



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD
OPERATIVA DE EQUIPOS DE INSPECCIÓN EN
LA EMPRESA ORTEV SAC, CAJAMARCA 2023”**

Tesis para optar al título profesional de

Ingeniero Industrial

Autor:

Jose Esaul Diaz Raico

Asesora:

Mg. Ing. Karla Rossemary Sisniegas Noriega

<https://orcid.org/0000-0003-2473-540X>

Cajamarca – Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	Elmer Aguilar Briones	18856045
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Roger Samuel Silva Abanto	26600012
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ana Rosa Mendoza Azañero	45512232
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Informe Similitud

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	7%	1%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de investigación a Dios, por darme las fuerzas y enseñarme a enfrentar las adversidades sin perder la fe en culminar esta gran obra. A mis padres y hermanos porque fueron quienes me apoyaron en cada instante de mi vida. A mis docentes de la Universidad que me enseñaron temas muy bonitos e importantes, lo cual está reflejado en este gran trabajo. A mis amistades por escucharme y brindarme sus consejos de comprensión. A todos ellos les dedico este gran estudio.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme, la vida, la salud y guiarme por los buenos caminos. A mis padres por apoyarme económicamente, por sus consejos, comprensión e infinito amor. Por inculcarme buenos valores y principios. A mis hermanos por estar siempre presentes acompañándome en los momentos más difíciles de mi carrera profesional. A mis amigas y compañeras de la Universidad por el apoyo incondicional y el trabajo en equipo. A mis docentes que me compartieron su conocimiento y experiencia. A la empresa ORTEV S.A.C por brindarme la información necesaria para desarrollar la investigación.

A todos ellos infinitas gracias.

Tabla de contenido

Jurado evaluador.....	2
Informe de similitud	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Tabla de contenido	6
Índice de tablas	7
Índice de figuras	11
Resumen	14
Capítulo I: Introducción.....	15
1.1. Realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema.....	21
1.3. Objetivos.....	21
1.4. Hipótesis	22
Capítulo II: Metodología	23
2.1. Tipo de investigación	23
2.2. Diseño de investigación.....	23
2.3. Población y Muestra	23
2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	23
2.5. Procedimiento.....	25
2.6. Validez y confiabilidad de la información	25
2.7. Análisis de la información.....	26
2.8. Aspectos éticos	26
Capítulo III: Resultados.....	27
3.1. Diagnóstico de la gestión del mantenimiento y disponibilidad de equipos.....	27
3.2. Diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo.....	73
3.3. Estimación de la disponibilidad de equipos de inspección después del diseño.....	122
3.4. Evaluación económica de la propuesta de mejora.....	144
Capítulo IV: Discusión y Conclusiones	150
4.1. Discusión	150
4.2. Conclusiones.....	155
Referencias	157

Anexos	165
--------------	-----

Índice de tablas

Tabla 1 Técnicas empleadas en la investigación	24
Tabla 2 Instrumentos para la recolección de datos	24
Tabla 3 Datos generales de la empresa.....	27
Tabla 4 Equipos de la planta de inspección en la línea combinada.....	29
Tabla 5 Equipos de la planta de inspección en la línea mixta	30
Tabla 6 Diagrama de análisis del proceso de inspección vehicular.....	31
Tabla 7 Cuestionario de las causas raíz	34
Tabla 8 Priorización de las causas raíz	35
Tabla 9 Frecuencia de fallas para la línea combinada	38
Tabla 10 Resumen de la criticidad para la línea combinada	38
Tabla 11 Frecuencia de fallas para la línea mixta.....	40
Tabla 12 Resumen de la criticidad para la línea mixta.....	40
Tabla 13 Mantenimiento programado – línea combinada	54
Tabla 14 Mantenimiento programado – línea mixta	55
Tabla 15 Operatividad de los equipos – línea combinada	56
Tabla 16 Operatividad de los equipos – línea mixta	58
Tabla 17 Horas operativas reales de inspección técnica – línea combinada	60
Tabla 18 Trabajo real del equipo	60
Tabla 19 Utilización de los equipos – línea combinada	61
Tabla 20 Horas operativas reales de inspección técnica – línea mixta.....	62
Tabla 21 Trabajo real de cada equipo.....	62
Tabla 22 Utilización de los equipos – línea mixta.....	62
Tabla 23 Línea combinada – Tiempo muerto de los equipos críticos	63
Tabla 24 Línea mixta – Tiempo muerto de los equipos críticos.....	64

Tabla 25 Línea combinada – Horas operativas	65
Tabla 26 Tiempo de inactividad de cada equipo	65
Tabla 27 Número de fallas de cada equipo.....	65
Tabla 28 Tiempo medio entre fallas – MTBF	66
Tabla 29 Línea mixta – Horas operativas	66
Tabla 30 Tiempo de inactividad de cada equipo	66
Tabla 31 Número de fallas de cada equipo.....	67
Tabla 32 Tiempo medio entre fallas – MTBF	67
Tabla 33 Línea combinada	68
Tabla 34 Línea mixta.....	69
Tabla 35 Línea combinada	70
Tabla 36 Línea mixta.....	71
Tabla 37 Pérdidas por fallas en ambas líneas (combinada y mixta) de inspección vehicular	72
Tabla 38 Resultados del diagnóstico	73
Tabla 39 Gerente de mantenimiento.....	77
Tabla 40 Jefe de mantenimiento	78
Tabla 41 Técnicos de mantenimiento	79
Tabla 42 Registro de mejoras del mantenimiento	88
Tabla 43 Anormalidades del Frenómetro de rodillos (Línea combinada y mixta).....	105
Tabla 44 Anormalidades del banco de suspensiones (Línea combinada y mixta)	106
Tabla 45 Anormalidades del medidor de alineación de ruedas al paso (línea combinada y mixta).....	106
Tabla 46 Anormalidades del detector de holguras (línea combinada y mixta)	107
Tabla 47 Fuentes de contaminación que contribuyen al deterioro de los equipos	109
Tabla 48 Estandarización de la limpieza, inspección y lubricación – Frenómetro (línea combinada y mixta)	112

Tabla 49 Estandarización de la limpieza, inspección y lubricación – