89	1.11
Camionetas	Z5F839	5.00	720	99.31%	3	238.33	1.67
Camionetas	V9C932	3.00	720	99.58%	3	239.00	1.00
Camionetas	V9D724	523.98	720	27.22%	12	16.33	43.67
Camionetas	V9D739	2.50	720	99.65%	1	717.50	2.50
Camionetas	V9C918	708.98	720	1.53%	4	2.75	177.25
Camionetas	Z6I906	720	720	0.00%	1	0.00	720
Camionetas	V9Z843	0.00	720	100.00%	1	720.00	0.00
Camionetas	V9Z847	720	720	0.00%	1	0.00	720
Camionetas	V0A825	9.00	720	98.75%	3	237.00	3.00
Camionetas	Z6Z940	2.00	720	99.72%	1	718.00	2.00
Camionetas	Z4Y867	3.50	720	99.51%	2	358.25	1.75
Camionetas	EUD062	136.83	720	81.00%	2	291.58	68.42

Camionetas	EUE923	6.50	720	99.10%	2	356.75	3.25
Camionetas	VDR963	720	720	0.00%	1	0.00	720
Camionetas	VDR953	0.00	720	100.00%	1	720.00	0.00
Promedio		250.23	720	65.20%	47	278.55	195.45

Nota. Elaboración propia.

Se puede ver que la disponibilidad promedio de la flota liviana considerando las camionetas, se tuvo un valor cuantificado del 65.25% evaluado en función a las fallas y tiempos de inoperatividad, los indicadores nos indican que el MTBF promedio es de 10.21, indicando que han perdido casi 5.44 del valor ideal donde se tiene una disponibilidad del 100 %.

Ahora como podemos ver en la tabla anterior, los vehículos livianos, han presentado una reducción de su disponibilidad promedio, en función a las perdidas presentadas, ahora se verá en función a los vehículos semipesados para este fin se ha observado que en el conteo siguiente en la siguiente tabla:

Tabla 17

Análisis de indicadores montacargas

Análisis indicadores de flota semipesada - familia montacarga-Abril								
Tipo Equipo	Código	Horas Inoperativo	Total de Horas Mes	Disponibilidad	Paradas o falla	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	
Montacargas	Flizz0875	18.75	720	97.40%	5	140.25	3.75	
Montacargas	Flizz0923	119.23	720	83.44%	12	50.06	9.94	
Montacargas	Flizz0936	4.67	720	99.35%	1	715.33	4.67	
Montacargas	Flizz1010	588.00	720	18.33%	2	66.00	294.00	
Montacargas	Flizz1025	580.73	720	19.34%	4	34.82	145.18	

Montacargas	Flizz1026	720.00	720	0.00%	1	0.00	720.00
Montacargas	Flizz1027	216.65	720	69.91%	2	251.68	108.33
Montacargas	Flizz1028	13.33	720	98.15%	1	706.67	13.33
Montacargas	Flizz1029	24.50	720	96.60%	2	347.75	12.25
Montacargas	Flizz1083	10.50	720	98.54%	1	709.50	10.50
Montacargas	Flizz1193	213.98	720	70.28%	2	253.01	106.99
Montacargas	Flizz1181	17.48	720	97.57%	1	702.52	17.48
Montacargas	Flizz1192	169.75	720	76.42%	5	110.05	33.95
Montacargas	Flizz1232	48.75	720	93.23%	2	335.63	24.38
Montacargas	Flizz1239	720.00	720	0.00%	1	0.00	720.00
Montacargas	Flizz0888	275.72	720	61.71%	7	63.47	39.39
Montacargas	Flizz0926	16.00	720	97.78%	1	704.00	16.00
Montacargas	Flizz0927	612.00	720	15.00%	1	108.00	612.00
Montacargas	Flizz0928	145.73	720	79.76%	3	191.42	48.58
Montacargas	Flizz0934	348.50	720	51.60%	1	371.50	348.50
Promedio		243.21	720	66.22%	66	293.08	164.46

Nota. Elaboración propia.

Según este análisis, se va a analizar las disponibilidades de los vehículos de las flotas liviana y semipesada, en función al mes de abril.

3.6 Análisis de eficiencia global de equipos (OEE)

3.6.1 OEE de flota liviana – familia camionetas.

Indicador de gestión de mantenimiento mundialmente utilizado en la industria para medir que tan eficiente es el uso de un equipo o máquina, la OEE, se calcula $OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$, de acuerdo con GroundHog Apps, (2024) una OEE típica en el contexto minero para la una flota liviana oscila entre 40% y 70%.

Cálculo de OEE.

- Disponibilidad (%): $(\text{Horas totales} - \text{Horas inoperativo}) / (\text{Horas totales}) * 100$
- Rendimiento (Performance) (%): $50 + 40 * (\text{MTBF}/720)$
- Calidad (Quality)(%): $100 - 2 * \text{Paradas}$

Tabla 18

Análisis de OEE para la flota liviana de camionetas 4X4

Tipo Equipo	Código	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE (%)
		(%)	(%)	(%)	
Camionetas	V7G438	99.54	69.91	96	66.8
Camionetas	Z4K930	0	50	98	0
Camionetas	Z4K918	0	50	98	0
Camionetas	Z4K919	99.54	69.91	96	66.8
Camionetas	Z5F838	99.54	63.27	94	59.2
Camionetas	Z5F839	99.31	63.24	94	59.04
Camionetas	V9C932	99.58	63.28	94	59.23
Camionetas	V9D724	27.22	50.91	76	10.53
Camionetas	V9D739	99.65	89.86	98	87.76
Camionetas	V9C918	1.53	50.15	92	0.71
Camionetas	Z6I906	0	50	98	0
Camionetas	V9Z843	100	90	98	88.2
Camionetas	V9Z847	0	50	98	0
Camionetas	V0A825	98.75	63.17	94	58.63
Camionetas	Z6Z940	99.72	89.89	98	87.84
Camionetas	Z4Y867	99.51	69.9	96	66.78
Camionetas	EUD062	81	66.2	96	51.48
Camionetas	EUE923	99.1	69.82	96	66.42
Camionetas	VDR963	0	50	98	0
Camionetas	VDR953	100	90	98	88.2
Promedio		65.2	65.48	95.3	45.88

Nota. Elaboración propia.

Se puede observar un promedio de OEE de 45.88, considerablemente bajo, por lo cual indica que se deben realizar acciones correctivas en la gestión del mantenimiento para mejorar y aumentar este indicador clave de desempeño de los equipos

3.6.2 OEE de flota semipesada – familia montacargas.

Indicador de gestión de mantenimiento mundialmente utilizado en la industria para medir que tan eficiente es el uso de un equipo o máquina, la OEE, se calcula $OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$, De acuerdo con GroundHog Apps, (2024) una OEE típica en el contexto minero para la una flota semipesada oscila entre 45% y 60%.

Cálculo de OEE.

- Disponibilidad (%): $(\text{Horas totales} - \text{Horas inoperativo}) / (\text{Horas totales}) * 100$
- Rendimiento (Performance) (%): $50 + 40 * (\text{MTBF}/720)$
- Calidad (Quality)(%): $100 - 2 * \text{Paradas}$

Tabla 19

Análisis de OEE para la flota semipesada de montacargas

Tipo Equipo	Código	Disponibilidad (%)	Rendimiento (%)	Calidad (%)	OEE (%)
Montacargas	Fliz0875	97.4	57.78	90	50.81
Montacargas	Fliz0923	83.44	52.79	76	32.97
Montacargas	Fliz0936	99.35	69.82	98	68
Montacargas	Fliz1010	18.33	51.83	96	9.13
Montacargas	Fliz1025	19.34	51.32	92	9.12
Montacargas	Fliz1026	0	50	98	0
Montacargas	Fliz1027	69.91	58.97	96	39.57
Montacargas	Fliz1028	98.15	69.82	98	67.19
Montacargas	Fliz1029	96.6	65.7	96	60.96
Montacargas	Fliz1083	98.54	69.82	98	67.48

Montacargas	Fliz1193	70.28	59	96	39.8
Montacargas	Fliz1181	97.57	69.82	98	66.84
Montacargas	Fliz1192	76.42	51.81	98	38.79
Montacargas	Fliz1232	93.23	60.84	96	54.47
Montacargas	Fliz1239	0	50	98	0
Montacargas	Fliz0888	61.71	51.87	86	27.55
Montacargas	Fliz0896	97.78	55.84	86	46.97
Montacargas	Fliz0927	15	55.56	98	8.17
Montacargas	Fliz0928	79.76	55.57	94	41.72
Montacargas	Fliz0934	51.6	65.7	98	33.22
Promedio		66.22	59.55	94.4	40.67

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con el análisis se puede observar un OEE promedio de 40.67%, que en el contexto minero está por debajo del límite adoptado en otras literaturas, es imperativo mejorar la gestión del mantenimiento.

3.7 Análisis de rendimiento de neumáticos

Se realizó la evaluación de rendimiento de los neumáticos, de los equipos en operación, identificando lo siguiente en los meses de enero a abril.

Tabla 20

Rendimiento de neumáticos por flota

Tipo Equipo	Código	Rendimiento Mínimo	Rendimiento Real	Indicador de rendimiento
Camionetas	V7G438	10000	7600	76.0%
Camionetas	Z4K930	10000	8400	84.0%
Camionetas	Z4K918	10000	4000	40.0%
Camionetas	Z4K919	10000	10700	107.0%

Camionetas	Z5F838	10000	5000	50.0%
Camionetas	Z5F839	10000	6300	63.0%
Camionetas	V9C932	10000	8700	87.0%
Camionetas	V9D724	10000	7200	72.0%
Camionetas	V9D739	10000	1600	16.0%
Camionetas	V9C918	10000	6800	68.0%
Camionetas	Z6I906	10000	12000	120.0%
Camionetas	V9Z843	10000	7000	70.0%
Camionetas	V9Z847	10000	4000	40.0%
Camionetas	V0A825	10000	5600	56.0%
Camionetas	Z6Z940	10000	3320	33.2%
Camionetas	Z4Y867	10000	4780	47.8%
Camionetas	EUD062	10000	9000	90.0%
Camionetas	EUE923	10000	7600	76.0%
Camionetas	VDR963	10000	10000	100.0%
Camionetas	VDR953	10000	8240	82.4%
Montacargas	Flizz0875	1000	740	74.0%
Montacargas	Flizz0923	1000	635	63.5%
Montacargas	Flizz0936	1000	842	84.2%
Montacargas	Flizz1010	1000	564	56.4%
Montacargas	Flizz1025	1000	980	98.0%
Montacargas	Flizz1026	1000	140	14.0%
Montacargas	Flizz1027	1000	238	23.8%
Montacargas	Flizz1028	1000	469	46.9%
Montacargas	Flizz1029	1000	743	74.3%
Montacargas	Flizz1083	1000	520	52.0%
Montacargas	Flizz1193	1000	618	61.8%
Montacargas	Flizz1181	1000	843	84.3%
Montacargas	Flizz1192	1000	758	75.8%
Montacargas	Flizz1232	1000	467	46.7%

Montacargas	Flizz1239	1000	758	75.8%
Montacargas	Flizz0888	1000	430	43.0%
Montacargas	Flizz0926	1000	584	58.4%
Montacargas	Flizz0927	1000	681	68.1%
Montacargas	Flizz0928	1000	735	73.5%
Montacargas	Flizz0934	1000	843	84.3%

Nota. Elaboración propia.

Se puede ver un rendimiento promedio de 69% en la flota liviana, comparado al inferior mínimo garantizado por el proveedor.

En la familia semipesada, no se tiene un rendimiento mínimo ofrecido, sin embargo, se realizó el análisis en base al horómetro de funcionamiento de 1000 hrs, dando como resultado un promedio de rendimiento de 62.9%.

3.8 Análisis de las fallas

Para realizar el análisis de fallas, se va a considerar las fallas de los vehículos semipesados y livianos, para este fin se va a evaluar las fallas detectadas en el proceso de análisis de la flota de equipo y luego por tipos de vehículos.

Tabla 21

Análisis de fallas

Fallas	Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	Camionetas	Montacargas	Camionetas	Montacargas	Camionetas	Montacargas	Camionetas	Montacargas
Transmisión	1	1	1	2	1	1	1	3
Carrocería	2	3	3	3	2	2	2	6

Eléctrico	2		2	3		5	1	4
Combustible	3		1		2		0	
luces		3		3		1		0
Dirección	1	1	1	1		1	1	1
Refrigeración	1	1	1			2	1	0
Frenos	2	2			1		1	2
Motor	2	1		1			1	0
Suspensión	0	1		1		1	2	1
Llantas	12	19	10	13	11	16	20	27
Hidráulico						1		
Tracción	1		1		1		1	

Nota. Elaboración propia.

Según se ve en la tabla anterior, la mayor cantidad de fallas que presentan los vehículos de la línea semipesada y liviana, donde se puede ver que la mayoría de las fallas que se presentan en los vehículos de las líneas semipesada y liviana, se dan en los neumáticos, considerando este punto, vamos a comenzar con el análisis de los modos y efectos de falla, como consideración no se debe confundir el sistema neumático con los neumáticos o llantas que se van a evaluar a continuación.

3.9 Análisis de Modo y Efectos de Fallas de los montacargas

Con esta consideración en el análisis de fallas, vamos a comenzar a evaluar las condiciones de fallas, aplicando el análisis del AMEF, para este fin vamos a analizar las fallas en función de cada vehículo de la flota, para este fin se va a realizar el análisis por las fallas y los componentes que van a tener que ser analizados.

Tabla 22

Fallas montacargas

Flota Semipesada	
Falla	Cantidad
Llantas	27
Carrocería	7
Eléctrico	9
Hidráulico	6
Frenos	4
Otros	9
Transmisión	4
Refrigeración	2
Combustible	1
Motor	1
Suspensión	1
Dirección	3
Luces	1

Nota. Elaboración propia.

Con estos datos, se va a realizar el AMEF de la flota semipesada, en este caso los montacargas, para este fin se aplicarán los siguientes criterios para realizar el análisis del AMEF, considerando los criterios de evaluación de fallas, seguridad y ocurrencias.

3.9.1 Criterios de evaluación de detección

Para realizar el análisis de la detección, se van a considerar la siguiente tabla en los criterios de evaluación, para este fin se van a considerar los criterios actuales que se tienen en la empresa para realizar el procedimiento para la evaluación del criterio de la detección en el mantenimiento.

Tabla 23*Criterios de evaluación de detección*

CRITERIO DE EVALUACIÓN DE DETECCIÓN					
Detección	Criterio	Tipos De Inspección			Calificación
		A	B	C	
Casi imposible	Certeza absoluta de detección			X	10
Muy remota	Los controles probablemente no lo detectarán			X	9
remota	Los controles tienen poca oportunidad de detección			X	8
muy baja	Los controles tienen poca oportunidad de detección			X	7
baja	Los controles pueden detectar		X	X	6
moderada	Los controles pueden detectar	X	X		5
moderadamente	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar	X	X		4
alta	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar	X	X		3
muy alta	Los controles casi seguros lo detectan	X	X		2
muy muy alta	Los controles seguros para detectar	X			1

A=Prueba y Error; B=Medición Automatizada; C=Inspección Visual-Manual

Nota. Elaboración propia.

Con esta tabla de criterios se va a evaluar las fallas en función al tipo de detección que se va a realizar:

Tabla 24*Análisis en función a la detección*

Flota Semipesada- Familia Montacarga			
Falla	Cantidad	Detección	Calificación
Llantas	27	C	5
Carrocería	7	B	6
Eléctrico	9	B	4
Hidráulico	6	B	4
Frenos	4	A	5
Otros	9	B	5
Transmisión	4	B	5
Refrigeración	2	C	7
Combustible	1	C	8
Motor	1	B	5
Suspensión	1	C	6
Dirección	3	C	6
Luces	1	C	6

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la evaluación se puede identificar que las fallas en los neumáticos son detectables con pruebas, por lo cual requiere periódicamente inspecciones visuales, sin embargo, requiere cierto nivel de conocimiento para poder exponer adecuadamente la condición a fin de poder prevenir un fallo inesperado.

3.9.2 Criterios de evaluación de ocurrencia

Para realizar la evaluación de las ocurrencias en el análisis de fallas para el proceso de mantenimiento, se va a utilizar los siguientes criterios para determinar las ocurrencias que van a

ser determinadas en función al número de fallas que ocurren en la flota, en la siguiente tabla se ven los valores para cuantificar según los criterios.

Tabla 25

Criterios de evaluación de ocurrencias

Criterio De Evaluación De Ocurrencia		
Probabilidad	Índices Posibles De Falla	Calificación
Muy Altas: Fallas Persistentes	Más De 5 Fallas Al Año	9, 10
Altas: Fallas Frecuentes	2 a 4 Fallas Al Año	7, 8
Moderadas: Fallas Ocasionales	1 a 2 Fallas Al Año	4, 5, 6
Baja: Relativamente Pocas Fallas	Menos De 1 Falla Al Año	2, 3
Remota: Falla Es Improbable	Ninguna Falla Al Año	1

Nota. Elaboración propia.

Según estos criterios, vamos a analizar las fallas presentadas en los componentes y cuantificaremos la cantidad de ocurrencias que se van a dar.

Tabla 26

Análisis en función a la detección

Flota Semipesada familia Montacargas			
Falla	Numero de fallas	Probabilidad	Calificación
Llantas	27	Muy alta	10
Carrocería	7	Moderadas	6
Eléctrico	9	Alta	8
Hidráulico	6	Baja	3
Frenos	4	Altas	8
Otros	9	Muy alta	9
Transmisión	4	Altas	8

Refrigeración	2	Moderadas	4
Combustible	1	Moderadas	5
Motor	1	Moderadas	5
Suspensión	1	Moderadas	6
Dirección	3	Altas	8
Luces	1	Moderadas	5

Nota. Elaboración propia.

La ocurrencia en las fallas de los neumáticos es frecuente y se presenta más veces de lo planificado, generando pérdidas de producción.

3.9.3 Criterios de evaluación de seguridad

Ahora evaluaremos los criterios de análisis que se van a tener en consideración para la evaluación de la seguridad y severidad para las fallas, con esto en consideración vamos a determinar los siguientes criterios que se van a ver a continuación.

Tabla 27

Criterios de evaluación de seguridad

Criterios De Evaluación De Seguridad		
Efecto	Efecto En La Empresa	Calificación
Peligroso Sin Aviso	Puede Exponer Al Peligro Al Operador, Sin Aviso	10
Peligroso Con Aviso	Puede Exponer Al Peligro Al Operador, Con Aviso	9
Muy Alto	Costos Y Tiempos De Reparación Elevados	8
Alto	Costos Y Tiempos De Reparación Muy Altos	7
Moderado	Costos Y Tiempos De Reparación Altos	6
Bajo	Retraso En Los Tiempos De Trabajo	5
Muy Bajo	Moderado Retraso En Los Tiempos De Trabajo	4

Menor	Leve Retraso En Los Tiempos De Trabajo	3
Muy Menor	Ligero Retraso En Los Tiempos De Trabajo	2
Ninguno	Ningún Efecto	1

Nota. Elaboración propia.

Según estos criterios, vamos a analizar las fallas presentadas en los componentes y cuantificaremos la severidad y los riesgos en la seguridad que se van a dar.

Tabla 28

Fallas presentadas en los componentes de flota semipesada familia Montacarga

Flota Semipesada Familia Montacarga			
Falla	Cantidad	Efecto	Calificación
Llantas	27	Peligroso Sin Aviso	10
Carrocería	7	Alto	7
Eléctrico	9	Muy alto	8
Hidráulico	6	Moderado	6
Frenos	4	Peligroso con aviso	9
Otros	9	Peligroso sin aviso	10
Transmisión	4	Alto	7
Refrigeración	2	Bajo	5
Combustible	1	Bajo	5
Motor	1	Moderado	6
Suspensión	1	Alto	7
Dirección	3	Alto	7
Luces	1	Peligroso con aviso	9

Nota. Elaboración propia.

De la evaluación se pudo identificar la severidad de los fallos en neumáticos que afectan a la seguridad del operador y de la carga.

Con estos criterios analizados, se va a comenzar a evaluar la matriz del AMEF para así determinar las fallas más determinantes y las causas de estas que se presentan en el montacarga.

3.9.4 Matriz de Análisis de Modo y Efectos de Fallas

Se realiza la revisión y análisis de fallas ocurridas en los neumáticos en base a la matriz AMEF, clasificados por ocurrencia, facilidad de detección y prioridad, así como también el factor influyente de la severidad.



Tabla 29

Matriz de Análisis de Modo y Efectos de Fallas

Montacarga									
Componente	Modo de falla	Efectos potenciales	Severidad	Causas potenciales	Ocurrencia	Controles	Detección	Prioridad	Acción recomendada
Llantas	Rotura	parada de la jornada de trabajo, sobreesfuerzo de la máquina, consumo demás del combustible	10	Poca presión o demasiada presión de inflado, exceso de capacidad de carga, estilo de conducción no profesional	10	Mantenimiento Correctivo	10	300	Inspección general
Carrocería	Desgaste y fracturas	sobreesfuerzo de la máquina, posible daño general del equipo	7	Avería de la estructura y cobertura por el tiempo de uso	6	Ninguno	6	252	Inspeccionar periódicamente

Eléctrico	Falla de la conexión eléctrica	falla al encendido general o de componentes específicos del vehículo	7	desgaste en el cableado interno, componentes del sistema de encendido, sistemas de conexión	8	Preventivo	8	320	Inspeccionar periódicamente
Hidráulico	Obstrucción	falla en la transmisión del líquido hidráulico, pérdida de funcionamiento	6	rotura de las mangueras, mal estado del líquido	3	inspección del nivel de aceite hidráulico y componentes	3	54	Revisar el estado periódicamente
Frenos	Falla en la activación	mal funcionamiento y falla al momento del activarse	9	mala conexión de las mangueras falla en el transporte del líquido de frenos	8	inspección del nivel del líquido de frenos y sistema	8	576	revisar el estado del sistema de frenos

Transmisión	Fisuras	Desgaste en el proceso productivo, pequeñas fisuras producto del material a transportar	6	Avería de la estructura y componentes por el tiempo de uso	7	chequeo previo y después de funcionamiento	7	294	revisar el estado del sistema de transmisión
Refrigeración	Recalentamiento	sobrecalentamiento del motor, averías en el motor	7	avería en la tapa del radiador, deterioro en la tapa del sistema de presión, fuga en las mangueras de circulación	8	hacer un chequeo del estado del radiador, inspeccionar el estado de las mangueras	8	140	revisar el estado antes y después del funcionamiento del sistema de refrigeración
Combustible	Rotura de los componentes	perdida de producción, disminución de flujo, disminución de la presión,	5	fallos mecánicos en el sistema; fallos en el sistema regulador de	4	inspección de las tuberías	4	200	revisar el estado de los componentes del sistema

		disminución de RPM		presiones; desgaste en la válvula				de combustible
		perdida de sincronización del motor, mal funcionamiento en los giros de los componentes del motor		desgaste, problemas mecánicos		revisión de los componentes		revisar los componentes del motor
Motor			5		5		5	150

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con el análisis de falla realizado, se prioriza las fallas en los neumáticos, que afectan directamente a la operatividad y seguridad de la flota.

3.10 Análisis de Modo y Efectos de Fallas de Camionetas

Con esta consideración en el análisis de fallas, vamos a comenzar a evaluar las condiciones de fallas, aplicando el análisis del AMEF, para este fin vamos a analizar las fallas en función de cada vehículo de la flota, para este fin se va a realizar el análisis por las fallas y los componentes que van a tener que ser analizados.

Tabla 30

Fallas camionetas

Flota Liviana Familia camionetas	
Falla	Cantidad
Llantas	20
Carrocería	8
Eléctrico	4
Hidráulico	5
Frenos	1
Otros	1
Transmisión	3
Refrigeración	1
Combustible	1
Motor	1
Suspensión	2
Dirección	0
Luces	2

Nota. Elaboración propia.

Con estos datos, se va a realizar el AMEF de la flota liviana, en este caso las camionetas, para este fin se aplicarán los siguientes criterios para realizar el análisis del AMEF, considerando los criterios de evaluación de fallas, seguridad y ocurrencias.

3.10.1 Criterios de evaluación de detección

Para realizar el análisis de la detección, se van a considerar la siguiente tabla en los criterios de evaluación, para este fin se van a considerar los criterios actuales que se tienen en la empresa para realizar el procedimiento para la evaluación del criterio de la detección en el mantenimiento.

Tabla 31*Criterios de evaluación de detección*

CRITERIO DE EVALUACIÓN DE DETECCIÓN					
Detección	Criterio	Tipos De Inspección			Calificación
		A	B	C	
Casi imposible	Certeza absoluta de detección			X	10
Muy remota	Los controles probablemente no lo detectarán			X	9
remota	Los controles tienen poca oportunidad de detección			X	8
muy baja	Los controles tienen poca oportunidad de detección			X	7
baja	Los controles pueden detectar		X	X	6
moderada	Los controles pueden detectar	X	X		5
moderadamente alta	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar	X	X		4
alta	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar	X	X		3
muy alta	Los controles casi seguros lo detectan	X	X		2
muy muy alta	Los controles seguros para detectar	X			1

A=Prueba y Error; B=Medición Automatizada; C=Inspección Visual-Manual

Nota. Elaboración propia.

Tabla 32*Análisis en función a la detección*

Flota Liviana - Familia Camionetas			
Falla	Cantidad	Detección	Calificación
Llantas	20	C	6
Carrocería	8	B	5
Eléctrico	4	B	4
Hidráulico	5	B	4
Frenos	1	A	5
Otros	1	B	5
Transmisión	3	B	5
Refrigeración	1	C	7
Combustible	1	C	8
Motor	1	B	5
Suspensión	2	C	6
Dirección	0	C	6
Luces	2	C	6

Nota. Elaboración propia.

Las fallas en los neumáticos son clasificadas en el rango de que se pueden detectar a partir de inspecciones, sin embargo, requiere un análisis adicional para evaluar la condición y prever la falla.

3.10.2 Criterios de evaluación de ocurrencia

Para realizar la evaluación de las ocurrencias en el análisis de fallas para el proceso de mantenimiento, se va a utilizar los siguientes criterios para determinar las ocurrencias que van a ser determinadas en función al número de fallas que ocurren en la flota, en la siguiente tabla se ven los valores para cuantificar según los criterios.

Tabla 33*Criterios de evaluación de ocurrencias*

Criterio De Evaluación De Ocurrencia		
Probabilidad	Índices Posibles De Falla	Calificación
Muy Altas: Fallas Persistentes	Más De 5 Fallas Al Año	9, 10
Altas: Fallas Frecuentes	2 a 4 Fallas Al Año	7, 8
Moderadas: Fallas Ocasionales	1 a 2 Fallas Al Año	4, 5, 6
Baja: Relativamente Pocas Fallas	Menos De 1 Falla Al Año	2, 3
Remota: Falla Es Improbable	Ninguna Falla Al Año	1

Nota. Elaboración propia.

Según estos criterios, vamos a analizar las fallas presentadas en los componentes y cuantificaremos la cantidad de ocurrencias que se van a dar.

Tabla 34*Análisis en función a la detección*

Flota Liviana – Familia Camionetas			
Falla	Cantidad	Probabilidad	Calificación
Llantas	20	Muy alta	10
Carrocería	8	Moderada	6
Eléctrico	4	Alta	7
Hidráulico	3	Alta	7
Frenos	1	Altas	8
Otros	1	Muy alta	9
Transmisión	3	Altas	8
Refrigeración	1	Moderadas	4
Combustible	1	Moderadas	5
Motor	1	Moderadas	5
Suspensión	2	Moderadas	6

Dirección	0	Altas	8
Luces	2	Moderadas	5

Nota. Elaboración propia.

La probabilidad de fallo de neumáticos en los meses de análisis es muy alta y ocurre con frecuencias, por esta razón se requiere realizar una acción correctiva a fin de evitar el deterioro de los demás componentes.

3.10.3 Criterios de evaluación de seguridad

Ahora evaluaremos los criterios de análisis que se van a tener en consideración para la evaluación de la seguridad y severidad para las fallas, con esto en consideración vamos a determinar los siguientes criterios que se van a ver a continuación.

Tabla 35

Criterios de evaluación de seguridad

Criterios De Evaluación De Seguridad		
Efecto	Efecto En La Empresa	Calificación
Peligroso Sin Aviso	Puede Exponer Al Peligro Al Operador, Sin Aviso	10
Peligroso Con Aviso	Puede Exponer Al Peligro Al Operador, Con Aviso	9
Muy Alto	Costos Y Tiempos De Reparación Elevados	8
Alto	Costos Y Tiempos De Reparación Muy Altos	7
Moderado	Costos Y Tiempos De Reparación Altos	6
Bajo	Retraso En Los Tiempos De Trabajo	5
Muy Bajo	Moderado Retraso En Los Tiempos De Trabajo	4
Menor	Leve Retraso En Los Tiempos De Trabajo	3
Muy Menor	Ligero Retraso En Los Tiempos De Trabajo	2
Ninguno	Ningún Efecto	1

Nota. Elaboración propia.

Según estos criterios, vamos a analizar las fallas presentadas en los componentes y cuantificaremos la severidad y los riesgos en la seguridad que se van a dar.

Tabla 36

Análisis de efectos de fallas

Flota Liviana – Familia Camioneta			
Falla	Cantidad	Efecto	Calificación
Llantas	20	Peligroso sin aviso	10
Carrocería	8	Bajo	5
Eléctrico	4	Muy alto	8
Hidráulico	3	Moderado	6
Frenos	1	Peligroso con aviso	9
Otros	1	Peligroso sin aviso	10
Transmisión	3	Alto	7
Refrigeración	1	Bajo	5
Combustible	1	Bajo	5
Motor	1	Moderado	6
Suspensión	2	Alto	7
Dirección	0	Bajo	7
Luces	2	Peligroso con aviso	9

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con la severidad presentada en la tabla anterior se define que las fallas de neumáticos en camionetas, afecta principalmente la seguridad del operario y ocupantes, así como la afectación a demás componentes que pueden pasar desapercibidos en una inspección.

Con estos criterios analizados, se va a comenzar a evaluar la matriz del AMEF para así determinar las fallas más determinantes y las causas de estas que se presentan en el montacarga.

3.10.4 Matriz de Análisis de Modo y Efectos de Fallas

Se realiza la revisión y análisis de fallas ocurridas en los neumáticos en base a la matriz AMEF, clasificados por ocurrencia, facilidad de detección y prioridad, así como también el factor influyente de la severidad.



Tabla 37

Matriz AMEF

CAMIONETAS									
Componente	Modo de falla	Efectos potenciales	Severidad	Causas potenciales	Ocurrencia	Controles	Detección	Prioridad	Acción recomendada
Llantas	rotura	parada de la jornada de trabajo, sobreesfuerzo de la máquina, consumo demás del combustible	7	Poca presión o demasiada presión de inflado, exceso de capacidad de carga, estilo de conducción no profesional	9	Mantenimiento Correctivo	6	378	Inspección general
Carrocería	Desgaste y fracturas	sobreesfuerzo de la máquina, posible daño general del equipo	8	Avería de la estructura y cobertura por el tiempo de uso	10	Ninguno	5	400	Inspeccionar periódicamente

Eléctrico	Falla de la conexión eléctrica	falla al encendido general o de componentes específicos del vehículo	8	desgaste en el cableado interno, componentes del sistema de encendido, sistemas de conexión	10	matto. Preventivo	4	320	Inspeccionar periódicamente
Hidráulico	Obstrucción	falla en la transmisión del líquido hidráulico, pérdida de funcionamiento	8	rotura de las mangueras, mal estado del liquido	10	inspección del nivel de aceite hidráulico y componentes	4	320	Revisar el estado periódicamente
Frenos	Falla en la activación	mal funcionamiento y falla al momento del activarse	9	mala conexión de las mangueras falla en el transporte del líquido de frenos	8	inspección del nivel del líquido de frenos y sistema	5	360	revisar el estado del sistema de frenos
Transmisión	Fisuras	Desgaste en el proceso productivo, pequeñas fisuras producto del material a transportar	7	Avería de la estructura y componentes por el tiempo de uso	8	chequeo previo y después de funcionamiento	5	280	revisar el estado del sistema de transmisión

Refrigeración	Recalentamiento	sobrecalentamiento del motor, averías en el motor	5	avería en la tapa del radiador, deterioro en la tapa del sistema de presión, fuga en las mangueras de circulación	4	hacer un chequeo del estado del radiador, inspeccionar el estado de las mangueras	7	140	revisar el estado antes y después del funcionamiento del sistema de refrigeración
	Rotura de los componentes	perdida de producción, disminución de flujo, disminución de la presión, disminución de RPM	5	fallos mecánicos en el sistema; fallos en el sistema regulador de presiones; desgaste en la válvula	5	inspección de las tuberías	8	200	revisar el estado de los componentes del sistema de combustible

Motor	Mal funcionamiento	perdida de sincronización del motor, mal funcionamiento en los giros de los componentes del motor	6	desgaste, problemas mecánicos	5	revisión de los componentes	5	150	revisar los componentes del motor

Nota. Elaboración propia.

De la tabla de análisis de falla se puede identificar que la prioridad de fallas presentadas está en los neumáticos, estos afectan directamente a la operatividad, seguridad y otros componentes.

3.11 Análisis de las características del mantenimiento

Según se puede ver en el análisis de modos y efectos de fallas que se realizó, se han cuantificado las fallas totales que han tenido los vehículos de las flotas liviana y semipesado, pero se pudo percatarse, que muchas de ellas no han sido evaluadas de forma correcta, como en el caso de los neumáticos o llantas y el sistema neumático, que no fueron catalogados de forma adecuada, por esta razón se realizó, la siguiente encuesta o auditoria Marshal al personal involucrado en el mantenimiento que se ve a continuación:

Tabla 38

Formato Análisis Marshal

Área: Mantenimiento			
Sector del Participante: Supervisor de mantenimiento			
Fecha:			
Criterios:			
1 = por debajo del promedio			
2 = promedio			
3 = por arriba del promedio			
Factores por evaluar	1	2	3
1. ¿Usted siente que mantenimiento está dotado para realizar su trabajo?		2	
2. ¿La estructura completa del mantenimiento parece ser lógica y favorece al cumplimiento de las actividades de mantenimiento?	1		
3. ¿La organización ayuda a eliminar las barreras que el mantenedor encuentra en su trabajo y de las cuales no tiene control?	1		
4. ¿La gerencia estimula a mantenimiento a alcanzar las metas de producción?		2	
5. ¿La gerencia estimula a producción a que ayude a mantenimiento en la realización de sus actividades?	1		

6. ¿Se desarrollan equipos de trabajo (mantenimiento y producción), para resolver tópicos que afectan a ambos departamentos?	1		
7. ¿La gerencia estimula al personal de mantenimiento (mecánicos, eléctricos, otros) y a los operadores a que trabajen juntos en la resolución de problemas que afectan la disponibilidad de sus procesos?	1		
8. ¿El personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar sus trabajos?	1		
9. ¿Los trabajadores en general han recibido el adiestramiento adecuado en sus áreas de trabajo?	1		
10. ¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la definición de sus objetivos y metas a cumplir?	1		
11. ¿La gerencia revisa y les hace seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?	1		
12. ¿Los objetivos del mantenimiento están alineados con la visión y misión del negocio?	1		
Puntuación total por criterio	11	6	0
Puntuación total	17		

Nota. Elaboración propia.

Según se pudo ver en la encuesta realizada, la mayor cantidad de resultados nos indicaron que la gestión del mantenimiento actual está por debajo del promedio esperado, luego se encuestaron a otros sectores del área, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 39*Resultado análisis de evaluación de mantenimiento*

Resultados	Valor máximo esperado por los tres criterios 180 puntos
Número de participantes	20
Criterios	
1 (por debajo del promedio)	22.75
2 (promedio)	65.5
3 (por arriba del promedio)	13.5
Totales	101.75

Nota. Elaboración propia.

Lo que nos da que la gestión de mantenimiento puede ser mejorado, por esta razón se consideró realizar la aplicación de la estrategia del mantenimiento TPM.

Según se vio en los primeros 4 meses, se presentaron más fallas en los neumáticos, siendo la cantidad más considerable en los montacargas, como se ve en las tablas AMEF.

Con este dato analizado, se va a considerar el análisis de la disponibilidad de los componentes en el almacén, ya que para determinar las características del proceso de mantenimiento se debe de evaluar la cantidad de componentes y repuestos que se van a tener en el momento y si hay alguna falta, se deberá de realizar una cotización y compra.

Tabla 40*Análisis de repuestos*

Descripción del Material	UM	Stock min	Stock Real	ALMACÉN
Neumáticos 9.00x20	Und	4	3	30DC
Neumáticos 7X12	Und	4	2	30DC
Cámaras 9.00x20	Und	4	4	30DC
Cámaras 7X12	Und	4	2	30DC
Protectores para cámara 9.00x20	Und	2	2	30DC
Protectores para cámara 7X12	Und	2	1	30DC
Total			14	

Nota. Elaboración propia.

Según se ve en la tabla anterior, la cantidad de los componentes totales que se han encontrado en el inventario para realizar el análisis de los neumáticos no va a rendir para la cantidad de la muestra evaluada, ya que como se verá en la siguiente tabla, faltaran elementos.

Tabla 41*Análisis del inventario de repuestos*

Flota	Cantidad	Cantidad de neumáticos	Cant. de repuestos críticos	Inventariado	Diferencia
Liviana	20	80	20	5	-15
Semipesada	20	80	20	9	-11

Nota. Elaboración propia.

En el presente análisis se va a dar el mantenimiento de los neumáticos de los 20 vehículos al mismo tiempo, por esta razón, se ve en el análisis de los componentes de utilización en función al repuesto, habría una diferencia de -15, considerando que se les va a realizar el análisis total, además de los cambios totales a los 4 neumáticos de cada vehículo, este análisis sin contar la utilización de insumos que puedan ser utilizados para realizar su proceso productivo.

Otro punto que analizar en el procedimiento de la gestión del mantenimiento para los neumáticos va a ser la capacidad de estos al momento de realizar su proceso de trabajo, para este fin se va a evaluar la disponibilidad operativa que se han presentado en los 4 meses de trabajo que se consideró como tiempo de evaluación.

3.12 Análisis de costos de mantenimiento de neumáticos de camionetas y montacargas

Se realiza un análisis de los costos asociados al mantenimiento de neumáticos, evaluados por repuestos en un costo promedio de neumáticos de camionetas es \$. 250.00 dólares y \$. 512.10 en montacargas, también se evaluó los costos asociados a la indisponibilidad de flota, con un costo diario de \$. 40.00 dólares el costo diario de una camioneta y \$. 80.00 dólares el costo diario de montacargas.

Tabla 42

Análisis de costos por repuestos.

Fallas	Abril		Costo repuestos camionetas	Costo de repuestos montacargas
	Camionetas	Montacargas		
Llantas	20	18	\$ 5000.00	\$ 9217.80

Nota. Elaboración propia.

Tabla 43*Análisis de costos por indisponibilidad*

Análisis de costo por disponibilidad camionetas			
Tipo Equipo	Código	Disponibilidad	Costo por indisponibilidad
Camionetas	V7G438	99.54%	5.52
Camionetas	Z4K930	0.00%	1200
Camionetas	Z4K918	0.00%	1200
Camionetas	Z4K919	99.54%	5.52
Camionetas	Z5F838	99.54%	5.52
Camionetas	Z5F839	99.31%	8.28
Camionetas	V9C932	99.58%	5.04
Camionetas	V9D724	27.22%	873.36
Camionetas	V9D739	99.65%	4.2
Camionetas	V9C918	1.53%	1181.64
Camionetas	Z6I906	0.00%	1200
Camionetas	V9Z843	100.00%	0
Camionetas	V9Z847	0.00%	1200
Camionetas	V0A825	98.75%	15
Camionetas	Z6Z940	99.72%	3.36
Camionetas	Z4Y867	99.51%	5.88
Camionetas	EUD062	81.00%	228
Camionetas	EUE923	99.10%	10.8
Camionetas	VDR963	0.00%	1200
Camionetas	VDR953	100.00%	0
Total		65.20%	8352.12
Montacargas	Flizz0875	97.40%	31.2
Montacargas	Flizz0923	83.44%	198.72
Montacargas	Flizz0936	99.35%	7.8
Montacargas	Flizz1010	18.33%	980.04

Montacargas	Flizz1025	19.34%	967.92
Montacargas	Flizz1026	0.00%	1200
Montacargas	Flizz1027	69.91%	361.08
Montacargas	Flizz1028	98.15%	22.2
Montacargas	Flizz1029	96.60%	40.8
Montacargas	Flizz1083	98.54%	17.52
Montacargas	Flizz1193	70.28%	356.64
Montacargas	Flizz1181	97.57%	29.16
Montacargas	Flizz1192	76.42%	282.96
Montacargas	Flizz1232	93.23%	81.24
Montacargas	Flizz1239	0.00%	1200
Montacargas	Flizz0888	61.71%	459.48
Montacargas	Flizz0926	97.78%	26.64
Montacargas	Flizz0927	15.00%	1020
Montacargas	Flizz0928	79.76%	242.88
Montacargas	Flizz0934	51.60%	580.8
Total		66.22%	16214.16

Nota. Elaboración propia.

El costo más elevado y significativo es asociado a la indisponibilidad, suponiendo \$ 24,566.28 dólares, por eso se debe implementar una estrategia para elevar el indicador y tener un ahorro significativo en la operación.

3.13 Aplicación de la estrategia TPM.

Para empezar con el proceso de la aplicación del TPM, vamos a considerar las fases que se evalúan en el proceso del funcionamiento del PDCA:

- Fase de inicio
- Fase de planificación
- Fase de ejecución

- Fase de evaluación

Comenzaremos con la primera fase:

Fase de Inicio

Se define a través de dos puntos principales:

a) Alcance:

El plan TPM se aplicará al área de mantenimiento de la empresa donde se va a considerar una muestra de las flotas de vehículos livianos y semipesados y a todo el personal técnico del área.

b) Descripción del objetivo:

El objetivo principal es elevar el porcentaje de disponibilidad de las flotas liviana y semipesada al analizar la gestión de los neumáticos y reducir el MTTR y aumentar el MTBF.

3.14 Desarrollo de la implementación

Para realizar el proceso de la implementación del TPM, se van a considerar los siguientes puntos.

3.14.1 Etapa inicial

Para la etapa inicial, se van a considerar los siguientes análisis comparativos, en función a las metodologías de la gestión de mantenimiento que se tienen actualmente y comparando con la metodología TPM.

Tabla 44*Comparativa Herramientas de gestión de Mantenimiento*

Acción	Criterio de evaluación	TPM	RCM	Tradicional
Mejora en los procesos de evaluación de neumáticos	Reducción de tiempos de perdidos	5	5	1
Capacitación continua	Mejoras en las técnicas	5	4	1
Inventarios actualizados	Registro e inspección de componentes	4	4	1
Revisión correcta de los neumáticos	Determinación de las fallas y problemas	5	5	2
Gestión de los residuos	Reducción y correcta eliminación de componentes o restos peligrosos	5	5	3
Compromisos entre las partes laborales	Acuerdos, reglamentos de Seguridad y trabajo seguro	5	3	3
Total		29	26	9

Nota. Elaboración propia.

Según se ve en la tabla anterior, se puede considerar que la herramienta del TPM y del RCM, pueden generar mejoras en la gestión del mantenimiento de neumáticos, pero para la consideración presente se ha visto que la aplicación del TPM va a ser de mucho mayor beneficio, ya que va a complementar la gestión del mantenimiento técnico que tanto el RCM como el tradicional van a generar añadiéndole procesos de mantenimiento más gerenciales y de control de componentes que pueden generar daños en el área o al personal que realizara el proceso productivo.

- **Primer paso: Compromiso de la alta gerencia del taller**

De acuerdo con las deficiencias y problemas encontrados en los neumáticos, se planteó ante la gerencia la confiabilidad y beneficios de implementar el TPM en este taller.

En consecuencia, la alta gerencia se comprometió a la intervención y brindar recursos para que se permita la implementación del TPM en los neumáticos de vehículos livianos y semipesados en el área de mantenimiento del taller. Esta medida, brindará una mejor organización y se verá beneficiosa por el entusiasmo del taller logrando implementar el TPM exitosamente.



Figura 13

Hoja de Registro de reunión de alta gerencia

MINUTA DE REUNIÓN

Lugar y Fecha: _____ Hora de inicio: _____

Objetivo de la reunión:

Asuntos a tratar:

Orden del día	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Participación	Cargo	Firma

Acuerdos

Responsable	Actividad	Fecha de compromiso

Otros asuntos

Fecha de la próxima reunión: _____

Nota. Elaboración propia.

En este formato se van a registrar los compromisos de la gerencia para la implementación de TPM, esto nos dará una visión más clara de los objetivos de las diferentes áreas involucradas.

Figura 14

Acta de compromiso de alta gerencia

ACTA DE COMPROMISO DE GERENCIA		
ASUNTO: CONFORMACION DE GRUPO DE TRABAJO		
PROYECTO: IMPLEMENTACION TPM FLOTALIVIANA SEMIPESADA		
ASISTENTES:		
CARGO	NOMBRE	FIRMA
Gerente de mantenimiento		
Supervisor de producción		
Supervisor de mantenimiento		
Planner de mantenimiento		
Supervisor HSEQ		
Técnico de Mantenimiento		

El gerente de mantenimiento estableció los siguientes compromisos:
El gerente de mantenimiento es el encargado de facilitar el proyecto de implementación
Todas las reuniones serán en días laborables moderadas por el supervisor de mantenimiento que a su vez será capacitado como especialista TPM
El personal administrativo de todas las áreas tiene la obligación de asistir a la reunión de revisión TPM
La frecuencia de la reunión es semanal y tendrá una duración de 3 horas.
El área de planeamiento es el encargado de llevar el seguimiento y la programación de actividades que corresponden a la implementación.
Se evaluarán los resultados periódicamente.
Se verificará proyectos de mejora en base a la implementación.
La inversión en capacitación del personal estará a cargo de el área de planeamiento.

Nota. Elaboración propia.

- **Segundo Paso: Difusión del método**

Con el objetivo de una mayor difusión del TPM, se brinda una capacitación al personal del taller con una información general sobre su definición, tipos, pilares, etc. También se muestran ejemplos prácticos para una mayor claridad y despejar todas las dudas posibles.

- TPM para altos directivos: Este curso tendría una duración de 14 horas a cargo del directorio donde se presentan información básica del TPM y las necesidades tanto internas como externas del taller. También se informa sobre el rol que ejerce la Alta dirección en este programa y sus propósitos.

- Curso básico de TPM para supervisores y operadores: Con una duración de 32 horas y dirigido hacia Mantenimiento general y operaciones, se brindaría una amplia vista del TPM enfocado en el taller, junto a sus pilares y actividades a realizar por técnicos y supervisores.

- Curso de Formación de Facilitadores TPM: Este curso tendría una duración de 60 horas y está dirigido a RR.HH., donde se informa sobre la teoría y práctica del TPM y sus pilares haciendo un énfasis en los tipos de mantenimiento y como estarían enfocados en el taller.

Estas capacitaciones deben estar a cargo de una empresa externa que brinde estos servicios.

El costo de este será llevado por el taller y se realizará una evaluación por parte del consultor.

Figura 15

Control de asistencia a reuniones de capacitación

		CONFIPETROL				Código: TH-PE4-F-9	
		REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA				Versión: 0	
						Fecha: 31-10-2024	
						Página: 1 de 1	
DATOS DE EMPRESA:							
Razón o Denominación Social:		RUC:	Domicilio: (Dirección, distrito, departamento, provincia)		Actividad Económica:	Nº de Trabajadores en el Centro Laboral:	
MARCAR LA QUE CORRESPONDE (X)							
Inducción:	Capacitación:	Entrenamiento:	Simulacro de Emergencia:	Otros:			
Material Distribuido:							
Tema:			Fecha:	Nº Horas de Capacitación:			
Nombre del Capacitador o Entrenador:			Interno:	Firma:	Inicio:	Final:	
			Externo:	Empresa:			
Nº	Apellidos y Nombres:		Nº Documento de Identidad*	Área:	Firma:	Observaciones:	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
Responsable del Registro:							
Apellidos y Nombres:			Nº Documento de Identidad*:	Cargo:	Fecha:	Firma:	
Observaciones:							

*Nº Documento de Identidad: Número Documento de Identificación que tiene cada persona (DNI, CC, CI, CE, entre otros)

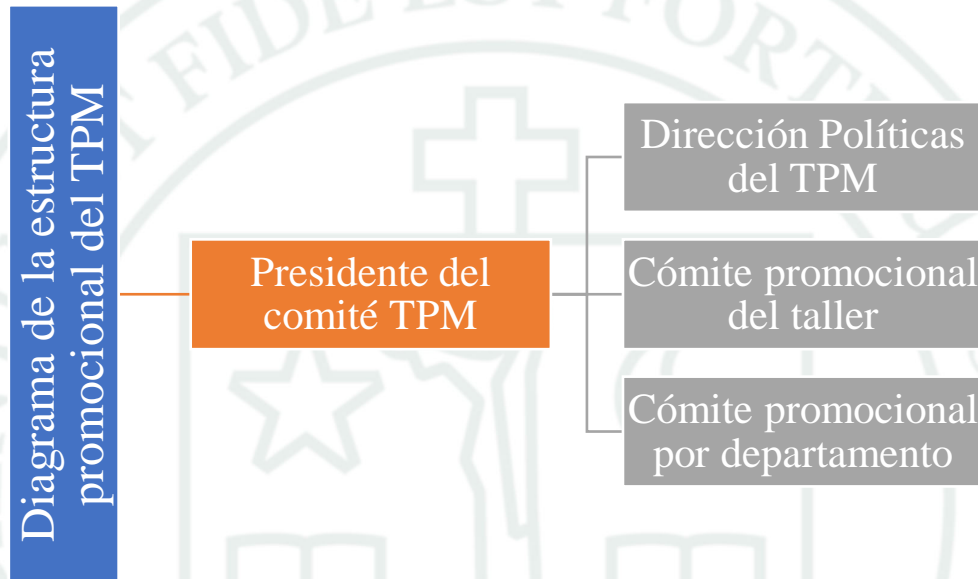
Nota. Elaboración propia.

En este formato se va a registrar la asistencia del personal a las reuniones y socialización de la estrategia TPM.

- **Tercer Paso: Elección de los responsables para la gestión y grupos de trabajo**

Figura 16

Determinación de los responsables de trabajo



Nota. Elaboración propia.

- Presidente del comité TPM
- Supervisar la implementación del TPM en el taller.
- Brindar los recursos necesarios para la implantación del TPM.
- Establecer las políticas necesarias, esto para la pronta ejecución del TPM.
- Reconocer los logros obtenidos en el proceso del personal involucrado con el TPM.
- Promover la responsabilidad y compromiso del personal.

Se procede a la creación de grupos de trabajo por rangos, donde la integración de arriba-abajo es importante, desde los altos cargos con las metas objetivas hasta los pequeños grupos formados en el taller para distintas tareas.

- **Cuarto Paso: Definir las metas y políticas del TPM**

Este paso debe ser llevado por las oficinas promocionales para establecer las políticas y metas en un periodo determinado. El tiempo mínimo para una correcta implementación es de tres años, donde se eliminará defectos y errores por el TPM, pero se necesita un compromiso a medio y largo plazo para un desarrollo concreto.

a) Demandas Externas:

- Disposición frente a posibles variaciones en la demanda de equipos.
- Acatar la programación de acuerdo con lo establecido con el abastecimiento de repuestos.
- Brindar la calidad de servicio garantizada de acuerdo con las normativas legales.

b) Demandas Internas

- Disminuir las fallas en la calidad de los equipos.
- Brindar una capacitación amplia a los operadores para así evitar el deterioro por la alta rotación del personal.
- Falta de comunicación en la organización de cada área.
- Disminución de la moral y compromiso de la empresa por la insatisfacción en el proceso de mantenimiento en los equipos

c) Política Básica

- Reformar la perspectiva y mentalidad de los operadores mediante las actividades que disminuyen los costos de mantenimiento innecesarios para luego aumentar la efectividad total de cada uno de los equipos. Reducir los fallos y defectos mediante la filosofía del TPM.

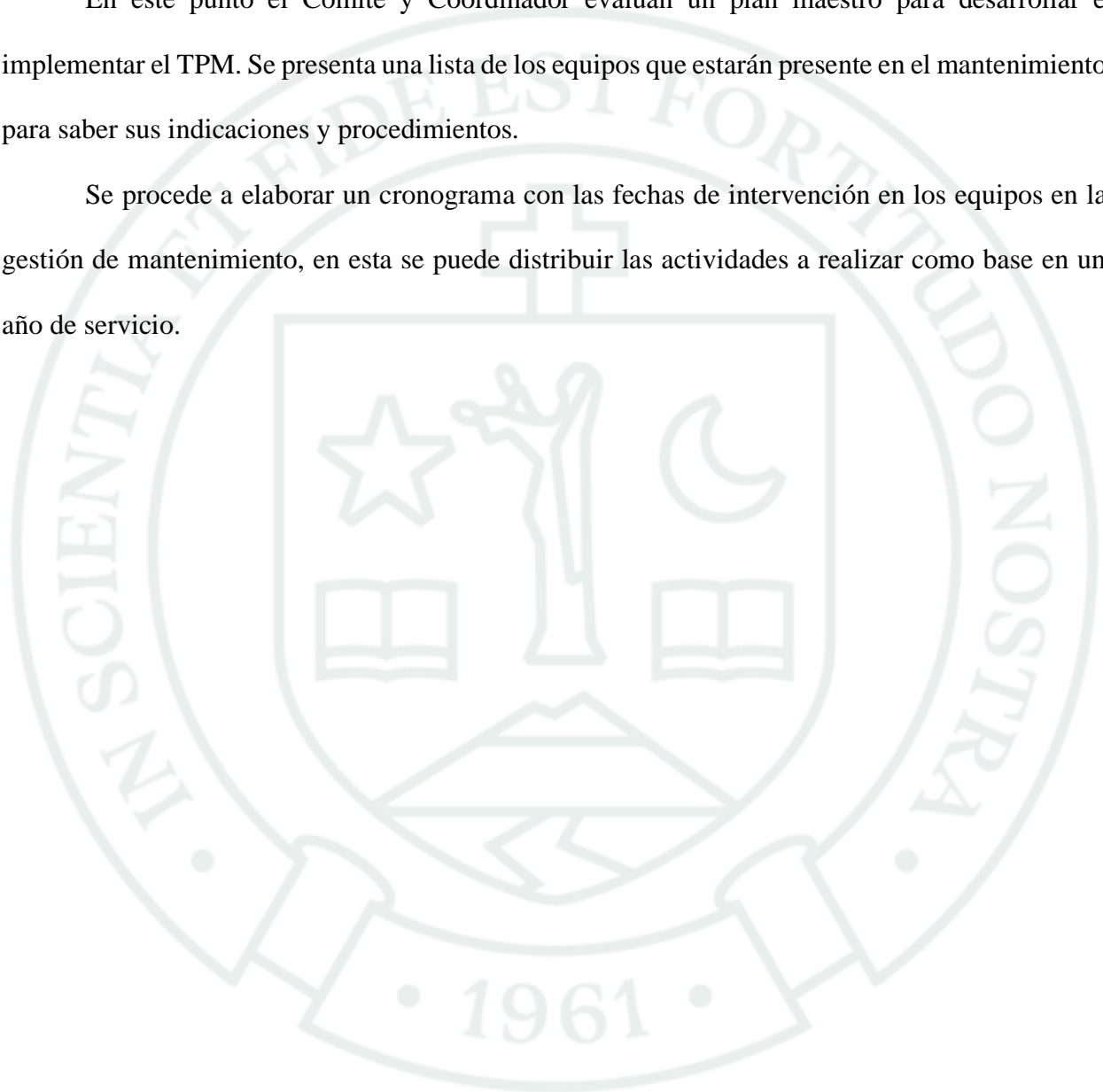
d) Metas del área

- Disminuir las fallas en los equipos debido a una falta de capacitación de los operadores.

- Disminuir los retrasos en los envíos de equipos a los proyectos del taller.
- Informar al personal sobre las tareas a realizar en el desarrollo de TPM.
- **Quinto Paso: Elaborar el plan maestro para el desarrollo del TPM**

En este punto el Comité y Coordinador evalúan un plan maestro para desarrollar e implementar el TPM. Se presenta una lista de los equipos que estarán presente en el mantenimiento para saber sus indicaciones y procedimientos.

Se procede a elaborar un cronograma con las fechas de intervención en los equipos en la gestión de mantenimiento, en esta se puede distribuir las actividades a realizar como base en un año de servicio.



- **Séptimo Paso: Gestión del plan de Mantenimiento**

Es necesario llevar un control de los indicadores de mantenimiento, de acuerdo con los datos obtenidos de disponibilidad, rendimiento y calidad de los equipos.

- **Octavo Paso: Plan de Mejora continua**

En este paso es necesario una continua supervisión mediante una auditoria de mantenimiento donde se utiliza las 5'S para mantener este método en el taller.

Las auditorias son realizadas por el departamento de mantenimiento mediante un formato con las funciones a realizar. Otro método para emplear es el tablero MTBF que permite una mejora continua y análisis del estado actual de los equipos del taller para así compararlos con los datos de los indicadores de gestión y analizar su mejora si es necesario.

Los datos en la tabla de análisis MTBF deben presentados en una sola hoja para un mejor análisis y tener toda la información disponible. En este tablero se desarrolla una constante mejora, donde sus principales funciones son:

Identificar las áreas de mejora y reducción según las metas en el mantenimiento.

- Calcular la vida útil de los equipos y repuestos del taller.
- Identificar puntos clave para realizar una correcta inspección.
- Señalar los resultados obtenidos a raíz de las medidas realizadas.
- Motivar a los operadores con respecto al mantenimiento logrado.

3.14.2 Fase de Planificación

En esta fase, se va a definir cuáles serán las bases para elaborar el plan de trabajo basado en el TPM, para esto definiremos cuales son los pilares que vamos a implementar y cuál es la secuencia en cada caso.

Primero definiremos cuales son los pilares del TPM que aplican más a nuestro caso, para ello se va a utilizar la matriz de priorización, para esto vamos a evaluar los pilares, los que son:

- Pilar 1: Capacitación y entrenamiento
- Pilar 2: Mantenimiento autónomo
- Pilar 3: Mejora enfocada
- Pilar 4: Mantenimiento planificado
- Pilar 5: Mantenimiento de calidad
- Pilar 6: Trabajo administrativo
- Pilar 7: Mejora continua
- Pilar 8: Seguridad y entorno

Según este análisis que se va a realizar, se va a cuantificar el valor aplicativo que se tendrá de los pilares del TPM y como se aplicaran siguiendo los siguientes ítems como causales:

- Mejorar las habilidades y conocimiento de los operadores de las unidades.
- Incrementar el tiempo total de operación de las unidades.
- Reducir el número de averías de las unidades
- Mejorar la gestión integral del mantenimiento
- Empoderar a los operadores de las unidades
- Reducir el número de accidentes y mejorar el cuidado del medio ambiente

Luego se les hará una cuantificación de 5 puntos como lo óptimo y bajando según será el grado de aplicación o no.

Tabla 45

Análisis de la estrategia TPM

Objetivo	Mejorar la calidad de la gestión de los neumáticos y la disponibilidad de las flotas							
	Pilares del TPM							
Criterios	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3	Pilar 4	Pilar 5	Pilar 6	Pilar 7	Pilar 8
Mejorar las habilidades y conocimiento de los operadores de las unidades.	5	4	5	5	5	4	5	4
Incrementar el tiempo total de operación de las unidades.	5	5	4	5	5	4	5	5
Reducir el número de averías de las unidades	5	5	5	5	5	5	5	5
Mejorar la gestión integral del mantenimiento	5	5	5	5	4	5	4	4
Empoderar a los operadores de las unidades	5	5	4	5	4	5	4	5
Reducir el número de accidentes y mejorar el cuidado del medio ambiente	5	5	4	5	5	5	5	5
Total	30	29	27	30	28	28	28	28

Nota. Elaboración propia.

Según se ve en el análisis, se van a implementar de forma completa todos los pilares, se ha visto que la cantidad cuantificada según los pilares a analizar:

Tabla 46

Cuantificación del análisis del TPM

Pilares del TPM	Valorización
Pilar 1: Capacitación y entrenamiento	30
Pilar 2: Mantenimiento autónomo	29
Pilar 3: Mejora enfocada	27
Pilar 4: Mantenimiento planificado	30
Pilar 5: Mantenimiento de calidad	28
Pilar 6: Trabajo administrativo	28
Pilar 7: Mejora continua	28
Pilar 8: Seguridad y entorno	28

Nota. Elaboración propia.

Según se puede ver, los pilares que más efecto van a tener en el proceso de mejora de la gestión son los pilares 1, 2 y 4, que corresponden a la mejora de la calidad del proceso de mantenimiento y las mejores prácticas de mantenimiento que se van a realizar en el proceso productivo.

Con este punto ya puesto en mesa, se va a comenzar con la fase de ejecución de la implementación de los pilares del TPM.

3.14.3 Fase de Ejecución

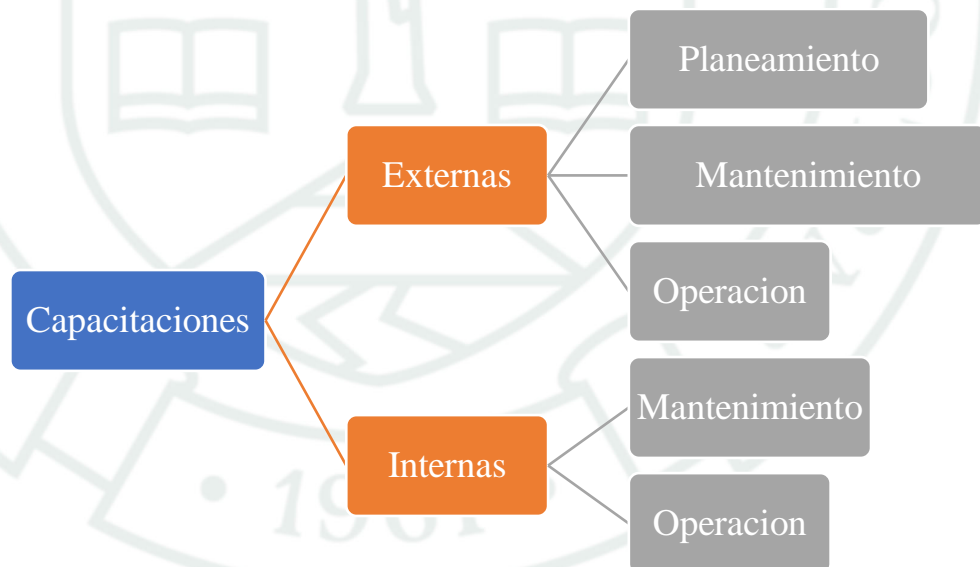
Los pilares del TPM serán tomados como referencia para brindar solución a los problemas presentados y serán una guía para demostrar cómo se puede conseguir la consecución del objetivo y la reducción de costos.

Pilar 1: Capacitación y Entrenamiento

La metodología TPM considera la capacitación y el entrenamiento como un punto importante para solucionar problemas relacionados al conocimiento técnico del personal en actividades de mantenimiento, para este fin se realizó en el mes de mayo una serie de capacitaciones para el área de mantenimiento, para así mejorar la capacidad del proceso de mantenimiento, para este fin se realizó la clasificación de las capacitaciones en dos grupos.

Figura 20

Tipos de capacitaciones



Nota. Elaboración propia.

Según se ve en el esquema realizado, los dos tipos de capacitaciones se realizarán en función a los aspectos de la gestión del mantenimiento que se va a plantear en la empresa, como

primer punto, se realizarán las capacitaciones externas, donde se va a tener que mejorar la capacidad de los miembros que lideran las áreas de planeamiento, mantenimiento y operación, como se ve a continuación.

Tabla 47

Lista de trabajadores

FECHA	CÓDIGO EMPLEADO	EMPLEADO	DEPARTAMENTO
7-May-22	PL001	EFRAÍN COAQUIRA	PLANEAMIENTO
7-May-22	PL002	JEHINSON GALLEGOS	PLANEAMIENTO
7-May-22	PL003	SEBASTIÁN SAMANES	PLANEAMIENTO
4-May-22	TM001	JESÚS QUISPE	MANTENIMIENTO
4-May-22	TM002	KEVIN COLLANQUI	MANTENIMIENTO
4-May-22	TM003	JORGE ROJAS	MANTENIMIENTO
4-May-22	OP001	JOSÉ PALOMINO	MANTENIMIENTO
4-May-22	OP002	CARLOS PAZ	MANTENIMIENTO
4-May-22	OP003	NORMA MAMANI	OPERACIÓN
4-May-22	OP001	RUDY MANCHEGO	OPERACIÓN
4-May-22	OP002	EBER HUANCA	OPERACIÓN
4-May-22	OP003	FREDY VILCA	OPERACIÓN
5-May-22	OP004	ALEXANDER RAMOS	OPERACIÓN
6-May-22	OP005	GREGORIO CALAPUJA	OPERACIÓN
7-May-22	OP006	JAMIL MOLINA	OPERACIÓN

Nota. Elaboración propia.

Se han considerado que los empleados seleccionados van a realizar las capacitaciones, para este fin se decidieron realizar las siguientes capacitaciones en el mes de mayo.

Tabla 48*Lista de cursos tomados*

Departamento	Curso tomado
Planeamiento	Gestión estratégica de repuestos (rotación y análisis)
Planeamiento	Gestión estratégica de repuestos (rotación y análisis)
Planeamiento	Gestión estratégica de repuestos (rotación y análisis)
Mantenimiento	Programa de entrenamiento en manejo de neumáticos y aros (mejores prácticas en mina)
Mantenimiento	Programa de entrenamiento en manejo de neumáticos y aros (mejores prácticas en mina)
Mantenimiento	Programa de entrenamiento en manejo de neumáticos y aros (mejores prácticas en mina)
Mantenimiento	Programa de entrenamiento y educación de neumáticos y aros (almacenamiento-manipulación)
Mantenimiento	Programa de entrenamiento y educación de neumáticos y aros (almacenamiento-manipulación)
Operación	Programa de entrenamiento y educación de neumáticos y aros (almacenamiento-manipulación)
Operación	Programa de entrenamiento y educación de neumáticos y aros (almacenamiento-manipulación)
Operación	Programa de entrenamiento y educación de neumáticos y aros (almacenamiento-manipulación)
Operación	Programa de entrenamiento y educación de neumáticos y aros (almacenamiento-manipulación)
Operación	Programa de entrenamiento y educación de neumáticos y aros (almacenamiento-manipulación)

Operación Programa de entrenamiento y educación de neumáticos y aros (almacenamiento-manipulación)

Operación Programa de entrenamiento y educación de neumáticos y aros (almacenamiento-manipulación)

Nota. Elaboración propia.

Con este punto de las capacitaciones externas, que se han implementado, se va a comenzar a evaluar los procedimientos de las capacitaciones internas, para este fin se han considerado como capacitaciones internas a ser analizadas los siguientes puntos.

Tabla 49

Programa de capacitaciones externas

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN INTERNA				
N°	DESCRIPCIÓN DE TEMAS	PUBLICO OBJETIVO	ÁREA	N° HORAS
1	Check list	operadores y técnicos	mantenimiento	0.5
2	Check list de equipos/máquinas	técnicos	mantenimiento	1
3	Cartilla de evaluación de neumáticos	técnicos	mantenimiento	1.5
4	Bitácora de fallas	jefe del área	planeación	2
5	La 5 s	jefe del área y técnicos	mantenimiento	2
6	Formatos de inspecciones	jefe del área	planeación	1
7	Base de trabajos diarios	técnicos	mantenimiento	0.5
8	Orden de trabajo	jefe del área	planeación	1.5
9	Herramientas de gestión de seguridad	jefe del área	mantenimiento	2
Total				12

Nota. Elaboración propia.

Según se ve, se va a realizar una serie de capacitaciones internas de maneras breves a los demás trabajadores, según los conocimientos que han recibido en las charlas externas y estas se darán en forma de horas dando un total de 12 horas que se aplicaran, dando con esto una mejora en la calidad del servicio, que se verá reflejado en la mejora de la disponibilidad operativa de los equipos.

Recursos utilizados

Para realizar las charlas, se ha considerado realizar las capacitaciones externas como internas, siguiendo un registro adecuado, para este fin, se solicitó un promedio de los costos para las capacitaciones externas, que serán aplicadas, mientras que las internas se consideraron en función a las horas que serán aplicadas durante su función en la empresa, siendo estas registradas con el siguiente formato de capacitaciones.

Control de las capacitaciones externas realizadas.

Para este punto, se ha considerado la cantidad de capacitaciones y su costo total, como se ve en el siguiente cuadro:

Tabla 50

Registro de Capacitaciones externas

Departamento	Curso Tomado	Costo
Planeamiento	Gestión Estratégica De Repuestos (Rotación Y Análisis)	\$ 300.0
Planeamiento	Gestión Estratégica De Repuestos (Rotación Y Análisis)	\$ 300.0
Planeamiento	Gestión Estratégica De Repuestos (Rotación Y Análisis)	\$ 300.0

Mantenimiento	Programa De Entrenamiento En Manejo De Neumáticos Y Aros (Mejores Prácticas En Mina)	\$ 230.0
Mantenimiento	Programa De Entrenamiento En Manejo De Neumáticos Y Aros (Mejores Prácticas En Mina)	\$ 230.0
Mantenimiento	Programa De Entrenamiento En Manejo De Neumáticos Y Aros (Mejores Prácticas En Mina)	\$ 230.0
Mantenimiento	Programa De Entrenamiento Y Educación De Neumáticos Y Aros (Almacenamiento-Manipulación)	\$ 230.0
Mantenimiento	Programa De Entrenamiento Y Educación De Neumáticos Y Aros (Almacenamiento-Manipulación)	\$ 230.0
Operación	Programa De Entrenamiento Y Educación De Neumáticos Y Aros (Almacenamiento-Manipulación)	\$ 230.0
Operación	Programa De Entrenamiento Y Educación De Neumáticos Y Aros (Almacenamiento-Manipulación)	\$ 230.0
Operación	Programa De Entrenamiento Y Educación De Neumáticos Y Aros (Almacenamiento-Manipulación)	\$ 230.0
Operación	Programa De Entrenamiento Y Educación De Neumáticos Y Aros (Almacenamiento-Manipulación)	\$ 230.0

Operación	Programa De Entrenamiento Y Educación De Neumáticos Y Aros (Almacenamiento- Manipulación)	\$ 230.0
Operación	Programa De Entrenamiento Y Educación De Neumáticos Y Aros (Almacenamiento- Manipulación)	\$ 230.0
Total		3660.0

Nota. Elaboración propia.

Según se ve en el cuadro realizado, el costo total de las capacitaciones externas realizadas va a ascender a un valor de \$ 3660.00, que serán determinados por medio de convenios y pautas realizadas entre la empresa y la concesionaria de los cursos.

Capacitaciones internas

Para este fin se va a considerar que las capacitaciones internas van a ser en horarios de inicio del trabajo o en periodos donde se haya menos cargas (periodos de parada de producción)

Siguiendo con el siguiente procedimiento, se va a realizar el análisis de los 2 siguientes pilares.

Pilar 2: Mantenimiento Autónomo

Como principal propósito que se evalúa en el mantenimiento autónomo, es proporcionar a los trabajadores una capacidad de aprendizaje para realizar el proceso de auto mantenimiento, para así ellos puedan realizar las inspecciones diaria, evaluación de la calidad del servicio que van a tener los neumáticos y como deben ser detectadas las anomalías que se indicaron en las causales de las fallas.

Situación actual

Actualmente, se ha presenciado que el proceso de mantenimiento de los vehículos tanto de la flota liviana como pesada, presentan un elevado factor de fallas en función de los neumáticos,

siendo este un punto negativo, ya que se presenció que en los 4 meses de análisis la tasa de fallas fue elevada, generando una reducción de la disponibilidad operativa general.

En el taller de mantenimiento mecánico se ha visto que los técnicos y operadores que evalúan y revisan los vehículos de ambas flotas, requieren de conocimientos que van a generar un estándar de mejora en la calidad del proceso y operación de la flota.

Otro punto para tomar en cuenta es que no se tiene un programa de mantenimiento que aplique también en la gestión del proceso de análisis de los neumáticos, siendo este una deficiencia tanto en el taller de mantenimiento, como en el área donde se va a trabajar.

Descripción del problema

Los vehículos de las flotas liviana y semipesado no cuentan con check-list de los neumáticos que se haga de forma diaria o seguida, siguiendo las consideraciones de seguridad y funcionamiento óptimo.

No cuentan, además, con un formato para controlar la ejecución del análisis de los neumáticos en las flotas analizadas, además que no se ha establecido la frecuencia de evaluación.

Continuamente se presenta el fallo y rotura de componentes de los sistemas de los neumáticos tanto delanteros como traseros debido a las condiciones de la mina y a una operación inadecuada de la unidad.

Los vehículos de ambas flotas transitan con llantas desgastadas o esperan que estas estén totalmente desgastadas, lo cual no garantiza la operatividad de la flota ya que pueden parar por fallos en los neumáticos.

Como se ve en la siguiente tabla, podremos ver las características de los procedimientos de mantenimiento que se evalúa en la flota liviana y semipesada de montacargas:

Tabla 51*Plan actual de inspección de camionetas*

MOTOR	INSP
Inspección del nivel de aceite de motor	X
Inspeccionar faja de accesorios (faja ventilador/alternador y compresor a/c)	X
Inspeccionar templadora faja de accesorios (compresor y ventilador/alternador)	X
Inspeccionar nivel del refrigerante	X
Inspeccionar el sistema de escape: silenciador y tubo de escape	X
FRENOS	INSP
Inspeccionar nivel del líquido de frenos	X
Inspeccionar/regular el freno de parqueo	X
SISTEMA ELÉCTRICO	INSP
Inspección y limpieza de batería y bornes	X
Revisión de luces exteriores e interiores (incluye circulina, pértiga y neblineros)	X
Inspeccionar el tablero de instrumentos: indicadores y testigos	X
Revisión de sistema de carga: alternador	X
Revisión de sistema de arranque: arrancador	X
DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN	INSP
Inspeccionar nivel del fluido de dirección	X
TRANSMISIÓN	INSP
Inspección nivel del líquido de embrague	X
Inspección nivel de aceite de transmisión	X
Inspeccionar mangueras de respiraderos de diferenciales	X
GENERALES	INSP
Lubricar las puertas, cremallera y chapas	X
Lubricar los mecanismos de izaje llanta de repuesto	X
Inspeccionar los cinturones de seguridad y encroches	X
Inspeccionar los accesorios (plumillas, espejo retrovisor y laterales) y ruidos	X
Revisar funcionamiento del sistema de aire acondicionado y calefacción	X
Inspeccionar alarma de retro y bocina	X

Realizar la limpieza de interior y exterior de la unidad, limpieza de motor

X

Nota. Elaboración propia.

Tabla 52

Plan de actual de inspección y mantenimiento de montacargas

PLAN DE INSPECCIÓN DE MONTACARGAS	
COMPONENTE	INS COMENTARIO
CABINA DE OPERADOR	
1	Inspeccionar estado del chasis
2	Revisar cabina protectora (parabrisas)
3	Revisar pedal de acelerador.
4	Revisar/regular pedal de freno de servicio y parqueo
5	Revisar asa de ayuda (para acceso a la cabina)
6	Revisar cinturón de seguridad.
7	Revisar estado y ajuste del asiento de operador.
8	Inspeccionar bocina.
9	Revisar el movimiento de volante.
10	Verificar puntos de engrase (Cambiar si están deficientes)
11	Limpieza del pre cleaner
MOTOR	
12	Inspección de soportes de motor.
13	Revisar estado y funcionamiento del radiador
14	Revisar nivel de refrigerante.
SISTEMA ELECTRICICO	
15	Revisar funcionamiento de luces delanteras y posteriores.
16	Revisar luces indicadores y medidores de cabina.
17	Verificar operatividad de la alarma de avance, retroceso y bocina
18	Revisar estado de circulina y pértiga
19	Verificar funcionamiento de panel de control

- 20 Verificar estado de alternador y arrancador
- 21 Inspeccionar estado de batería, limpiar borneras.

FRENO / TRANSMISION

- 22 Revisar nivel de fluido de freno.
- 23 Inspección visual de bomba de freno
- 24 Inspeccionar / Revisar neumáticos y aros.

HIDRAULICO Y MASTIL

- 25 Revisar el nivel de aceite hidráulico.
 - 26 Revisar posibles fugas de aceite por mangueras del castillo
 - 27 Verificar cilindros hidráulicos
 - 28 Verificar estado de bomba hidráulica
 - 29 Revisar mangueras hidráulicas de mástil
 - 30 Revisar cadenas de levante de uñas
 - 31 Revisar estado de horquillas
-

Nota. Elaboración propia.

Como se puede ver, es un caso frecuente, que se evalué los componentes funcionales tales como los sistemas hidráulicos, lubricación y motor como sistemas base, pero se deje de forma más alejada el análisis de los neumáticos y sus componentes. Como se puede ver en la siguiente tabla, los valores analizados en el último mes del proceso tomado para evaluación (abril).

Tabla 53

Análisis de estado de Camionetas

ESTADO ACTUAL	EQUIPO	TIPO EQUIPO
OPERATIVO	V7G438	CAMIONETAS
INOPERATIVO	Z4K930	CAMIONETAS
INOPERATIVO	Z4K918	CAMIONETAS
OPERATIVO	Z4K919	CAMIONETAS
OPERATIVO	Z5F838	CAMIONETAS

OPERATIVO	Z5F839	CAMIONETAS
OPERATIVO	V9C932	CAMIONETAS
OPERATIVO	V9D724	CAMIONETAS
OPERATIVO	V9D739	CAMIONETAS
INOPERATIVO	V9C918	CAMIONETAS
INOPERATIVO	Z6I906	CAMIONETAS
OPERATIVO	V9Z843	CAMIONETAS
INOPERATIVO	V9Z847	CAMIONETAS
OPERATIVO	V0A825	CAMIONETAS
OPERATIVO	Z6Z940	CAMIONETAS
OPERATIVO	Z4Y867	CAMIONETAS
OPERATIVO	EUD062	CAMIONETAS
OPERATIVO	EUE923	CAMIONETAS
INOPERATIVO	VDR963	CAMIONETAS

Nota. Elaboración propia.

Se puede ver que en ese mes se tuvo una cantidad baja de vehículos livianos en la familia de camionetas de vehículos inoperativos.

En comparación con los vehículos de la flota semipesada en función a los montacargas se tuvo un resultado similar:

Tabla 54

Análisis del estado de montacargas

	EQUIPO	FAMILIA
OPERATIVO	Flizz0875	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz0923	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz0936	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz1010	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz1025	MONTACARGAS

INOPERATIVO	Flizz1026	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz1027	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz1028	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz1029	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz1083	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz1193	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz1181	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz1192	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz1232	MONTACARGAS
INOPERATIVO	Flizz1239	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz0888	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz0926	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz0927	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz0928	MONTACARGAS
OPERATIVO	Flizz0934	MONTACARGAS

Nota. Elaboración propia.

Según se puede ver, en el mes de marzo se realizó un pequeño estudio en función a los neumáticos, generando una ligera mejora en ambas flotas, por esta razón se evaluó implementar en el mantenimiento autónomo la necesidad de evaluar la calidad de los neumáticos, siendo esta efectuada en función a las técnicas de la 5S.

Aplicación de la técnica de las 5S

Para esta aplicación, se ha considerado los siguientes pasos:

Realizar limpieza inicial (SEISO)

En el aspecto de limpieza nos centraremos en el aspecto de evaluar las características del área donde va a trabajar el equipo y el área donde será, determinada el proceso de trabajo.

En el primer aspecto, se ha considerado que los vehículos de ambas flotas van a tener que trabajar en un área no asfaltada en la mayor parte de su proceso productivo, para este fin, se va a

considerar que, en el periodo final del proceso productivo, un análisis en función a la calidad del proceso de trabajo se ha elaborado la siguiente ficha:

Figura 21

Formato de análisis de equipos

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL EQUIPO	
Descripción del equipo:	
Fecha:	
Evaluado por:	
Confiabilidad/comentarios:	
Capacidad/comentario:	
Condición general:	
Apariencia/limpieza:	
comodidad de operación:	
seguridad de trabajo:	
ambiente de trabajo	
Comentarios:	

Nota. Elaboración propia.

Como se ve en el formato, las características, tanto positivas como negativas deberán ser registradas, para que en la próxima salida a campo sean levantadas y mejoradas.

Clasificar o separar lo innecesario (SEIRI)

Se realizó la clasificación de equipos, máquinas y herramientas manuales defectuosas, equipo de protección personal (EPP), etc, para que así se lleve los equipos necesarios y que también

se tenga a la mano los componentes más adecuados, tanto en repuestos como en herramientas, para esto se aplicó la siguiente tabla analítica.

Tabla 55

Clasificación de actividades según TPM

TABLA DE CLASIFICACION TPM			
CATEGORIA	ITEM	CLASIFICACION: 0 (POBRE) - 5 (BUENO)	CALIFICACIÓN
ESTADO GENERAL	1	Faros principales / Faros neblineros / Luces pirata	5
	2	Luces direccionales / de estacionamiento / intermitentes	5
	3	Luces de freno/ Luces de retroceso	5
	4	Luz estroboscópica (Circulina color verde)	5
	5	Espejos	5
	6	Parabrisa y ventanas (sin rajaduras)	5
	7	Plumillas Limpia y lava parabrisas	5
	8	Neumáticos (Incluye repuesto) tipo AT (Presión, banda de rodamiento)	3
	9	Espárragos, tuercas (torque según fabricante), seguro de tuercas	4
	10	Cartolas /Letreros Identificatorios	5
ELEMENTOS DE SEGURIDAD	11	Tacos/cuñas (02)	5
	12	Conos de seguridad de 45 cm (03) con cinta reflectiva(8-10cm)	4
	13	Eslinga/Grilletes	5
	14	Pico y pala	5
	15	Cable para pasar corriente	5
	16	Extintor PQS 6kg (ABC)	5
	17	Botiquín * / Linterna	5

	18	Kit antiderrame	5
	19	Sistema Comunicación (Teléfono Satelital, Radio Handy, Celular)	5
	20	Prueba del freno de servicio	5
	21	Freno de estacionamiento	5
	22	Dirección	5
ESTADO	23	Nivel de aceite del motor	5
MECÁNICO	24	Nivel de líquido de frenos	5
	25	Nivel de refrigerante	5
	26	Nivel de aceite hidráulico (hidrolina)	5
	27	Nivel de agua para limpiaparabrisas	5
	28	Cinturones de seguridad	5
	29	Alarma de Retroceso	5
	30	Seguros de puertas	5
	31	Claxon	5
	32	Tarjeta de propiedad, SOAT, Revisión Técnica vigente / ATS	5
ESTADO	33	Kit básico de herramientas * / Llave de rueda tipo cruz	5
INTERNO	34	Gata (Doble peso bruto vehículo) y sus accesorios	5
	35	Orden y limpieza	5
	36	Jaula Interna/Externa Antivuelco	5
	37	Aire Acondicionado	5

Nota. Elaboración propia.

Luego de eso a las llantas descartadas se le asigna un lugar dentro de taller, luego se envía al centro de acopio de la compañía dentro de la unidad para su reciclaje posterior.

Cuando se realiza un cambio de componente de los vehículos, el componente saliente se devuelve al almacén para evitar acumulación de repuestos inservibles en el taller de mantenimiento.

Organizar el área de trabajo (SEITON)

En este punto, los mecánicos en el taller o área donde se realizarán los procesos de mantenimiento serán los encargados de mantener las herramientas, equipos y maquinas en el lugar correspondiente, también van a inspeccionar a través del check list el estado de las herramientas manuales y equipos.

Mientras que, en el proceso de trabajo en el campo, los conductores y equipo que vaya a salir a trabajar deberán de estar supervisando que los equipos, herramientas y otros insumos que se utilizaran en el proceso de trabajo estén correctamente alineados y óptimos para su aplicación.

Establecer estándares (SEIKETSU)

Para el establecimiento de estándares se va a considerar el análisis y mantenimiento de los neumáticos como punto principal, para este fin se ha evaluado la siguiente tabla para los estándares más adecuados en el proceso productivo.

Tabla 56*Análisis de estándares de mantenimiento*

ESTABLECIMIENTO DE ESTANDARES Y CONTROL VISUAL						
PARTE DEL EQUIPO	PARAMETRO	ACCION A REALIZAR	FRECUENCIA	TIEMPO	RESPONSABILIDAD	
Neumático	Niv. Presión	revisión de la presión	diario	10 min	Operador	
Neumático	Estructura	medición de altura de cocada	diario	10 min	Operador	
Neumático	Balanceo	revisión de balanceo	5000 km	60 min	Mantenedor	
Neumático	Sonidos	revisión de la limpieza de neumático	diario	10 min	Operador	
Neumático	Rozamiento directo	revisión de la junta aro, protector, neumático	diario	10 min	Operador	
Neumático	Mal direccionamiento	revisión de dirección	5000 km	60 min	Mantenedor	
Neumático	Desnivelación	Alineamiento de neumáticos	5000 km	60 min	Mantenedor	

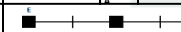

Nota. Elaboración propia.

Como se ve en el estándar que se va a aplicar al proceso de mantenimiento de los neumáticos, se espera que los componentes de estos estén evaluados de forma óptima.

Hay que considerar que el Operador es el que va a evaluar las fallas y dar el mantenimiento a los equipos, entonces se debe establecer un checklist de pre-operación.

Figura 22

Check list pre-operación de equipo

INSPECCIÓN PRE USO DE FLOTA					
CONDUCTOR			FECHA		
TIPO DE VEHICULO			MARCA		
PLACA DE VEHICULO			PROX. MANTENIMIENTO(KM)		
ORIGEN			DESTINO		
KIL/HOR INICIAL		Km	HOR	hrs.	KIL/HOR FINAL
NIVEL DE COMBUSTIBLE RECIBIDO				NIVEL DE COMBUSTIBLE DE ENTREGA	
ACTIVIDAD A REALIZAR					

ESTADO GENERAL (vuelta del gallo)		Respuesta		Estado interno		Respuesta	
●●	Faros principales/ Faros neblineros/ Luces espirata	SI	NO	●●●	Cinturones de seguridad	SI	NO
●●	Luces direccionales/ de estacionamiento/ intermitentes	SI	NO	●●	Alarma de Retroceso	SI	NO
●●	Luces de freno/ Luces de retroceso	SI	NO	●●	Seguros de puertas	SI	NO
●●	Luz estroboscópica (Circulina color verde)	SI	NO	●●	Claxon	SI	NO
●●	Espejos	SI	NO	●	Tarjeta de propiedad, SOAT, Revisión Técnica vigente/ ATS	SI	NO
●●	Parabrisa y ventanas (sin rajaduras)	SI	NO	●	Kit básico de herramientas / Llave de rueda tipo cruz	SI	NO
●●	Plumillas Limpia y lava parabrisas	SI	NO	●	Gata (Doble peso bruto vehiculo) y sus accesorios	SI	NO
●●	Neumáticos (Incluye repuesto) tipo ATI (Presión, banda de rodamiento)	SI	NO	●	Orden y limpieza	SI	NO
●●	Esparragos, tuercas (torque según fabricante), seguro de tuercas	SI	NO	●●●	Jaula Interna/ Externa Antivuelco	SI	NO
●	Cartolas/Letras identificatorias	SI	NO	●●	Aire Acondicionado	SI	NO

Elementos de seguridad		Respuesta		Estado mecánico		Respuesta	
●	Tacos/cuñas (02)	SI	NO	●●●	Prueba del freno de servicio	SI	NO
●	Conos de seguridad de 45 cm (03) con cinta reflectiva (8-10cm)	SI	NO	●●●	Freno de estacionamiento	SI	NO
●	Eslinga/Grilletes	SI	NO	●●●	Dirección	SI	NO
●	Pico y pala	SI	NO	●●●	Nivel de aceite del motor	SI	NO
●	Cable para pasar corriente	SI	NO	●●●	Nivel de líquido de frenos	SI	NO
●	Extintor PQS 6kg (ABC)	SI	NO	●●●	Nivel de refrigerante	SI	NO
●	Botiquín / linterna	SI	NO	●●●	Nivel de aceite hidráulico (hidrolina)	SI	NO
●	Kit antiderrame	SI	NO	●	Nivel de agua para limpiar parabrisas	SI	NO
●	Sistema Comunicación (Teléfono Satelital, Radio Handy, Celular)	SI	NO	●	Otros	SI	NO

Nota. Elaboración propia.

Pilar 3: Mejora Enfocada

Este pilar busca mejorar y maximizar el Overall Equipment Effectiveness (OEE), este pilar, se analizará y evaluara el plan de mantenimiento ya que es esta quien garantiza la continuidad de la operación de los equipos, este pilar se implementa en 5 fases adaptadas al contexto de operación.

Tabla 57*Implementación de mejora continua y enfocada*

Categoría de Pérdida (OEE)	% de Impacto Promedio (Flota Liviana)	% de Impacto Promedio (Flota Semipesada)	Fallas de Neumáticos	Prioridad Kaizen
Disponibilidad	34.80% (principal en unidades como V9D724 y Fliz1010)	33.78% (principal en Fliz1025 y Fliz0927)	Pinchazos, reventones, reparaciones prolongadas	Alta
Rendimiento	34.52% (bajo MTBF en >50% de unidades)	40.45% (bajo MTBF en unidades con >2 paradas)	Desgaste desigual, baja presión, tracción deficiente	Media-Alta
Calidad	4.70% (impacto en paradas múltiples)	5.60% (paradas >3 en Fliz0888)	Cargas perdidas por deslizamiento o inestabilidad	Media

Nota. Elaboración propia.

Identificación de Pérdidas: Se mapea las fallas presentadas en los neumáticos con un análisis de pareto y registro digital de inspecciones realizadas bajo un check list estandarizado.

Análisis de Causa Raíz: Aplicar 5 Porqués y diagrama de Ishikawa para cada pérdida.

Problema: Alto tiempo de inoperatividad, muchas paradas por fallas de neumáticos.

¿Por qué? - se producen pinchazo y reventones frecuentes.

¿Por qué? - la presión no se controla adecuadamente.

¿Por qué? - no existe un sistema automático de monitoreo (TPMS).

¿Por qué? - Los operadores y el equipo de mantenimiento no han sido capacitados en mantenimiento autónomo.

¿Por qué? - Falta implementación de inspecciones diarias y sistema de monitoreo continuo de presión de los neumáticos.

Plan de Kaizen Focalizado: Equipos multifuncionales (operadores + mantenimiento) proponen mejoras pequeñas y rápidas. Ejemplos:

- Rotación sistemática de neumáticos cada 250 horas.
- Inspección visual diaria (CLIT: Limpieza, Lubricación, Inspección, Ajuste) por operadores (integrando Mantenimiento Autónomo).
- Capacitación en detección temprana de desgaste.

Implementación y Medición: Piloto en 5 unidades de cada flota; medir OEE post-Kaizen (meta: +15% en 3 meses). Usar CMMS para tracking.

Estandarización y Sostenimiento: Actualizar procedimientos y auditar mensualmente.

Pilar 4: Mantenimiento Planificado

Para este pilar, se va a considerar el estado actual del plan de mantenimiento, donde se ha podido observar que no se tiene una correcta evaluación de los neumáticos y como estos deben de ser analizados y tratados, para este fin se le va a agregar, el siguiente cuadro de análisis de neumáticos:

Figura 23

Formato de análisis de neumáticos

	EMPRESA	Código : PE102296Z-HSEQ-S&SO1-F-15
	Formato de Inspección de Neumáticos ajuste de Tuercas con Torquímetro	Versión : 00
		Fecha : 05/08/2022
		Página : 1 de 2

REGISTRO DE UNIDAD VEHICULAR	
EMPRESA	
MARCA	
MODELO	
PLACA	
AÑO DE FABRICACION	
NUMERO DE SERIE	
NRO. TARJETA DE PROPIEDAD	
FECHA DE ULTIMO MANTENIMIENTO	
FECHA DE PROXIMO MANTENIMIENTO	
FECHA DE VENCIMIENTO SOAT	
FECHA VCTO CERTIFICADO DE INSPECCION TECNICA	
NUMERO DE POLIZA (SOAT)	
CANTIDAD DE COMBUSTIBLE	
CUENTA CON CUADERNO DE MANTENIMIENTO	
CERTIFICADO DE JAULA BEND PAK	
GPS ACTIVO	

CONTROL DE NEUMATICOS												
FECHA DE INSPECCION	POSICION	Lectura de neumaticos	PRESION (28-35 PSI)	Valor minimo (RITRAN)	PROFUNDIDAD			TIPO DE NEUMATICO		FECHA DE FABRICACION	MARCA DE NEUMATICO	Medida de Torque Para Camioneta 75 Lb/pulg2
					A (Exterior)	B (Intermedia)	C (Interior)	A/T	M/T			
	1 (Anterior Izquierdo)			4 mm								
KILOMETRAJE	2 (Anterior Derecho)			4 mm								
	3 (Posterior Izquierdo)			4 mm								
PLACA	4 (Posterior Derecho)			4 mm								
	5 (REPUESTO)			4 mm								
INDICE DE CARGA:		VELOCIDAD MAXIMA:			TEMPERATURA:		ESTRUCTURA:	RADIAL <input type="checkbox"/>	DIAGONAL <input type="checkbox"/>	OTRO:		

Lectura de neumaticos

Diagram illustrating the components of a tire specification: 255 / 60 R 17 106 V. Labels include: Ancho del neumático (banda de rodadura), Perfil, Diámetro de la llanta, Código de velocidad, Arquitectura (Radial o Diagonal), Índice de carga, BANDA DE RODADURA, PERFIL, and DIÁMETRO DE LA LLANTA.

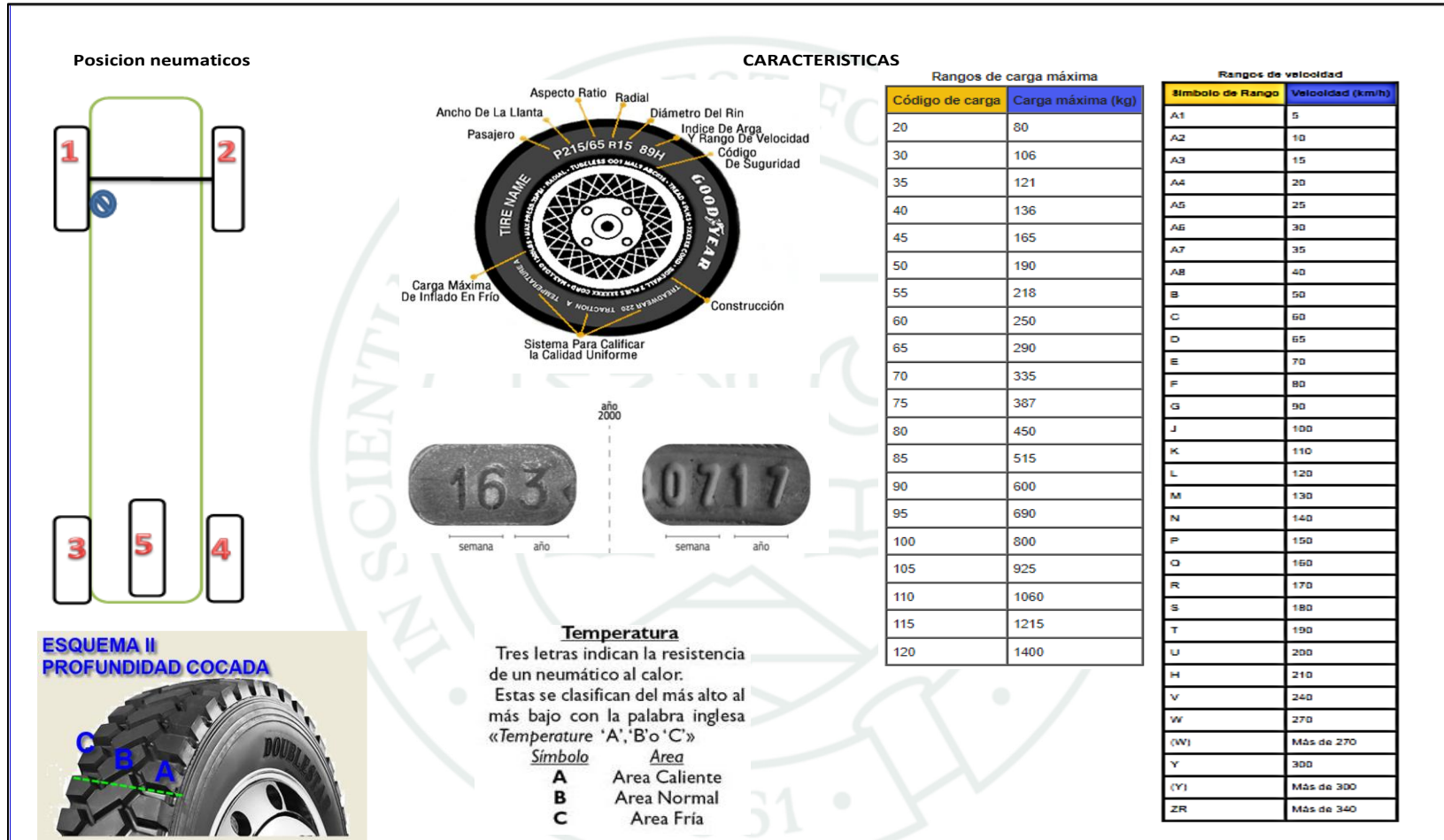
INSPECTOR
NOMBRE Y CARGO

SUPERVISOR DE LA INSPECCION
NOMBRE Y CARGO

Nota. Elaboración propia.

Figura 24

Características de neumáticos



Nota. Elaboración propia

Como se puede ver, para realizar la mejora en la gestión de los neumáticos se va a considerar ahora el estado de estos, además que se van a actualizar en el plan de mantenimiento general, según los datos considerados anteriormente, en función a los pilares de las capacitaciones y el mantenimiento autónomo, agregar un aspecto para realizar el análisis del estado de los neumáticos.

Plan de mantenimiento actual

Como se puede ver, en el siguiente cuadro analítico del plan de mantenimiento actual que se tiene para las flotas semipesado y liviana, en función a las familias de montacargas y camionetas, se ve que:

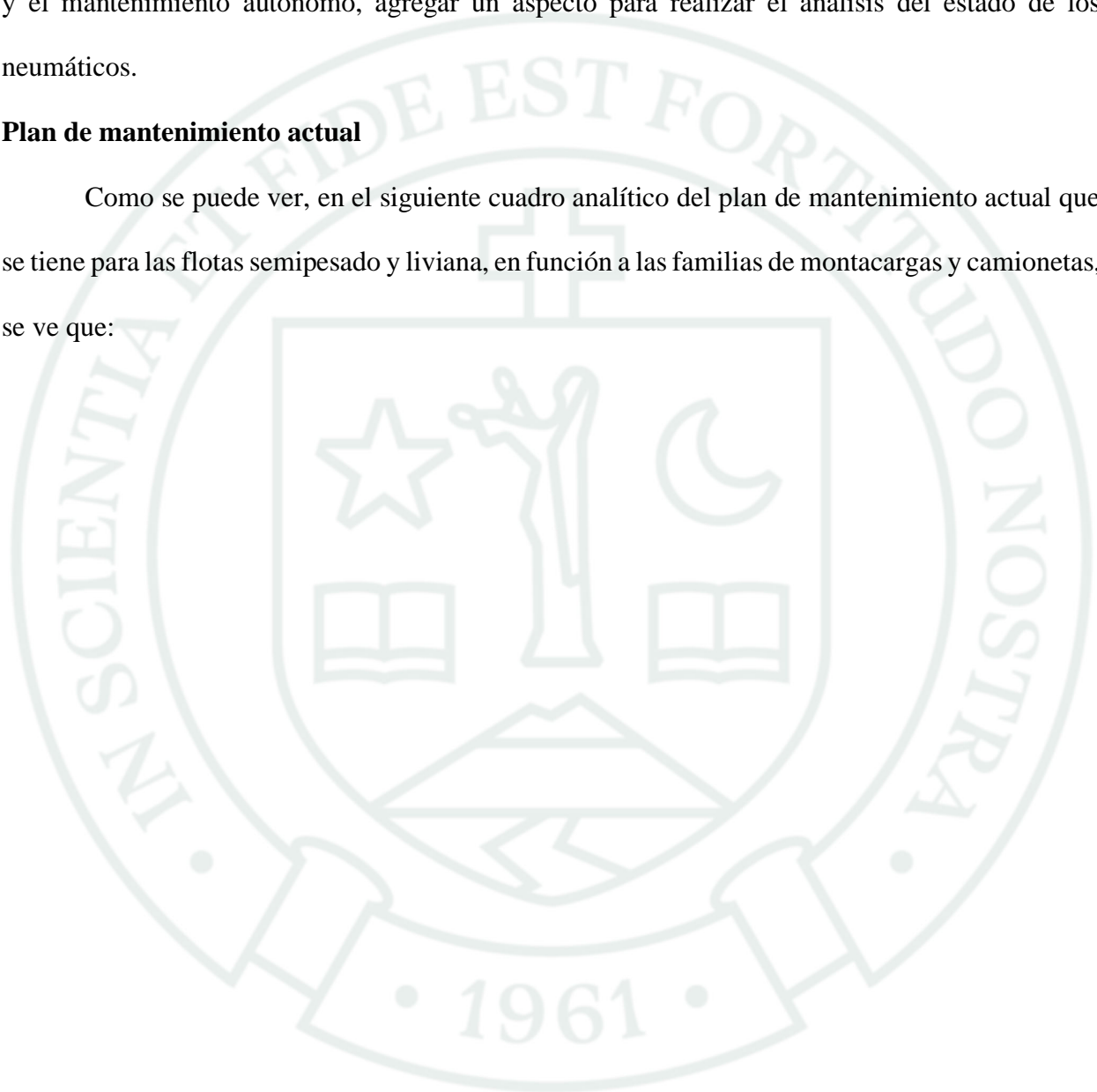


Figura 25

Plan de mantenimiento actual

PLAN DE MANTENIMIENTO CAMIONETAS							SEMANA:
UNIDAD:	HR	TIPO DE MANTENIMIENTO					
		KM	INSP PREDIC	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM
CODIGO SAP	FECHA INGRESO						
DETALLES DEL EQUIPO	HORA INICIO						
SECCION TALLER	HORA FIN						
MECANICO ENCARGADO	CANT. HRS.	2	2	6	10	12	14
	CANT. PERSONAL	1	1	1	2	2	2
MOTOR		INSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM
INSPECCION DEL NIVEL DE ACEITE DE MOTOR		X					
CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO DE ACEITE DE MOTOR			X	X	X	X	X
CAMBIAR FILTRO DE AIRE				X	X	X	X
CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE (NO APLICABLE EN MOTOR DE 3.5L)			X	X	X	X	X
INSPECCIONAR VÁLVULA PCV (VENTILACIÓN POSITIVA DE CÁRTER)						X	
INSPECCIONAR FAJA DE ACCESORIOS (FAJA VENTILADOR/ALTERNADOR Y COMPRESOR A/C)		X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR TEMPLADOR FAJA DE ACCESORIOS(COMPRESOR Y VENTILADOR/ALTERNADOR)		X	X	X	X	X	
REEMPLAZAR EL TEMPLADOR DE FAJA DE ACCESORIOS							X
INSPECCIONAR NIVEL DEL REFRIGERANTE		X	X	X	X		
INSPECCIONAR EL SISTEMA DE ESCAPE: SILENCIADOR Y TUBO DE ESCAPE		X	X	X	X	X	X
FRENOS		INSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM
MEDIR EL DESGASTE DE LAS PASTILLAS Y DISCOS DE FRENO			X	X	X	X	X
INSPECCIONAR LAS ZAPATAS Y TAMBORES DE FRENO			X	X	X	X	X
LUBRICAR LAS GUÍAS DE CALIPER			X	X	X	X	X
INSPECCIONAR NIVEL DEL LÍQUIDO DE FRENOS		X	X	X	X		
REEMPLAZAR EL LÍQUIDO DE FRENOS						X	X
INSPECCIONAR/REGULAR EL FRENO DE PARQUEO		X	X	X	X	X	X
SISTEMA ELÉCTRICO		INSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM
INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE BATERÍA Y BORNES		X	X	X	X	X	X
REVISIÓN DE LUCES EXTERIORES E INTERIORES (INCLUYE CIRCULINA, PÉRTIGA Y NEBLINEROS)		X	X	X	X	X	X
INSPECCIONAR EL TABLERO DE INSTRUMENTOS : INDICADORES Y TESTIGOS		X	X	X	X	X	X
REVISIÓN DE SISTEMA DE CARGA : ALTERNADOR		X	X	X	X	X	X
REVISIÓN DE SISTEMA DE ARRANQUE : ARRANCADOR		X	X	X	X	X	X
DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN Y RUEDAS		INSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM
INSPECCIONAR NIVEL DEL FLUIDO DE DIRECCIÓN		X	X	X	X		
REEMPLAZAR EL FLUIDO DE DIRECCIÓN						X	X
INSPECCIONAR LA CAJA DE DIRECCIÓN Y/O CREMALLERA			X	X	X	X	X
INSPECCIONAR LOS BRAZOS GIRATORIOS, TERMINALES DE DIRECCIÓN Y RÓTULAS			X	X	X	X	X
INSPECCIONAR GUARDAPOLVO PALIER			X	X	X		
INSPECCIONAR PALIERES			X	X	X	X	X
INSPECCIONAR JUNTAS UNIVERSALES (CRUCETAS) Y ACOPLÉS DESLIZANTES			X	X	X	X	X
INSPECCIÓN DE SUSPENSIÓN DELANTERA Y POSTERIOR			X	X	X	X	X
INSPECCIONAR TORQUE DE LOS PERNOS Y TUERCAS DE CHASIS Y CARROCERIA				X	X	X	X
INSPECCIÓN DE NEUMÁTICOS: PRESIÓN DE INFLADO Y PROFUNDIDAD BANDA DE RODAMIENTO		X	X	X	X	X	X
TRANSMISIÓN		INSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM
INSPECCIÓN NIVEL DEL LÍQUIDO DE EMBRAGUE		X	X	X	X		
INSPECCIÓN NIVEL DE ACEITE DE TRANSMISIÓN		X					
CAMBIAR LÍQUIDO DE EMBRAGUE						X	X
CAMBIAR ACEITE DE TRANSMISIÓN						X	X
CAMBIAR ACEITE DE DIFERENCIAL POSTERIOR 4X2						X	X
CAMBIAR ACEITE DE DIFERENCIAL DELANTERO Y POSTERIOR (4X4)						X	X
CAMBIAR ACEITE DE CAJA DE TRANSFERENCIA (4X4)				X		X	X
INSPECCIONAR MANGUERAS DE RESPIRADEROS DE DIFERENCIALES		X	X	X	X	X	X
GENERALES		INSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM
LUBRICAR LAS PUERTAS, CREMALLERA Y CHAPAS		X	X	X	X	X	X
LUBRICAR LOS MECANISMO DE IZAJE LLANTA DE REPUESTO		X	X	X	X	X	X
INSPECCIONAR LOS CINTURONES DE SEGURIDAD Y ENCROCHES		X	X	X	X	X	X
INSPECCIONAR EL ESTADO DE LOS SOPORTES DE MOTOR Y TRANSMISIÓN			X	X	X	X	X
INSPECCIONAR LOS ACCESORIOS (PLUMILLAS, ESPEJO RETROVISOR Y LATERALES) Y RUIDOS		X	X	X	X	X	X
REVISAR FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCIÓN		X	X	X	X	X	X
INSPECCIONAR EL FILTRO DE AIRE DE CABINA(CAMBIA SI TIENE SATURACION)		X	X	X			X
INSPECCIONAR ALARMA DE RETRO Y BOCINA		X	X	X			X
REEMPLAZAR EL FILTRO DE AIRE DE CABINA (EQUIPOS EXPLORER)					X	X	X
REALIZAR PRUEBA DE VEHÍCULO EN RUTA: MOTOR, FRENOS, DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN			X	X	X	X	X
REALIZAR LA LIMPIEZA DE INTERIOR Y EXTERIOR DE LA UNIDAD, LIMPIEZA DE MOTOR		X	X	X	X	X	X

Nota. Elaboración propia.

En función a las camionetas, se tiene que los neumáticos solo son analizados en función a las pastillas de frenos como punto base y luego en su posición que se presentan al momento del mantenimiento.

Mientras que para los montacargas se tienen la siguiente consideración, primero, se realiza una inspección mensual, donde se ve los siguientes puntos considerados.

Figura 26

Plan de inspección actual montacargas

INSPECCION DE MONTACARGAS DIESEL					SEMANA:	
UNIDAD:		HR:		TIPO DE MANTENIMIENTO		
CODIGO SAP			FECHA INGRESO			
DETALLES DEL EQUIPO			HORA INICIO			
SECCION TALLER			HORA FIN			
MECANICO ENCARGADO			CANT. HRS.		5	
			CANT. PERSONAL		1	
COMPONENTE				OK	COMENTARIO	
CABINA DE OPERADOR						
1	Inspeccionar estado del chasis					
2	Revisar cabina protectora (parabrisas)					
3	Revisar pedal de acelerador.					
4	Revisar/regular pedal de freno de servicio y parqueo					
5	Revisar asa de ayuda (para acceso a la cabina)					
6	Revisar cinturón de seguridad.					
7	Revisar estado y ajuste del asiento de operador.					
8	Inspeccionar bocina.					
9	Revisar el movimiento de volante.					
10	Verificar puntos de engrase (Cambiar si están deficientes)					
11	Limpieza del pre cleaner					
MOTOR						
12	Inspeccion de soportes de motor.					
13	Cambiar filtro de aceite de motor					
14	cambiar filtro de combustible					
15	cambiar filtro separador de combustible					
16	Cambiar aceite de motor					
17	Revisar estado y funcionamiento del radiador					
18	Revisar nivel de refrigerante.					
19	Revisar fuga de aceite de motor.					
20	Limpiar/Inspeccionar filtro de aire.					
21	Revisar/Ajustar correa de alternador.					
22	Inspeccionar/Ajustar correa de ventilador.					
23	Obtener muestras de aceite de motor					
SISTEMA ELECTRICO						
24	Revisar funcionamiento de luces delanteras y posteriores.					
25	Revisar luces indicadores y medidores de cabina.					
26	Verificar operatividad de la alarma de avance,retroceso y bocina					
27	Revisar estado de circulina y pertiga					
28	Verificar funcionamiento de panel de control					
29	Verificar estado de alternador y arrancador					
30	Inspeccionar estado de batería, limpiar bornas.					
FRENO / TRANSMISION						
31	Revisar nivel de fluido de freno.					
32	Revisar el nivel de aceite transmision					
33	Revisar nivel de aceite en el tandem (DI,DD,PI,PD)					
34	Inspeccion visual de bomba de freno					
35	Inspeccionar / Revisar neumáticos y aros.					
HIDRAULICO Y MASTIL						
36	Revisar el nivel de aceite hidráulico.					
37	Revisar posibles fugas de aceite por mangueras del castillo					
38	Verificar cilindros hidráulicos					
39	Verificar estado de bomba hidráulica					
40	Revisar mangueras hidráulicas de mastil					
41	Revisar cadenas de levante de uñas					
42	Revisar estado de horquillas					

Nota. Elaboración propia.

De aquí se puede ver que la inspección, tampoco analiza de forma correcta los neumáticos de los montacargas, más se centran en los componentes de sistemas de lubricación, motor y otros.

Plan de mantenimiento aplicando TPM.

Primero se realizará el análisis de como deberá de ser evaluados los neumáticos, siguiendo el formato anterior, del análisis del estado de los neumáticos, se determinará un cronograma de mantenimiento para los mismos, donde se evaluará paradas programadas y no programadas de los vehículos, como se ve a continuación:

Figura 27

Programa de actividades de neumáticos

EQUIPO:	Montacargas/ Camionetas					
FECHA:						
ACTIVIDAD	CONDICIÓN	Empieza	Termina	TIEMPO TOTAL	INFORMES	
					OBSERVACIONES	OTROS
revisión de neumáticos	NP	08:30	08:40	00:10		
inspección de presión	P	11:00	11:50	00:50		
revisión de dirección	NP	09:00	09:30	00:30		
análisis de la estructura	NP	09:40	09:50	00:10		
análisis de cámaras	P	12:00	12:30	00:30		
cambio de neumático	P	13:00	13:50	00:50		
prueba de conformidad	P	14:00	14:50	00:50		
Total				03:50:00		

P= Paros Planeados
NP= Paros No planeados

Nota. Elaboración propia.

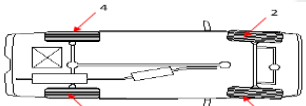
Donde hay que considerar que se deberá de emplear un aproximado de 3 horas y 50 minutos para realizar el proceso de mantenimiento de los neumáticos y como estos deberán ser distribuidos, entre paros planeado y no planeados, como se indica en el esquema.

Con este fin se realizaron las siguientes mejoras en el plan de mantenimiento como se ve a continuación:

Figura 28

Plan de mantenimiento actualizado de camionetas

PLAN DE MANTENIMIENTO CAMIONETAS							SEMANA:	
UNIDAD:	HR	TIPO DE MANTENIMIENTO						
		KM	NSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM
CODIGO SAP	FECHA INGRESO							
DETALLES DEL EQUIPO	HORA INICIO							
SECCION TALLER	HORA FIN							
MECANICO ENCARGADO	CANT. HRS.	2	2	6	10	12	14	
	CANT. PERSONAL	1	1	1	2	2	2	
MOTOR		NSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM	
INSPECCION DEL NIVEL DE ACEITE DE MOTOR		X						
CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO DE ACEITE DE MOTOR			X	X	X	X	X	
CAMBIAR FILTRO DE AIRE				X	X	X	X	
CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE (NO APLICABLE EN MOTOR DE 3.5L)			X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR VALVULA PCV (VENTILACION POSITIVA DE CARTER)						X		
INSPECCIONAR FAJA DE ACCESORIOS (FAJA VENTILADOR/ALTERNADOR Y COMPRESOR A/C)		X	X	X	X	X		
INSPECCIONAR TEMP. FAJA DE ACCESORIOS (COMPRESOR Y VENTILADOR/ALTERNADOR)		X	X	X	X	X		
REEMPLAZAR EL TEMP. FAJA DE ACCESORIOS							X	
INSPECCIONAR NIVEL DEL REFRIGERANTE		X	X	X	X			
INSPECCIONAR EL SISTEMA DE ESCAPE: SILENCIADOR Y TUBO DE ESCAPE		X	X	X	X	X	X	
FRENOS		NSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM	
MEDIR EL DESGASTE DE LAS PASTILLAS Y DISCOS DE FRENO			X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR LAS ZAPATAS Y TAMBORES DE FRENO			X	X	X	X	X	
LUBRICAR LAS GUIAS DE CALIPER			X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR NIVEL DEL LIQUIDO DE FRENOS		X	X	X	X			
REEMPLAZAR EL LIQUIDO DE FRENOS						X	X	
INSPECCIONAR/REGULAR EL FRENO DE PARQUEO		X	X	X	X	X	X	
SISTEMA ELÉCTRICO		NSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM	
INSPECCION Y LIMPIEZA DE BATERIA Y BORNES		X	X	X	X	X	X	
REVISIÓN DE LUCES EXTERIORES E INTERIORES (INCLUYE CIRCUITOS, FÉRTIGA Y NEBLINEROS)		X	X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR EL TABLERO DE INSTRUMENTOS: INDICADORES Y TESTIGOS		X	X	X	X	X	X	
REVISIÓN DE SISTEMA DE CARGA: ALTERNADOR		X	X	X	X	X	X	
REVISIÓN DE SISTEMA DE ARRANQUE: ARRANCADOR		X	X	X	X	X	X	
DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN		NSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM	
INSPECCIONAR NIVEL DEL FLUIDO DE DIRECCION		X	X	X	X			
REEMPLAZAR EL FLUIDO DE DIRECCION						X	X	
INSPECCIONAR LA CAJA DE DIRECCION Y/O CREMALLERA			X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR LOS BRAZOS GIRATORIOS, TERMINALES DE DIRECCION Y RÓTULAS			X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR GUARDAPOLVO PALIER			X	X	X			
INSPECCIONAR PALIERES			X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR JUNTAS UNIVERSALES (CRUCETAS) Y ACOPLES DESLIZANTES			X	X	X	X	X	
INSPECCION DE SUSPENSIÓN DELANTERA Y POSTERIOR			X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR TORQUE DE LOS PERNOS Y TUERCAS DE CHASIS Y CARROCERIA			X	X	X	X	X	
TRANSMISIÓN		NSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM	
INSPECCION NIVEL DEL LIQUIDO DE EMBRAGUE		X	X	X	X			
INSPECCION NIVEL DE ACEITE DE TRANSMISION		X						
CAMBIAR LIQUIDO DE EMBRAGUE						X	X	
CAMBIAR ACEITE DE TRANSMISION						X	X	
CAMBIAR ACEITE DE DIFERENCIAL POSTERIOR 4x2						X	X	
CAMBIAR ACEITE DE DIFERENCIAL DELANTERO Y POSTERIOR (4x4)						X	X	
CAMBIAR ACEITE DE CAJA DE TRANSFERENCIA (4x4)				X		X	X	
INSPECCIONAR MANGUERAS DE RESPIRADORES DE DIFERENCIALES		X	X	X	X	X	X	
GENERALES		NSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM	
LUBRICAR LAS PUERTAS, CREMALLERA Y CHAPAS		X	X	X	X	X	X	
LUBRICAR LOS MECANISMOS DE IZAJE LLANTA DE REPUESTO		X	X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR LOS CINTURONES DE SEGURIDAD Y ENCRUCHES		X	X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR EL ESTADO DE LOS SOPORTES DE MOTOR Y TRANSMISION			X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR LOS ACCESORIOS (PLUMILLAS, ESPEJO RETROVISOR Y LATERALES) Y RUIDOS		X	X	X	X	X	X	
REVISAR FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCION		X	X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR EL FILTRO DE AIRE DE CABINA (CAMBIA SI TIENE SATURACION)		X	X	X			X	
INSPECCIONAR ALARMA DE RETRO Y BOONA		X	X	X			X	
REEMPLAZAR EL FILTRO DE AIRE DE CABINA (EQUIPOS EXPLORER)					X	X	X	
REALIZAR PRUEBA DE VEHICULO EN RUTA: MOTOR, FRENOS, DIRECCION, SUSPENSIÓN			X	X	X	X	X	
REALIZAR LA LIMPIEZA DE INTERIOR Y EXTERIOR DE LA UNIDAD, LIMPIEZA DE MOTOR		X	X	X	X	X	X	
NEUMATICOS		NSP PRED	5000KM	10000KM	20000KM	40000KM	80000KM	
INSPECCION DE NEUMATICOS: PRESION DE INFLADO		X	X	X	X	X	X	
INSPECCIONAR NEUMATICOS: ROTACION Y BALANCEO			X	X	X	X	X	
ALINEAMIENTO DE NEUMATICOS			X	X	X	X	X	
MEDIR ALTURA DE COCADA DE LOS 4 NEUMATICOS		X	X	X	X	X	X	
REEMPLAZAR NEUMATICOS			X	X	X	X	X	
INSPECCION DE PROTECTORES DE CAMARA		X	X	X	X	X	X	



MEDIDA DE PASTILLAS DE FRENO

POSICION #1	mm
POSICION #2	mm
POSICION #3	mm
POSICION #4	mm

DESGASTE DE NEUMATICOS

POSICION #1	
POSICION #2	
POSICION #3	
POSICION #4	


COCADA

MECANICO	SUPERVISOR	SUPERVISOR CLIENTE

Nota. Elaboración Propia

Figura 29

Plan de mantenimiento actualizado de montacargas

 INSPECCION DE MONTACARGAS DIESEL				SEMANA:	
UNIDAD:		HR:		TIPO DE MANTENIMIENTO	
				INSPECCION MENSUAL	
CODIGO SAP				FECHA INGRESO	
DETALLES DEL EQUIPO				HORA INICIO	
SECCION TALLER				HORA FIN	
MECANICO ENCARGADO				CANT. HRS.	
				3	
				CANT. PERSONAL	
				2	
COMPONENTE				OK	COMENTARIO
GENERAL					
1	Inspeccionar estado del chasis				
2	Revisar cabina protectora (parabrisas)				
3	Revisar pedal de acelerador.				
4	Revisar/regular pedal de freno de servicio y parqueo				
5	Revisar asa de ayuda (para acceso a la cabina)				
6	Revisar cinturón de seguridad.				
7	Revisar estado y ajuste del asiento de operador.				
8	Inspeccionar bocina.				
9	Revisar el movimiento de volante.				
10	Verificar puntos de engrase (Cambiar si estan deficientes)				
11	Limpieza del pre cleaner				
MOTOR					
12	Inspeccion de soportes de motor.				
13	Revisar nivel de aceite.				
14	Revisar estado y funcionamiento del radiador				
15	Revisar nivel de refrigerante.				
16	Revisar fuga de aceite de motor.				
17	Limpiar/Inspeccionar filtro de aire.				
18	Revisar/Ajustar correa de alternador.				
19	Inspeccionar/Ajustar correa de ventilador.				
20	Obtener muestras de aceite de motor				
SISTEMA ELECTRICO					
21	Revisar funcionamiento de luces delanteras y posteriores.				
22	Revisar luces indicadores y medidores de cabina.				
23	Verificar operatividad de la alarma de avance retroceso y bocina				
24	Inspeccionar estado de batería, limpiar borneras.				
FRENO / TRANSMISION					
25	Revisar nivel de fluido de freno.				
26	Revisar el nivel de aceite transmision				
27	Revisar nivel de aceite en el tandem (DI,DD,PI,PD)				
28	Inspeccionar / Revisar neumaticos y aros.				
HIDRAULICO					
29	Revisar el nivel de aceite hidráulico.				
30	Revisar posibles fugas de aceite por mangueras del castillo				
31	Revisar fugas de aceite hidráulico por lo cilindros de elevacion				
32	Revisar extensión de respaldo de carga.				
33	Revisar pernos de receptáculos del cilindro de inclinación.				
34	Revisar cadenas de levantamiento.				
35	Lubricar cojinetes del cilindro y brazo de dirección.				
36	Lubricar cojinetes del cilindro y del brazo de levante.				
37	Lubricar cojinete del cilindro y brazo de inclinación.				
38	Lubricar cojinetes de articulación central (superior e inferior).				
NEUMATICOS					
40	Revisar presion de los neumaticos				
41	Revision de la estructura del neumatico				
42	Revision de la direccion y movimientos del neumatico				
43	Revision del alineamiento de los neumaticos				
44	Revisar el nivelado de los neumaticos y sistema de ajuste				
OBERVACIONES:					
MECANICO CONFIPETROL		SUPERVISOR CONFIPETROL		SUPERVISOR CLIENTE	

Nota. Elaboración Propia

Pilar 5: Mantenimiento de Calidad

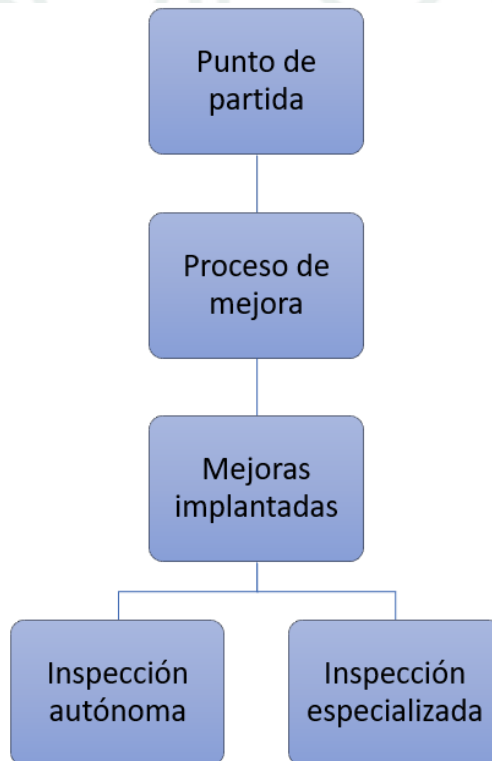
En este pilar se garantiza un producto con los requerimientos mínimos por la empresa. Contribuye a mantener las condiciones del equipo para que no se produzcan defectos de calidad, a base de inspecciones diarias ya sean autónomas o un mantenimiento especializado.

El Mantenimiento de calidad tiene como propósito:

- Eliminar los defectos de calidad de los equipos.
- Prevenir los defectos de calidad de los equipos.
- Observar y analizar las variaciones de valores medios para detectar causas de defectos y poder tomar acciones oportunas.

Figura 30

Mantenimiento de Calidad



Nota. Elaboración propia.

Para evaluar el pilar del mantenimiento de Calidad, se va a considerar los cambios y mejoras realizadas en el proceso de mantenimiento y la mejora de la disponibilidad general.

Luego de realizarse la auditoria que se va analizar en el pilar de mejora continua, se va a empezar a realizar las mejoras en función a implementar nuevas técnicas para realizar el proceso de mantenimiento para ampliar la aplicación de la estrategia del TPM a los demás sistemas y componentes de los vehículos de la flota semipesado y liviana, empezando con los sistemas más críticos internos de los vehículos, como son los sistemas hidráulicos y de transmisión.

Pilar 6: Trabajo administrativo

En este pilar, se ha considerado como uno de los últimos, debido a que se ha tenido que realizar el estudio y la evaluación de forma correcta de los procedimientos del análisis del TPM y como este va a ser implementado para luego ser presentado a la gerencia, que se va a adjuntar en los anexos, donde se dio conformidad para realizar la implementación.

Selección de marca de neumáticos

Para evaluar las marcas y realizar una correcta selección para verificar la idoneidad en la operación y su selección, analizo en la siguiente tabla.

Tabla 58*Selección de neumáticos para camionetas*

Características	manual	Goodyear	Bridgestone	Continental
Nombre	TOYOTA	WANGLER TERRITORY AT	DUELLER HT D840	TERRAIN CONTAC AT50
Tamaño	265/65R17	265/65R17	265/65R17	265/65R17
Profundidad de banda	9.5	9.5	10	9.5
Índice de carga	112	112	112	112
Índice de velocidad	S	T	S	T
Presión max.	2.0 – 2.3 BAR	2.00 - 2.57 BAR	2.00 – 2.50 BAR	2.00 – 2. 60 BAR
Par de apriete	105 N m	105 N m	105 N m	105 N m
Precio	-	240.00 \$	230.00 \$	254.00 \$
Tiempo entrega	-	1 mes	1 mes	2 mes

Nota. Elaboración propia.

Se selecciona usar la marca GoodYear, por la profundidad de banda y el precio adecuado, así mismo para estandarizar al proveedor para distintas familias de equipos.

Tabla 59*Selección de neumáticos para montacargas*

Características	manual	Goodyear	Continental
Nombre	CAT	CHASQUI	ADVANCE
Tamaño	9.00x20-14PR	9.00X20	9.00-20-14
Ancho	9	9	9
Índice de carga	-	141/137 (2 575/2 300 Kg)	141/137 (2 575/2 300 Kg)
Precio	-	S/. 1946.00	S/. 1912.00
Tiempo entrega	-	1 mes	1.5 mes

Nota. Elaboración propia

Se selecciona usar la marca Goodyear, por un tiempo de entrega menor, optimizando los recursos proyectados para cambio en las tareas de mantenimiento preventivo.

Pilar 7: Gestión inicial de equipos

Este pilar clave para maximizar la confiabilidad de los equipos que se utilizan en la industria minera, se debe realizar una gestión previa a los componentes nuevos, así como en el momento de su instalación, esto va a permitir maximizar la productividad y asegurar el rendimiento sin fallos mejorando notablemente el performance, se complementa con las inspecciones diarias y con la nueva tecnología que permite hacer una selección y mejora, esto nos permite reducir en 30 y 40% de los costos asociados al mantenimiento de los neumáticos.

Tabla 60*Gestión temprana de neumáticos de flota liviana y semipesada*

Aspecto	Recomendación para Flota Liviana (Camionetas 4x4)	Recomendación para Flota Semipesada (Montacargas)	Beneficio Esperado en OEE
Tipo de neumático	Radial todoterreno con banda reforzada anti-cortes y protectores laterales	Neumáticos sólidos o superelásticos híbridos con alta resistencia a abrasión	+15-25% en Disponibilidad
Sistema de monitoreo	TPMS integrado de serie con alertas en cabina	TPMS industrial con monitoreo centralizado	Reducción MTTR en 50-70%
Facilidad de mantenimiento	Ruedas con diseño modular y acceso rápido a válvulas	Sistema de cambio rápido de ruedas (quick-change)	Menor tiempo de parada
Partes comunes	Estandarizar medidas y marcas de neumáticos en toda la flota	Compatibilidad con recauchaje local	Reducción de inventario 20%
Diseño para entorno minero	Suspensión reforzada y mayor clearance para rocas	Neumáticos con compuesto anti-calor y anti-polvo	Mayor vida útil (+30%)

Nota. Elaboración propia

De la tabla podemos entender los parámetros necesarios para evaluar los neumáticos antes de ser elegidos, comprados e instalados, esto asegura que el rendimiento ofrecido sea óptimo.

Pilar 8: Seguridad y el entorno

Para comenzar con el análisis del pilar de la seguridad y el entorno, se va a considerar como punto inicial implementar un procedimiento de trabajo seguro, para este fin se va a considerar los puntos más importantes que son:

Responsabilidades

Con este punto, se va a determinar el grado de responsabilidad que se va a tener en el proceso de la gestión de los neumáticos, considerando a los miembros actuantes que van a realizar el proceso productivo.

Gerente general y residente

Se les va a considerar la responsabilidad de realizar la correcta difusión del procedimiento de trabajo seguro y que los operarios y otros trabajadores realicen de forma correcta las aplicaciones.

Supervisor de seguridad

Se va a encargar de realizar la correcta aplicación del PETS presente y que se difunda y acciones de forma total, además que va a evaluar las posibilidades de aumentar y corregir diferencias, procesos y normas según el caso donde se vea que las características de seguridad ocupacional estén yendo en contra del proceso correcto.

Trabajadores

Son los responsables de cumplir con este procedimiento y emitir sugerencias innovadoras para a través de la experiencia, mejorarlo.

Equipos necesarios

Para este punto se van a considerar los EPP's y los equipos de trabajo:

Equipo de Protección Personal

Los equipos de protección personal de uso obligatorio para el personal que va a realizar en este trabajo son:

- Casco de protección
- Lentes de protección.
- Mameluco jeans.
- Guantes de maniobra.
- Zapatos de seguridad con punta de acero.

Equipos de Seguridad y operación:

Los equipos de seguridad y operación se van a basar en los componentes que se utilizaran en el proceso productivo.

Extintor PQS 6Kg.

Cintas de señalización.

Conos de Seguridad

Gata

Bolsa de Herramientas

Llave de ruedas.

Calificaciones del personal

En el aspecto de las calificaciones del personal, se van a considerar los cursos, sesiones y charlas que se les va a dar a cada miembro del equipo, para esto se va a considerar las charlas internas, tales como:

Charla de 5 minutos

Análisis del IPERC y PETS

Luego se va a evaluar la característica de los trabajadores

Operador

Es aquella persona que tiene pleno conocimiento y está capacitada para realizar dicha labor.

Procedimiento

Coger las herramientas necesarias y la rueda de repuesto de repuesto.

Como precaución familiarizarse con el uso de la Gata y cada una de las una de las herramientas.

Calce la rueda opuesta en diagonal a la rueda a cambiar para evitar que el vehículo pueda rodar mientras este elevado con el gato.

Cuando bloquee la rueda la rueda, coloque un bloque en la parte anterior de una de las ruedas delanteras o detrás de una de las ruedas delanteras.

Extracción del embellecedor de la rueda (en algunos modelos haciendo palanca con el extremo biselado de la llave de ruedas) Afloje las tuercas de la rueda, gire las tuercas en sentido contrario al de las agujas del reloj.

Para conseguir un efecto de palanca al máximo, colocar la llave en la tuerca de forma que la manivela quede en la parte derecha.

Sujetar la llave cerca al extremo de la manivela y tirar de esta hacia arriba, tener cuidado que la llave no resbale y se salga de la tuerca.

No utilice nunca aceite ni grasa en los pernos o en las tuercas. También podrían aflojarse las tuercas y hacer que se salieran las ruedas, con el consiguiente riesgo de accidentes graves o consiguiente riesgo de accidentes graves o muerte. muerte.

Coloque el gato en el anclaje correcto.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según lo analizado, se ha visto que, en el periodo de mayo y junio del año 2024, se procedió a realizar los procesos de implementación del TPM, viendo con esto los cambios y mejoras recién para los meses subsiguientes.

4.1 Análisis mes de julio a octubre

Se puede ver en la siguiente tabla, las disponibilidades que se cuantificaron:

Tabla 61

Análisis de disponibilidades después de la implementación

Disponibilidad					
Flota	familia	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
semipesado	montacarga	87.90%	88.46%	91.27%	92.82%
liviana	camioneta	98.22%	97.78%	97.26%	99.68%

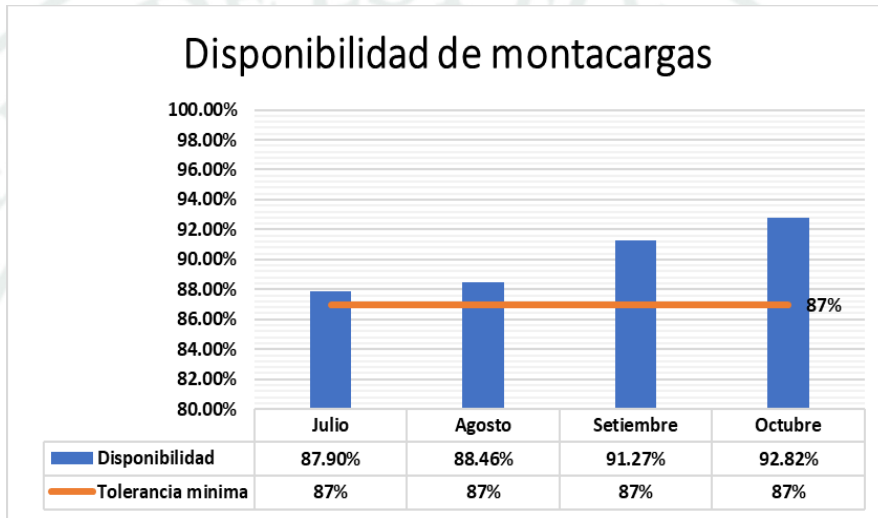
Nota. Elaboración propia.

Se puede ver que, en el mes de julio, cuando se comenzó con la aplicación del TPM, se ha visto que las disponibilidades de la flota semipesado ha variado ligeramente, aumentando de forma gradual en los siguientes meses del año, en cuanto a la disponibilidad de la flota liviana, se ha visto que la disponibilidad aumento pero ha tenido en los siguientes meses (agosto y setiembre) un descenso gradual, que se esperaba que sucediera, ya que como se indicó en el proceso de análisis situacional del proyecto, el área donde trabajan es trocha o mejor dicho carretera sin pavimentar lo que genera mayor desgaste y procede a determinar un mayor procedimiento del mantenimiento preventivo.

Con estos puntos, se puede ver en la siguiente gráfica, ahí se va a poder analizar el flujo de la disponibilidad operativa de la flota de vehículos semipesados y de los vehículos livianos analizados en el presente estudio

Figura 31

Disponibilidades de montacargas



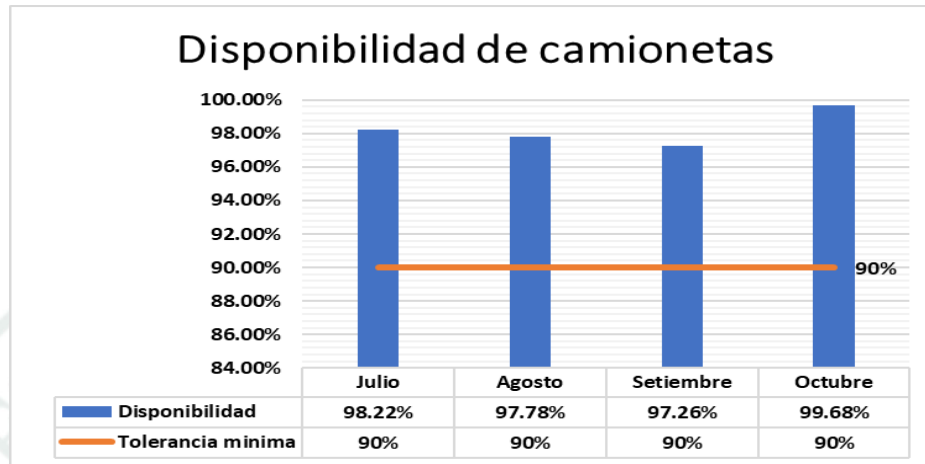
Nota. Elaboración propia.

Los montacargas, han empezado tener una mejora en la calidad de su disponibilidad, lo que implica que las fallas que se presentaron al momento de evaluar los neumáticos.

Ahora se va a ver en función a las camionetas, para esto se va a ver la siguiente gráfica.

Figura 32

Disponibilidad de camionetas



Nota. Elaboración propia.

Como se indicó anteriormente, se pudo ver que, debido a las condiciones de servicio de las camionetas, tales como área de trabajo, calidad del ambiente, entre otros, va a tener esta una variación total en su disponibilidad. Como se puede ver, la variación de la disponibilidad a partir del mes de Julio indica que al ir aplicándose la metodología del TPM, se va a conseguir realizar mejoras en la calidad del proceso en la gestión del mantenimiento de los neumáticos, como se indicó en el pilar de la mejora continua, se está planificando en el futuro realizar la aplicación de la estrategia a otros sistemas que presenten fallas siguiendo, el análisis previo de del AMEF que se realizó.

Tabla 62*Análisis de fallas posterior a la implementación*

Flota Liviana Familia camionetas		Flota Semipesado	
Falla	Cantidad	Falla	Cantidad
Llantas	1	Llantas	1
Carrocería	1	Carrocería	0
Eléctrico	1	Eléctrico	1
Hidráulico	0	Hidráulico	0
Frenos	1	Frenos	0
Otros	0	Otros	0
Transmisión	1	Transmisión	0
Refrigeración	1	Refrigeración	0
Combustible	0	Combustible	1
Motor	1	Motor	1
Suspensión	1	Suspensión	0
Dirección	0	Dirección	0
Luces	1	Luces	0

Nota. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla, las fallas en los neumáticos han tenido una reducción considerable en comparación con las fallas obtenidas en el periodo de Enero – Abril, lo que nos puede indicar que, para los siguientes sistemas más críticos, como son carrocería, hidráulicos y eléctrico se podrá mejorar la calidad del servicio de mantenimiento aplicando la estrategia del TPM.

4.2 Análisis del MTTR Y MTBF

Para realizar este análisis, se van a considerar los indicadores de tiempos que se han acumulado en los meses de Julio hasta Octubre:

Tabla 63

Análisis MTBF y MTTR de camionetas

Tipo Equipo	Código	Julio		Agosto		Setiembre		Octubre	
		MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)
Camionetas	V7G438	720.00	0.00	720.00	0.00	708.00	12.00	720.00	0.00
Camionetas	Z4K930	720.00	0.00	720.00	0.00	348.00	24.00	720.00	0.00
Camionetas	Z4K918	720.00	0.00	718.00	2.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Camionetas	Z4K919	720.00	0.00	357.00	6.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Camionetas	Z5F838	352.50	7.50	720.00	0.00	720.00	7.50	720.00	0.00
Camionetas	Z5F839	354.00	6.00	720.00	8.00	354.00	6.00	713.00	7.00
Camionetas	V9C932	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Camionetas	V9D724	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Camionetas	V9D739	166.00	14.00	236.00	12.00	353.00	14.00	720.00	0.00
Camionetas	V9C918	332.00	28.00	720.00	0.00	720.00	0.00	712.00	8.00
Camionetas	Z6I906	228.67	11.33	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Camionetas	V9Z843	332.00	28.00	355.00	10.00	720.00	0.00	715.00	5.00
Camionetas	V9Z847	354.00	6.00	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Camionetas	V0A825	720.00	0.00	716.00	4.00	716.00	4.00	716.00	4.00
Camionetas	Z6Z940	720.00	0.00	714.00	6.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Camionetas	Z4Y867	720.00	0.00	720.00	0.00	357.00	6.00	720.00	0.00
Camionetas	EUD062	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00	714.00	6.00
Camionetas	EUE923	720.00	0.00	712.00	8.00	720.00	0.00	718.00	2.00
Camionetas	VDR963	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	4.00
Camionetas	VDR953	352.00	8.00	720.00	0.00	720.00	8.00	716.00	4.00

555.56 5.44 658.40 2.80 645.80 4.08 718.20 2.00

Nota. Elaboración propia

Tabla 64

Análisis MTBF y MTTR de montacargas

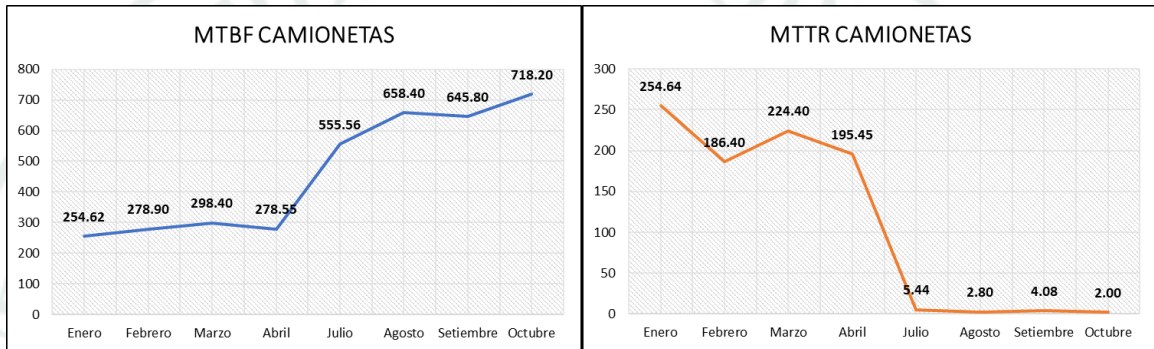
Tipo Equipo	Código	Julio		Agosto		Setiembre		Octubre	
		MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)
Montacargas	Flizz0875	718.00	2.00	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Montacargas	Flizz0923	720.00	0.00	720.00	0.00	235.00	6.00	720.00	0.00
Montacargas	Flizz1025	720.00	0.00	718.00	2.00	358.00	4.00	720.00	0.00
Montacargas	Flizz1027	720.00	0.00	357.00	6.00	720.00	0.00	712.00	8.00
Montacargas	Flizz1029	235.00	5.00	720.00	0.00	412.00	16.00	720.00	0.00
Montacargas	Flizz1181	177.00	3.00	237.33	8.00	720.00	0.00	714.00	7.00
Montacargas	Flizz1192	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Montacargas	Flizz0926	348.00	12.00	720.00	0.00	358.00	4.00	715.00	5.00
Montacargas	Flizz0927	332.00	28.00	354.00	12.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Montacargas	Flizz0928	332.00	28.00	720.00	0.00	720.00	0.00	356.00	8.00
Montacargas	Flizz0962	114.33	5.67	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Montacargas	Flizz0973	332.00	28.00	710.00	10.00	720.00	0.00	715.00	5.00
Montacargas	Flizz0995	354.00	6.00	720.00	0.00	712.00	8.00	720.00	0.00
Montacargas	Flizz1009	720.00	0.00	716.00	4.00	720.00	0.00	358.00	4.00
Montacargas	Flizz1030	171.00	9.00	357.00	6.00	358.00	4.00	358.00	4.00
Montacargas	Flizz1033	348.00	12.00	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00
Montacargas	Flizz1044	720.00	0.00	720.00	0.00	234.67	16.00	358.00	4.00
Montacargas	Flizz1082	342.00	18.00	356.00	8.00	358.00	4.00	718.00	2.00
Montacargas	Flizz1180	720.00	0.00	720.00	0.00	720.00	0.00	716.00	4.00
Montacargas	Flizz1229	704.00	16.00	176.25	15.00	720.00	0.00	358.00	4.00
		477.37	8.63	595.08	3.55	583.28	3.10	627.90	2.75

Nota. Elaboración propia

Según se puede ver en el análisis de los indicadores del MTBF y MTTR, se puede determinar que los valores tienen un cambio en comparación a los que se obtuvieron al inicio del proyecto.

Figura 33

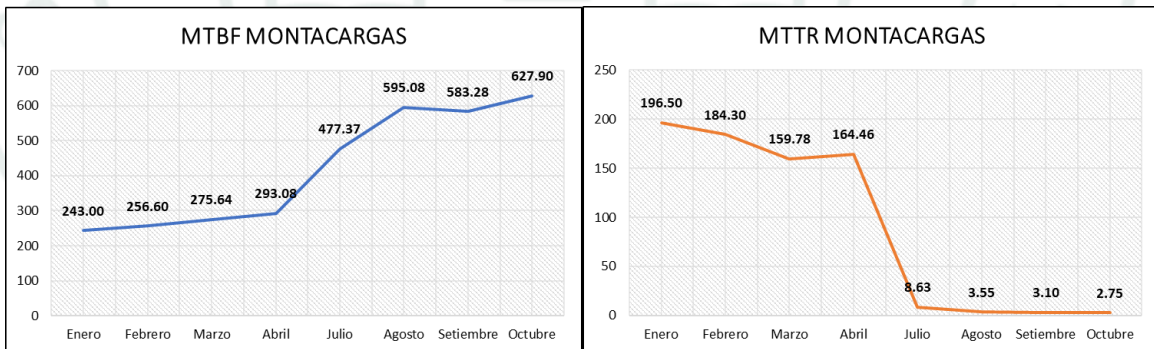
Análisis de indicadores MTBF y MTTR de Camionetas



Nota. Elaboración Propia

Figura 34

Análisis de indicadores MTBF y MTTR de Montacargas



Nota. Elaboración Propia

Aquí podemos ver que los valores del MTBF aumentaron considerablemente, exponiendo una mejora en la inspección y predicción de potenciales fallos.

El MTTR, una notable reducción del valor, indicando que la calidad y capacidad de respuesta se ha optimizado de manera correcta y oportuna.

4.3 Análisis de rendimiento de neumáticos.

Para el analizar el rendimiento, se va a considerar como rendimiento óptimo 1000 km en camionetas y 1000 hr en el caso de montacargas.

Tabla 65

Rendimiento de neumáticos por flota después del TPM

Tipo Equipo	Código	Rendimiento	Rendimiento	Indicador de rendimiento
		Mínimo	Real	
Camionetas	V7G438	10000 Km	29980 Km	299.80%
Camionetas	Z4K930	10000 Km	35080 Km	350.80%
Camionetas	Z4K918	10000 Km	15000 Km	150.00%
Camionetas	Z4K919	10000 Km	29945 Km	299.45%
Camionetas	Z5F838	10000 Km	20010 Km	200.10%
Camionetas	Z5F839	10000 Km	30120 Km	301.20%
Camionetas	V9C932	10000 Km	43450 Km	434.50%
Camionetas	V9D724	10000 Km	27090 Km	270.90%
Camionetas	V9D739	10000 Km	20102 Km	201.02%
Camionetas	V9C918	10000 Km	34930 Km	349.30%
Camionetas	Z6I906	10000 Km	29891 Km	298.91%
Camionetas	V9Z843	10000 Km	35001 Km	350.01%
Camionetas	V9Z847	10000 Km	39680 Km	396.80%
Camionetas	V0A825	10000 Km	40340 Km	403.40%
Camionetas	Z6Z940	10000 Km	19890 Km	198.90%
Camionetas	Z4Y867	10000 Km	24890 Km	248.90%
Camionetas	EUD062	10000 Km	29908 Km	299.08%
Camionetas	EUE923	10000 Km	30208 Km	302.08%
Camionetas	VDR963	10000 Km	34200 Km	342.00%
Camionetas	VDR953	10000 Km	28890 Km	288.90%
Montacargas	Flizz0875	1000 Hr	14912 Hr	149.10%

Montacargas	Flizz0923	1000 Hr	19865 Hr	198.60%
Montacargas	Flizz0936	1000 Hr	20400 Hr	204.00%
Montacargas	Flizz1010	1000 Hr	24039 Hr	240.30%
Montacargas	Flizz1025	1000 Hr	19857 Hr	198.50%
Montacargas	Flizz1026	1000 Hr	15400 Hr	154.00%
Montacargas	Flizz1027	1000 Hr	24501 Hr	245.00%
Montacargas	Flizz1028	1000 Hr	20020 Hr	200.20%
Montacargas	Flizz1029	1000 Hr	24502 Hr	245.00%
Montacargas	Flizz1083	1000 Hr	19560 Hr	195.60%
Montacargas	Flizz1193	1000 Hr	15203 Hr	152.00%
Montacargas	Flizz1181	1000 Hr	19328 Hr	193.20%
Montacargas	Flizz1192	1000 Hr	20312 Hr	203.10%
Montacargas	Flizz1232	1000 Hr	24012 Hr	240.10%
Montacargas	Flizz1239	1000 Hr	19301 Hr	193.00%
Montacargas	Flizz0888	1000 Hr	19823 Hr	198.20%
Montacargas	Flizz0926	1000 Hr	20329 Hr	203.20%
Montacargas	Flizz0927	1000 Hr	19901 Hr	199.00%
Montacargas	Flizz0928	1000 Hr	20092 Hr	200.90%
Montacargas	Flizz0934	1000 Hr	20041 Hr	200.40%

Nota. Elaboración propia

Se puede apreciar una notable mejora en el rendimiento de los neumáticos, logrando promediar 299% en la flota liviana, triplicando su rendimiento inicial y 200% en la flota semipesada, duplicando el rendimiento inicial, exponiendo una mejora en la inspección y pericia de los operadores.

4.4 Análisis de optimización de costos.

Se analiza los costos asociados al mantenimiento de neumáticos después de la implementación del TPM.

Tabla 66*Análisis de costos por indisponibilidad*

Tipo Equipo	Código	Disponibilidad	Costo
Camionetas	V7G438	100.00%	0.00
Camionetas	Z4K930	100.00%	0.00
Camionetas	Z4K918	100.00%	0.00
Camionetas	Z4K919	100.00%	0.00
Camionetas	Z5F838	97.92%	24.96
Camionetas	Z5F839	98.33%	20.04
Camionetas	V9C932	100.00%	0.00
Camionetas	V9D724	100.00%	0.00
Camionetas	V9D739	92.22%	93.36
Camionetas	V9C918	92.22%	93.36
Camionetas	Z6I906	95.28%	56.64
Camionetas	V9Z843	92.22%	93.36
Camionetas	V9Z847	98.33%	20.04
Camionetas	V0A825	100.00%	0.00
Camionetas	Z6Z940	100.00%	0.00
Camionetas	Z4Y867	100.00%	0.00
Camionetas	EUD062	100.00%	0.00
Camionetas	EUE923	100.00%	0.00
Camionetas	VDR963	100.00%	0.00
Camionetas	VDR953	97.78%	26.64
TOTAL			428.40
Montacargas	Flizz0875	99.72%	6.67
Montacargas	Flizz0923	100.00%	0.00
Montacargas	Flizz0936	100.00%	0.00
Montacargas	Flizz1010	100.00%	0.00
Montacargas	Flizz1025	97.92%	50.00

Montacargas	Flizz1026	98.33%	40.00
Montacargas	Flizz1027	100.00%	0.00
Montacargas	Flizz1028	96.67%	80.00
Montacargas	Flizz1029	92.22%	186.67
Montacargas	Flizz1083	92.22%	186.67
Montacargas	Flizz1193	95.28%	113.33
Montacargas	Flizz1181	92.22%	186.67
Montacargas	Flizz1192	98.33%	40.00
Montacargas	Flizz1232	100.00%	0.00
Montacargas	Flizz1239	95.00%	120.00
Montacargas	Flizz0888	96.67%	80.00
Montacargas	Flizz0926	100.00%	0.00
Montacargas	Flizz0927	95.00%	120.00
Montacargas	Flizz0928	100.00%	0.00
Montacargas	Flizz0934	97.78%	53.33
TOTAL			1263.33

Nota. Elaboración propia

Se puede apreciar un costo asociado a la indisponibilidad de flota de montacargas ascendiente a \$. 1,263.33 dólares, en costos asociados a la indisponibilidad, en los meses de análisis, así mismo los costos asociados a la indisponibilidad de camionetas promedió \$. 428.40 dólares en los meses de análisis, suponiendo estos una notable mejora en comparación a los costos anteriores de \$. 8,352.12 dólares en camionetas y \$. 16,214.16 dólares en la familia de montacargas, esto representa un ahorro total mensual aproximado en costos por indisponibilidad de \$. 22,874.55 dólares por mes.

Tabla 67*Análisis de costos asociados a repuestos*

Flota Liviana			Flota Semipesado		
Falla	Cantidad	Costo por repuesto	Falla	Cantidad	Costo por repuesto
Llantas	1	\$. 200.00	Llantas	1	\$. 512.10

Nota. Elaboración propia

Con la reducción de fallas en neumáticos, se aprecia que los costos asociados a los repuestos se redujeron a \$. 200.00 dólares, en camionetas que anteriormente era \$. 5,000.00 dólares y \$. 512.10 dólares en montacargas que anteriormente era \$. 9,217.80 dólares,

Suponiendo de esta forma una disminución en los costos asociados a repuestos de \$13,505.70 dólares.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó el servicio de la empresa, en base a los recursos, ubicación, personal, rubro y producción, con énfasis en los indicadores de mantenimiento con acuerdos establecidos en base a estos, donde se pudo identificar una cantidad elevada y descontrolada de fallas tales como soltura y rotura de pernos, desgaste de las bandas, pinchazos y cortes en los neumáticos de los equipos de flota liviana y semipesada, afectando notablemente a la disponibilidad promediando 69.9%, con un MTBF promedio de 277.11 horas. y MTTR promedio de 215.2 horas en la flota liviana, así mismo en la flota semipesada se obtuvo una disponibilidad promedio de 71.8%, MTBF de 267.08 horas y MTTR de 176.26 horas en los meses de análisis.
2. Se realizó la comparación de diferentes estrategias de mantenimiento, TPM, RCM y mantenimiento tradicional, en la cual se vio que el TPM tiene una compatibilidad para su aplicación del 96.6%, en contra de 86.6% de la estrategia RCM, su principal ventaja en el contexto operacional de la empresa es la integración de todas las áreas en realizar un mantenimiento adecuado y de calidad.
3. La implementación de la estrategia de TPM en la gestión de neumáticos, en base a todos sus pilares y metodología, definiendo y adecuando los estándares establecidos a la realidad empresarial, se realizó la capacitación del personal, se modificaron los planes de mantenimiento, se generaron procedimientos técnicos de inspección y pre-uso de los equipos, así como procedimientos de seguridad para realizar los trabajos de inspección, operación y mantenimiento del cual se obtuvo.
 - Se seleccionó un proveedor homologado con la marca Goodyear, que cumple los estándares de seguridad de la industria y sus características son las más idóneas en la operación de la flota liviana y semipesada ofrece un menor precio competitivo de \$.

240 dólares en camionetas y \$. 512.00 dólares en montacargas, sus características de carga y velocidad son las recomendadas por el fabricante de la flota.

- Se mejoró notablemente los indicadores de mantenimiento de ambas flotas, mostrando un incremento de 69.9% a 98.2 % de disponibilidad superando el mínimo de 90% en la familia de equipos livianos, así mismo el MTTR se redujo de 215.2 horas a 2.0 horas y el MTBF se incrementó de 277.11horas a 718.20 horas, de igual manera la flota semipesada incremento en su disponibilidad de 71.8% a 90.11%, superando el valor mínimo de 87%, el MTTR se redujo de 176.26 horas a 2.75 horas y se incrementó el MTBF de 267.08 horas a 627.90 horas.
 - Con la aplicación del TPM a la gestión de neumáticos, se triplico el rendimiento nominal ofrecido por el proveedor en la flota liviana y duplicando el rendimiento de los neumáticos en la flota semi pesada, logrando mejor performance y menor rotación de repuestos.
 - Se redujo las fallas en los demás componentes, con la integración de las inspecciones y mejora del mantenimiento preventivo, con la capacitación de operadores y mantenedores, se mejoró la detección y corrección de fallas, además que se pudo programar adecuadamente su intervención para no afectar a la producción.
4. Se realizó una inversión de 3660 \$. en el pilar de capacitación de personal, siendo esta inversión solventada por la utilidad de la valorización del servicio, evitando posibles penalidades por no alcanzar los límites permisibles de disponibilidad establecidos.

Se redujeron notablemente los costos asociados al mantenimiento de neumáticos, implicó un ahorro de \$. 16,214.16 dólares, asociado a la indisponibilidad de montacargas y un ahorro de \$. 8,352.12 dólares, por la indisponibilidad de camionetas, siendo este un ahorro total de \$.

22,874.55 dólares así mismo se redujeron los costos asociados a repuestos de neumáticos, suponiendo una reducción de \$. 8,705.70 dólares en montacargas y \$. 4,800.00 dólares en camionetas, en total \$ 16,505.70 dólares, esto resulta en un ahorro aproximado promedio de \$. 36,380.25 dólares, en el último mes de análisis.



RECOMENDACIONES

1. Se sugiere optar por el uso del programa Excel y Power Bi para el registro de datos y gráficos obtenidos para una mayor claridad a la hora de analizar los resultados.
2. Es conveniente actualizar constantemente los registros de falla en los equipos, para así mantener ajustados los planes de mantenimientos según se requiera y tener una mejora continua.
3. Se propone involucrar a los operadores en las prácticas de mantenimiento preventivo de los equipos para un correcto control y anticipación a las averías.
4. Se establece como sugerencia continuar con la clasificación de los vehículos utilizados para una mayor claridad y orden en la obtención de datos.
5. Estas propuestas de mejora son datos preliminares o iniciales, que requieren una supervisión de especialistas en cada área y por ello es necesario consultar con el personal correcto en cada uno de estos campos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achouch, M., Dimitrova, M., Ziane, K., Sattarpanah Karganroudi, S., Dhouib, R., Ibrahim, H., & Adda, M. (2022). On Predictive Maintenance in Industry 4.0: Overview, Models, and Challenges. *Applied Sciences*, 12(16), 8081. <https://doi.org/10.3390/app12168081>
- Aguirre, M.. (17 de setiembre de 2020). *Appvizer*. Obtenido de Appvizer: <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-mantenimiento/tpm>
- Ahaja, I., y Khamba, J. (2008). "Total productive maintenance: literature review and directions". *International Journal of Quality y Reliability Management*, Vol. 25 No. 7, pp. 709-756.
- Alfaro, E. (2019). *Plan de mejora basado en el método Weibull para incrementar la confiabilidad operacional de neumáticos OTR en camiones Caterpillar 793, caso: Compañía minera de Arequipa*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11221/UPalsaea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Apps, G. (2024). Understanding overall equipment effectiveness. Retrieved from <https://groundhogapps.com/understanding-overall-equipment-effectiveness/>
- Barrera, Y. (2020). *Modelo de mejora para la gestión del mantenimiento fundamentado en la metodología de TPM para el programa de lubricación de los vehículos de la empresa tisquesusa S.A asociada al grupo empresarial inversiones Aguila S.A*. Universidad Santo Tomas Seccional Tunja. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/28476>
- Borja, M. (2016). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Obtenido de <https://1library.co/document/y90kr2wy-metodologia-de-la-investigacion-para-ingenieros.html>

- Cakir, E. (2023). Strategical selection of maintenance type under different conditions. *Scientific Reports*, 13(1), Article 14612. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42751-5>
- Caterpillar. (2021). *FICHA TÉCNICA: GP25NM*. Obtenido de <https://static.unimaq.com.pe/fcsaprduunimaq01/2021/03/GP25NM-T4.7.pdf>
- Central Recambio Original. (6 de Abril de 2016). *Tres claves para saber la calidad de un neumático*. Obtenido de Central Recambio original: <https://www.recambiooriginal.com/blog/recambios-originales/neumaticos/tres-claves-para-saber-la-calidad-de-un-neumatico/>
- Chang, H., Lee, J., & Kim, C. (2022). The application of predictive maintenance technologies in tire management for industrial vehicles. *International Journal of Industrial Engineering*, 58(2), 163-176. <https://doi.org/10.1080/039541202213456>
- ComparaSoftware. (2 de Octubre de 2020). *Las 6 Grandes Pérdidas del TPM*. Obtenido de ComparaSoftware: <https://blog.comparasoftware.com/6-grandes-perdidas-del-tpm/>
- Continental The Future in Motion. (2021). Tipos de neumáticos. *Continental The Future in Motion*.
- Contreras, M., y Loayza, M. (2020). *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la flota vehicular bajo la tecnica de TPM en la Empresa Grupo logistico Barrial SAC*. Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/55753/Contreras_PMI-Loayza_BMY-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Corsán Ingeniería de Gestión. (s.f.). *Índices de carga, velocidad, diámetro de llanta y presión en neumáticos*. Recuperado el 2022 de Agosto de 24, de Homologación Vehículos: <https://homologacion-vehiculos.com/indice-de-carga-de-los-neumaticos/>

- Delgado, G., y Cconisilla, D. (2021). *Implantación de un programa de mantenimiento productivo total (tpm) al taller automotriz de la Municipalidad de Hunter 2021*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma San Francisco. Obtenido de <http://repositorio.uasf.edu.pe/handle/UASF/587>
- Domínguez, C., y Páez, I. (2019). *Aplicación de los pilares del TPM para la mejora en el manteminiento de la flota de ETIB S.A.S*. Tesis de licenciatura, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/22313>
- Dueñas, R. (2021). *Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada y vehículos livianos para garantía, confiabilidad y menores costos en la Municipalidad Distrital de Uchumayo, Arequipa 2021*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma San Francisco. Obtenido de <http://repositorio.uasf.edu.pe/handle/UASF/390>
- eMaint. (2025). *4 types of maintenance strategies: Definitions, examples, best practices*. <https://www.emaint.com/blog-four-maintenance-strategies>
- García, O. (2021). *Gestión moderna del mantenimiento industrial: Economía, técnica y organización*. Ediciones de la U.
- Gent, A., & Walter, J. (2005). *The Pneumatic Tire*. U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration .
- Gomaa, A. H., & Mohamed, A. (2025). *Advancing Total Productive Maintenance in Smart Manufacturing: From Methodology to Implementation*. *Journal of Industrial Engineering and Management*, Article 572. <https://doi.org/10.3390/jiem572>

- Guedes, M., Figueiredo, P. S., Pereira-Guizzo, C. S., & Loiola, E. (2021). *The role of motivation in the results of total productive maintenance*. *Production*, 31, e20200057.
<https://doi.org/10.1590/0103-6513.20200057>
- Infotaller. (4 de Setiembre de 2018). *¿Qué operaciones de mantenimiento de neumáticos deben encargarse al taller?* Obtenido de Infotaller:
https://www.infotaller.tv/neumaticos/operaciones-mantenimiento-neumaticos-encargarse-taller_0_1252074794.html
- Kaizen Institute. (2025). *Industrial maintenance and types of maintenance*.
<https://kaizen.com/insights/industrial-maintenance-types-maintenance>
- Kaizen Institute. (2023). Total Productive Maintenance (TPM): Principles, Pillars, and Implementation. Retrieved from <https://kaizen.com/insights/tpm-principles-pillars-implementation>
- Lee, S., Jung, K., & Kim, D. (2024). Optimization of tire life in industrial vehicles using Total Productive Maintenance (TPM). *Journal of Maintenance Engineering*, 61(4), 420-434.
<https://doi.org/10.1016/j.jme.2024.04.005>
- Maintain X. (2025). *25 maintenance stats, trends, and insights for 2026*.
<https://www.getmaintainx.com/blog/maintenance-stats-trends-and-insights>
- Matos, P., Oliveira, J., & Silva, T. (2024). Improving tire availability and reducing downtime in logistics: The role of TPM. *Journal of Operational Efficiency*, 45(1), 92-104.
<https://doi.org/10.1016/j.joe.2024.01.007>
- Mantenimiento Petroquímica. (s.f.). *Mantenimiento productivo total (TPM): descripción general*. Recuperado el 2022 de Agosto de 24, de Mantenimiento Petroquímica:

[https://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html#:~:text=El%20mantenimiento%20productivo%20total%20\(TPM,la%20calidad%20de%20los%20sistemas.](https://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html#:~:text=El%20mantenimiento%20productivo%20total%20(TPM,la%20calidad%20de%20los%20sistemas.)

Martínez, G. (2021). *El Mantenimiento Productivo Total y la disponibilidad operativa de maquinas y herramientas de la empresa Genesis Tuning SAC Arequipa 2021*. Uiversidad Autonoma San Francisco. Obtenido de <http://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/UASF/608/1/TESIS%20MARTINEZ%20DIAZ.pdf>

Mecánico Automotriz. (s.f.). *Manual: Neumáticos Estructura Diseño y Mantenimiento*. Recuperado el 24 de Agosto de 2022, de Mecánico Automotriz: <https://www.mecanicoautomotriz.org/4210-manual-neumaticos-estructura-componentes-tipos-desgaste-mantenimiento>

Mori, A. (2021). *Mejora del Plan de Mantenimiento para incrementar la disponibilidad de unidades en una empresa de alquiler de vehiculos*. Universidad San Ignacio del Loyola. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/dae9c886-e244-47e3-9b33-7a8f57a87f99/content>

Neumaticos Porpoco. (s.f.). *Tipos de neumáticos : ¿ Cuales son ?* Recuperado el 25 de Agosto de 2022, de Neumáticos Porpoco: <https://www.neumaticos-taller.com/tipos/>

Peceros, C. (2020). *Aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en el Mantenimiento Productivo Total para Incrementar la Disponibilidad Mecánica de las Camionetas Toyota Hilux en la Empresa Servosa Cargo S.A.C*. Universidad Tecnológica del Perú, Lima. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4971>

Pérez, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. USTA. Obtenido de

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Pérez, D. (7 de Febrero de 2019). *Beneficios en la implementación de las 5S en los Procesos Productivos*. Obtenido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/beneficios-en-la-implementaci%C3%B3n-de-las-5s-los-procesos-diego-p%C3%A9rez/?originalSubdomain=es>

Productivity Latinoamérica S.A. (2011). *Casos de Éxito – TPM*. Obtenido de https://www.google.com/search?q=Productivity+Latinoam%C3%A9rica+S.A+Casos+de+%C3%89xito&rlz=1C1SQJL_esPE940PE940&oq=Productivity+Latinoam%C3%A9rica+S.A+Casos+de+%C3%89xito&aqs=chrome..69i57j0i546j0i30i546.4919j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Samotics. (2025). *10 proven maintenance strategies for industrial equipment*. <https://samotics.com/blog/proven-maintenance-strategies-for-industrial-equipment>

SimbioTecs. (2024, 2 de julio). *Objetivos específicos de mantenimiento industrial: Eficiencia y productividad*. <https://simbiotecs.com/blog/objetivos-especificos-de-mantenimiento-industrial/>

Spartakus Technologies. (2025). *What are the 4 types of maintenance strategies?* <https://spartakustech.com/reliability-blog/what-are-the-4-types-of-maintenance-strategies>

StartUs Insights. (2025). *Top 10 industrial maintenance trends in 2025*. <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/industrial-maintenance-trends>

Tractian. (2026). *4 different types of maintenance strategies*. <https://tractian.com/en/blog/types-of-maintenance>

Torres, L. (2005). *Libro de gestión de Mantenimiento*. Argentina: Fat Auto Argentina.

Toyota. (2019). *Manual de Taller Manual de Reparaciones y Mantenimiento Toyota Hilux*.

Obtenido

de

https://www.academia.edu/32095591/_TOYOTA_Manual_de_Taller_Manual_de_Reparaciones_y_Mantenimiento_Toyota_Hilux_1KD_2KD

Vásquez, J., Hernandez, A., & Morales, F. (2021). Real-time monitoring of tire conditions in industrial vehicles: Enhancing TPM effectiveness. *Journal of Transportation Safety & Security*, 13(2), 99-113. <https://doi.org/10.1016/j.jtss.2021.07.006>

Wolska, M. (2023). Implementation and Improvement of the Total Productive Maintenance Concept in an Organization. *Encyclopedia*, 3(4), 110. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3040110>

Zhao, L., Wang, Y., & Zhang, P. (2022). Tire maintenance and failure analysis in industrial vehicles. *Industrial Maintenance and Management*, 48(3), 205-217. <https://doi.org/10.1016/j.imm.2022.05.004>

ANEXOS

Anexo 1

Formato de reunión con gerencia

CONFIPETROL	Código: HSED-53501-F-13B Versión: 1 Fecha: 21 – 02 - 19 Página: 1 De 2
ACTA DE REUNION DE COMITÉ, SUBCOMITE Y/O SUPERVISOR DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	

TIPO DE REUNIÓN:	Ordinaria <input checked="" type="checkbox"/> Extraordinario <input type="checkbox"/>	FECHA:	03	05	2024
		HORARIO	Desde 10:00 Hasta 12:00		
Comité Central <input type="checkbox"/> Comité de mejora <input checked="" type="checkbox"/> Personal operativo <input type="checkbox"/>					
Agenda:	REUNIÓN DE APLICACIÓN PROPUESTA TPM A LA GESTIÓN NEUMÁTICA EN EL SERVICIO ILO				
Asistentes					
Nombre y Apellido	Puesto	Firma de asistencia	Firma de Conformidad		
	Líder de servicio				
	Supervisor HSEQ				
	Planificador				
	Planificador				
	Joven Professional/Tesista				
	Gerente Minería sur				
	Gerente Talento Humano				
	Supervisor de Mantenimiento				
	Asistente IH				
	Programador de Mantenimiento				

	Técnico especializado en Neumáticos		
Redacción:		Firma de Conformidad	
Joel Pareja			
TEMAS TRATADOS			
Acuerdos reunión	Responsable de la Ejecución	Plazo para la ejecución	
Implementación de la propuesta de TPM para mantenimiento de neumáticos en el servicio ILO.	Joel Pareja / Planeamiento	Permanente	
Implementar Cartilla de Mantenimiento de equipos incluyendo neumáticos y parámetros de operación y mantenimiento.	Joel Pareja / Planeamiento	7/05/2024	
Aprobación del líder de servicio y gerencia Sur en la implementación	Líder de servicio / Gerente minería sur	15/05/2024	
Análisis de modo de falla continuo en el servicio	Joel Pareja	Permanente	
Cumplimiento del programa de Mantenimiento	Supervisor de Mantenimiento	Permanente	
Cumplimiento de checklist de operación	Líder de servicio	Permanente	
Análisis de resultados	Gerente minería sur	Mensual	
Implementación de bitácoras de inspección de Neumáticos	Joel Pareja / Planeamiento	05/05/2024	
Stock de repuestos, según programa	Almacén	Semanal	
Inventario de salida y entrada de repuestos	Almacén	Semanal	
Segregación de repuestos inoperativos	HSEQ / Almacén	Mensual	
Capacitación de técnicos mecánicos	Talento Humano	25/05/2024	
Implementación y difusión PETS Manejo de neumáticos (Inspección, Mantenimiento, Cambio)	HSEQ / Supervisor de Mantenimiento	10/05/2024	

Nota. Elaboración propia.

Anexo 2

Plan de Inspección de Montacargas actualizado

INSPECCION DE MONTACARGAS DIESEL					SEMANA
UNIDAD:		HR:		TIPO DE MANTENIMIENTO	INSPECCIÓN MENSUAL
CODIGO SAP:				FECHA INGRESO	
DETALLES DEL EQUIPO:				HORA INICIO	
SELECCIÓN TALLER:				HORA FIN	
MECANICO ENCARGADO:				CANT. HORAS	3
				CANT. PERSONAL	2
COMPONENTE				OK	COMENTARIO
GENERAL					
1	Inspeccionar estado del chasis				
2	Revisar cabina protectora (parabrisas)				
3	Revisar pedal de acelerador				
4	Revisar/regular pedal de freno de servicio y parqueo				
5	Revisar asa de ayuda (para acceso a la cabina)				
6	Revisar cinturón de seguridad				
7	Revisar estado y ajuste del asiento de operador				
8	Inspeccionar bocina				
9	Revisar el movimiento del volante				
10	Verificar puntos de engrase (Cambiar si están deficientes)				
11	Limpieza del pre cleaner				
MOTOR					
12	Inspección de soportes de motor				
13	Revisar nivel de aceite				
14	Revisar estado y funcionamiento del radiador				

15	Revisar nivel de refrigerante		
16	Revisar fuga de aceite de motor		
17	Limpiar/Inspeccionar filtro de aire		
18	Revisar/Ajustar correa de alternador		
19	Inspeccionar/Ajustar correa de ventilador		
20	Obtener muestras de aceite de motor		
SISTEMA ELÉCTRICO			
21	Revisar funcionamiento de luces delanteras y posteriores		
22	Revisar luces, indicadores y medidores de cabina		
23	Verificar operación de la alarma de avance retroceso y bocina		
24	Inspeccionar estado de batería, limpiar borneras		
FRENO / TRANSMISION			
25	Revisar nivel de fluido de freno		
26	Revisar el nivel de aceite transmisión		
27	Revisar nivel de aceite en el tándem (D1,DD, PI, PD)		
28	Inspeccionar / Revisar neumáticos y aros		
HIDRAÚLICO			
29	Revisar el nivel de aceite hidráulico		
30	Revisar posibles fugas de aceite por mangueras del castillo		
31	Revisar fugas de aceite hidráulico por los cilindros de elevación		
32	Revisar extensión de respaldo de carga		
33	Revisar pernos de receptáculos del cilindro de inclinación		
34	Revisar cadenas de levantamiento		
35	Lubricar cojinetes del cilindro y brazo de dirección		
36	Lubricar cojinetes del cilindro y brazo de levante		
37	Lubricar cojinetes del cilindro y brazo de inclinación		

38	Lubricar cojinetes de articulación central (superior e inferior)		
NEUMÁTICOS			
40	Revisar presión de los neumáticos		
41	Revisión de la estructura del neumático		
42	Revisión de la dirección y movimientos del neumático		
43	Revisión del alineamiento de los neumáticos		
44	Revisar el nivelado de los neumáticos y sistema de ajuste		
OBSERVACIONES			
MECANICO CONFIPEROL		SUPERVISOR	SUPERVISOR CLIENTE

Nota. Elaboración propia.

Anexo 3

Plan de mantenimiento montacargas 250 horas actualizado

INSPECCIÓN DE MONTACARGAS DIESEL					SEMANA
UNIDAD:		HR:		TIPO DE MANTENIMIENTO	250 HORAS
CODIGO SAP:				FECHA INGRESO	
DETALLES DEL EQUIPO:				HORA INICIO	
SELECCIÓN TALLER:				HORA FIN	
MECANICO ENCARGADO:				CANT. HORAS	5
				CANT. PERSONAL	1
COMPONENTE				OK	COMENTARIO
CABINA DE OPERADOR					
1	Inspeccionar estado del chasis				
2	Revisar cabina protectora (parabrisas)				
3	Revisar pedal de acelerador				
4	Revisar/regular pedal de freno de servicio y parqueo				
5	Revisar asa de ayuda (para acceso a la cabina)				
6	Revisar cinturón de seguridad				
7	Revisar estado y ajuste del asiento de operador				
8	Inspeccionar bocina				
9	Revisar el movimiento de volante				
10	Verificar puntos de engrase (Cambiar si están deficientes)				
11	Limpieza del pre cleaner				
MOTOR					
12	Inspección de soportes de motor				
13	Cambiar filtro de aceite de motor				
14	Cambiar filtro de combustible				

15	Cambiar filtro de separador de combustible		
16	Cambiar aceite del motor		
17	Revisar estado y funcionamiento del radiador		
18	Revisar nivel de refrigerante		
19	Revisar fuga de aceite de motor		
20	Limpiar/inspeccionar filtro de aire		
21	Revisar/ajustar correa del alternador		
22	Inspeccionar/ajustar correa del ventilador		
23	Obtener muestra de aceite de motor		
SISTEMA ELECTRICO			
24	Revisar funcionamiento de luces delanteras y posteriores		
25	Revisar luces indicadoras y medidores de cabina		
26	Verificar operatividad de la alarma de retroceso y bocina		
27	Revisar estado de circulina y pértiga		
28	Verificar funcionamiento del panel de control		
29	Verificar estado de alternador y arrancador		
30	Inspeccionar estado de batería, limpiar borneras		
FRENO / TRANSMISION			
31	Revisar nivel de fluido de freno		
32	Revisar el nivel de aceite de transmisión		
33	Revisar nivel de aceite en el tandem (D.I.DD PIP.D)		
34	Inspeccionar visual de bomba de freno		
35	Inspección/ revisar neumáticos y aros		
HIDRAULICO Y MASTIL			
36	Revisar nivel de aceite hidráulico		
37	Revisar posibles fugas de aceite por mangueras del castillo		
38	Verificar cilindros hidráulicos		

39	Verificar estado de bomba hidráulica		
40	Revisar mangueras hidráulicas de mástil		
41	Revisar cadenas de levante de uñas		
42	Revisar estado de horquillas		
NEUMATICOS			
43	Revisar presión de los neumáticos		
44	Revisión de la rotación de neumáticos		
45	Rotación de neumáticos posteriores a delanteros		
46	Revisión del alineamiento de los neumáticos		
47	Revisar el nivelado de los neumáticos y sistema de ajuste		
OBSERVACIONES			
MECANICO CONFIPETROL	SUPERVISOR	SUPERVISOR CLIENTE	

Nota. Elaboración propia.

Anexo 4

Plan de mantenimiento montacargas 500 horas actualizado

INSPECCIÓN DE MONTACARGAS DIESEL				SEMANA
UNIDAD:		HR:		TIPO DE MANTENIMIENTO 500 HORAS
CÓDIGO SAP:				FECHA INGRESO
DETALLES DEL EQUIPO:				HORA INICIO
SELECCIÓN TALLER:				HORA FIN
MECANICO ENCARGADO:				CANT. HORAS 8
				CANT. PERSONAL 1
COMPONENTE			OK	COMENTARIO
CABINA DE OPERADOR				
1	Inspeccionar estado del chasis			
2	Revisar cabina protectora (parabrisas)			
3	Revisar pedal de acelerador			
4	Revisar/regular pedal de freno de servicio y parqueo			
5	Revisar asa de ayuda (para acceso a la cabina)			
6	Revisar cinturón de seguridad			
7	Revisar estado y ajuste del asiento del operador			
8	Inspeccionar bocina			
9	Revisar funcionamiento de volante			
10	Verificar puntos de engrase (Cambiar si están deficientes)			
11	Limpieza de panel de pre cleaner			
MOTOR				
12	Cambiar filtro de aceite de motor			
13	Cambiar filtro de combustible			
14	Cambiar filtro separador de combustible			

15	Cambiar aceite de motor		
16	Revisar estado y funcionamiento del radiador		
17	Revisar nivel de refrigerante		
18	Revisar fuga de aceite de motor		
19	Cambio filtro de aire		
20	Revisar/ajustar correa de alternador		
21	Inspeccionar/ajustar correa de ventilador		
22	Obtener muestras de aceite de motor		
SISTEMA ELECTRICO			
23	Revisar funcionamiento de luces delanteras y posteriores		
24	Revisar luces indicadores y medidores de cabina		
25	Verificar operatividad de la alarma de avance/retroceso y bocina		
26	Revisar estado de circulina y pértiga		
27	Verificar funcionamiento de panel de control		
28	Verificar estado de alternador y arrancador		
29	Inspeccionar estado de batería, limpiar bornes		
FRENO / TRANSAMISION			
30	Revisar nivel de fluido de freno		
31	Revisar el nivel de aceite transmisión		
32	Revisar nivel de aceite en el tandem (DI,DD,PI,PD)		
33	Inspección visual de bomba de freno		
34	Inspeccionar / Revisar neumáticos y aros		
HIDRAULICO Y MASTIL			
35	Revisar el nivel de aceite hidráulico		
36	Inspección de mangueras hidráulicas en general		
37	Verificar cilindros hidráulicos		
38	Verificar estado de bomba hidráulica		
3	Revisar mangueras hidráulicas de mástil		

40	Revisar cadenas de levante de uñas		
41	Revisar estado de horquillas		
NEUMATICOS			
43	Revisar presión de los neumáticos		
44	Revisión de la estructura del neumático		
45	Cambio total de neumáticos delanteros y posteriores		
46	Revisión del alineamiento de los neumáticos		
47	Revisar el nivelado de los neumáticos y sistema de ajuste		
OBSERVACIONES			
MECANICO CONFIPETROL	SUPERVISOR	SUPERVISOR CLIENTE	

Nota. Elaboración propia.

Anexo 5

Plan de mantenimiento montacargas 1000 horas actualizado

INSPECCIÓN DE MONTACARGAS DIESEL				SEMANA
UNIDAD:		HR:	TIPO DE MANTENIMIENTO	1000 HORAS
CODIGO SAP:			FECHA INGRESO	
DETALLES DEL EQUIPO:			HORA INICIO	
SELECCIÓN TALLER:			HORA FIN	
MECÁNICO ENCARGADO:			CANT. HORAS	10
			CANT. PERSONAL	2
COMPONENTE			OK	COMENTARIO
CABINA DE OPERADOR				
1	Lavado del equipo			
2	Revisar fugas de aceite, combustible o fluido enfriador			
3	Revisar luces delanteras y posteriores			
4	Revisar estado de circulina y pértiga			
5	Revisar pernos receptáculo del cilindro de inclinación			
6	Revisar cantidad de combustible (montacarga liberado)			
7	Inspeccionar estado del extintor (presión, fecha de vencimiento)			
MOTOR				
8	Realizar muestreo de aceite			
9	Realizar cambio de aceite de motor			
10	Cambiar filtro de aire			
11	Cambiar filtro de aceite			
12	Cambiar filtro de combustible			

13	Revisar y/o cambiar correa del alternador		
14	Revisar y/o cambiar correa del ventilador		
15	Revisar y/o cambiar correa de distribución		
16	Inspeccionar soportes de motor		
17	Revisar si existen fugas de aceite		
SISTEMA ELÉCTRICO			
18	Revisar luces en general		
19	Revisar estado de arrancador		
20	Revisar estado de alternador		
21	Verificar fusibles y terminales		
22	Inspección de cables eléctricos del sistema		
CABINA			
23	Revisar cabina protectora (estado de parabrisas)		
24	Revisar pedal del acelerador		
25	Revisar pedal del freno		
26	Revisar/ regular palanca del freno de mano		
27	Revisar condición cinturón de seguridad		
28	Revisar estado del asiento		
29	Inspeccionar correcto funcionamiento de cabina (limpia parabrisas)		
30	Inspeccionar pistones apertura de capó de motor		
FRENO / TRANSMISIÓN			
31	Inspeccionar fugas externas del sistema frenos y dirección (mangueras, empaques, crings)		
32	Realizar cambio de aceite de transmisión		
33	Realizar cambio del filtro de transmisión		
34	Inspeccionar y lubricar crucetas y cardan		
35	Revisar nivel aceite de diferencial delantero		
36	Revisar nivel del fluido del freno		
37	Revisar tuercas y espárragos de llantas		
38	Inspeccionar estado de las fajas de freno		

39	Inspeccionar desgaste y cortes en las llantas		
40	Revisar tuercas y espárragos de llantas		
41	Lubricar puntos del eje posterior		
HIDRAÚLICO Y MASTIL			
42	Verificar nivel de aceite hidráulico		
43	Inspeccionar estados de filtros hidráulicos		
44	Inspeccionar cilindro hidráulico		
45	Revisas mástil y horquillas		
46	Lubricar soportes de mástil		
47	Verificar estado de mangueras hidráulicas		
48	Lubricar rodillos laterales del carro del mástil		
49	Lubricar/inspeccionar cadenas de levantamiento		
50	Verificar el estado de bomba hidráulica		
NEUMÁTICOS			
51	Revisar presión de los neumáticos		
52	Revisión de la estructura del neumático		
53	Cambio total de neumáticos delanteros y posteriores		
54	Revisión del alineamiento de los neumáticos		
55	Revisar el nivelado de los neumáticos y sistema de ajuste		
OBSERVACIONES			
MECÁNICO CONFIPETROL	SUPERVISOR	SUPERVISOR CLIENTE	

Nota. Elaboración propia.

Anexo 6

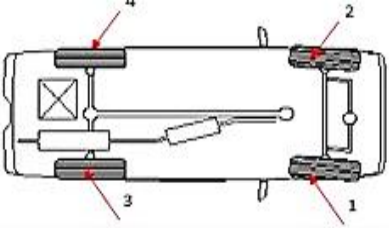
Plan de mantenimiento actualizado camioneta

<u>PLAN DE MANTENIMIENTO CAMIONETAS</u>					<u>SEMANA</u>		
UNIDAD	HR	TIPO DE MANTENIMIENTO					
	KM						
CODIGO SAP	FECHA INGRESO						
DETALLE EQUIPO	HORA INICIO						
SECCION TALLER	HORA FIN						
MECANICO ENCARGADO	CAT. HRS	2	2	6	10	12	14
	CAT. PERSONAL	1	1	2	2	2	2
MOTOR		NSP PRE-OP	5000 KM	10000 KM	20000 KM	40000 KM	80000 KM
INSPECCIÓN DEL NIVEL DEL ACEITE DE MOTOR		X					
CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO DE ACEITE DE MOTOR			X	X	X	X	X
CAMBIO FILTRO DE AIRE				X	X	X	X
CAMBIO FILTRO DE COMBUSTIBLE (NO APLICABLE EN MOTOR DE 3.5 L)			X	X	X	X	X
INSPECCIONAR VÁLVULA PCV (VENTILACIÓN POSITIVA DE CÁRTER)						X	
INSPECCIONAR FAJA DE ACCESORIOS (FAJA VENTILADOR/ALTERNADOR Y COMPRESOR A/C)		X	X	X	X	X	

INSPECCIONAR TEMPLADOR FAJA DE ACCESORIOS (COMPRESOR Y VENTILADOR/ALTERNADO R)	X	X	X	X	X	
REEMPLAZAR EL TEMPLADOR DE FAJA DE ACCESORIOS						X
INSPECCIONAR NIVEL DE REFRIGERANTE	X	X	X	X		
INSPECCIÓN SISTEMA DE ESCAPE, SILENCIADOR Y TUBO DE ESCAPE	X	X	X	X	X	X
FRENOS	NSP PRECIO	5000K M	10000K M	20000K M	40000K M	80000KM
MEDIR EL DESGASTE DE LAS PASTILLAS Y DISCOS DE FRENO		X	X	X	X	X
INSPECCIONAR LAS ZAPATAS Y TAMBORES DE FRENO		X	X	X	X	X
CALIBRAR LAS GUIAS DE CALIPER		X	X	X	X	X
INSPECCIONAR NIVEL DEL LIQUIDO DE FRENOS	X	X	X	X		
REEMPLAZAR EL LIQUIDO DE FRENOS					X	X
INSPECCIONAR/REGULAR EL FRENO DE PARQUEO	X	X	X	X	X	X
SISTEMA ELÉCTRICO	NSP PRECIO	5000K M	10000K M	20000K M	40000K M	80000KM
INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE BATERÍA Y BORNES	X	X	X	X	X	X
REVISION DE LUCES EXTERIORES E INTERIORES (INCLUYE CIRCULINA, PERTIGA Y NEBLINEROS)	X	X	X	X	X	X
INSPECCIONAR EL TABLERO DE INSTRUMENTOS:	X	X	X	X	X	X

INDICADORES Y TESTIGOS						
REVISIÓN DE SISTEMA DE CARGA: ALTERNADOR	X	X	X	X	X	X
REVISIÓN DE SISTEMA DE ARRANQUE: ARRANCADOR	X	X	X	X	X	X
DIRECCION, SUSPENSIÓN	NSP PRECIO	5000K M	10000K M	20000K M	40000K M	80000KM
INSPECCIONAR NIVEL DEL FLUIDO DE DIRECCION	X	X	X	X		
REEMPLAZAR EL FLUIDO DE DIRECCION					X	X
INSPECCIÓN LA CAJA DE DIRECCION Y/O CREMALLERA		X	X	X	X	X
INSPECCIONAR LOS BRAZOS GIRATORIOS, TERMINALES DE DIRECCION Y ROTULAS		X	X	X	X	X
INSPECCIONAR GUARDAPOLVO PALIER		X	X	X		
INSPECCIONAR PALIERES		X	X	X	X	X
INSPECCIONAR JUNTAS UNIVERSALES (CRUCETAS) Y ACOPLERES DESLIZANTES		X	X	X	X	X
INSPECCION DESUSPENSION DELANTERA Y POSTERIOR		X	X	X	X	X
INSPECCIONAR TORQUE DE LOS PERNOS Y TUERCAS DE CHASIS Y CARROCERIA			X	X	X	X
TRANSMISION	NSP PRECIO	5000K M	10000K M	20000K M	40000K M	80000KM
INSPECCIÓN NIVEL DEL LÍQUIDO DE EMBRAGUE	X	X	X	X		
INSPECCIÓN NIVEL DE ACEITE DE TRANSMISIÓN	X					
CAMBIAR LÍQUIDO DE EMBRAGUE					X	X

CAMBIO DE ACEITE DE TRANSMISIÓN					X	X
CAMBIAR ACEITE DE DIFERENCIAL POSTERIOR 4X2					X	X
CAMBIAR ACEITE DE DIFERENCIAL DELANTERO Y POSTERIOR (4X4)					X	X
CAMBIAR ACEITE DE CAJA DE TRANSFERENCIA (4X4)			X		X	X
INSPECCIONAR MANGUERAS DE RESPIRADEROS DE DIFERENCIALES	X	X	X	X	X	X
GENERALES	NSP PRECIO	5000K M	10000K M	20000K M	40000K M	80000KM
LUBRICAR LAS PUERTAS, CREMALLERA Y CHAPAS	X	X	X	X	X	X
LUBRICAR LOS MECANISMO DE IZAJE LLANTA DE REPUESTO	X	X	X	X	X	X
INSPECCIONAR LOS CINTURONES DE SEGURIDAD Y ENCROCHES	X	X	X	X	X	X
INSPECCIONAR EL ESTADO DE LOS SOPORTES DE MOTOR Y TRANSMISION		X	X	X	X	X
INSPECCIONAR LOS ACCESORIOS (PLUMILLAS, ESPEJO RETROVISOR LATERALES) Y RUIDOS	X	X	X	X	X	X
REVISAR FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE ACODICIONADO Y CONTR INSPECCIÓN DE NEUMÁTICOS: PRESIÓN DE INFLADO OL DE CALEFACCIÓN	X	X	X	X	X	X
INSPECCIONAR EL FILTRO DE AIRE DE CABINA (CAMBIA SI TIENE SATURACION)	X	X	X			X

INSPECCIONAR ALARMA DE RETRO Y BOCINA	X	X	X			X																				
REEMPLAZAR EL FILTRO DE AIRE DE CABINA (EQUIPOS EXPLORER)				X	X	X																				
REALIZAR PRUEBA DE VEHICULO EN RUTA: MOTOR, FRENOS, DIRECCION, SUSPENSION		X	X	X	X	X																				
REALIZAR LA LIMPIEZA DE INTERIOR Y EXTERIOR DE LA UNIDAD, LIMPIEZA Y MOTOR	X	X	X	X	X	X																				
NEUMATICOS	NSP PRECIO	5000K M	10000K M	20000K M	40000K M	80000KM																				
INSPECCIÓN DE NEUMÁTICOS: PRESIÓN DE INFLADO	X	X	X	X	X	X																				
INSPECCIÓN DE NEUMÁTICOS: ROTACIÓN Y BALANCEO		X	X	X	X	X																				
ALINEAMIENTO DE NEUMÁTICOS		X	X	X	X	X																				
MEDIR ALTURA DE COCADA DE LOS 4 NEUMÁTICOS	X	X	X	X	X	X																				
REEMPLAZAR NEUMÁTICOS		X	X	X	X	X																				
INSPECCIÓN DE PROTECTORES DE CÁMARA	X	X	X	X	X	X																				
 <table border="1" data-bbox="641 1423 1063 1585"> <thead> <tr> <th colspan="2">MEDIDA DE PASTILLAS DE FRENO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>POSICION #1</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>POSICION #2</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>POSICION #3</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>POSICION #4</td> <td>mm</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1096 1423 1430 1585"> <thead> <tr> <th colspan="2">DESGASTE DE NEUMATICOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>POSICION #1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>POSICION #2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>POSICION #3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>POSICION #4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							MEDIDA DE PASTILLAS DE FRENO		POSICION #1	mm	POSICION #2	mm	POSICION #3	mm	POSICION #4	mm	DESGASTE DE NEUMATICOS		POSICION #1		POSICION #2		POSICION #3		POSICION #4	
MEDIDA DE PASTILLAS DE FRENO																										
POSICION #1	mm																									
POSICION #2	mm																									
POSICION #3	mm																									
POSICION #4	mm																									
DESGASTE DE NEUMATICOS																										
POSICION #1																										
POSICION #2																										
POSICION #3																										
POSICION #4																										
MECANICO	SUPERVISOR		SUPERVISOR CLIENTE																							

Nota. Elaboración propia.

Anexo 7

Análisis de mantenimiento de neumáticos

	EMPRESA	Código: PE 102296Z-HSEQ-S&SO1-F-15
	Formato de inspección de neumáticos ajuste de tuercas con torquímetro	Versión: 00 Fecha: 05/08/2024 Página: 1 De 2
REGISTRO VEHICULAR		
EMPRESA		<p style="text-align: center;">Lectura de neumáticos</p>
MARCA		
MODELO		
PLACA		
AÑO DE FABRICACION		
NUMERO DE SERIE		
NRO. DE TARJETA DE PROPIEDAD		
FECHA DE ULTIMO MANTENIMIENTO		
FECHA DE PROXIMO MANTENIMIENTO		
FECHA VENCIMIENTO SOAT		
FECHA VCT INSPECCION TECNICA		
NUMERO DE POLIZA SOAT		

CANT, DE COMBUSTIBLE												
CUENTA CON CUADERNO DE MANTENIMIENTO												
CERTIFICADO DE JAULA BENDPAK												
GPS ACTIVO												
CONTROL DE NEUMATICOS												
Fecha de inspección	Posición	Lectura de neumáticos	Presión (28-35 PSI)	Valor mínimo (RITRAN)	PROFUNDIDAD			Tipo de neumático		Fecha de fabricación	Marca de neumático	Medida de torque para camioneta 75 lb/pulg ²
					A Exterior	B Intermedi	C Interior	A/T	M/T			
	1 anterior izquierdo			4 mm								
Kilometraje	2 anterior derecho			4 mm								
	3 posterior izquierdo			4 mm								
Placa	4 posterior derecho			4 mm								

	5 repuesto			4 mm							
Índice de carga		VELOCIDAD MAXIMA		Temperatura		Estructura	Radial	Diagonal	Otro		
<hr/> INSPECTOR NOMBRE Y CARGO						<hr/> SUPERVISOR DE LA INSPECCIÓN NOMBRE Y CARGO					

Nota. Elaboración propia.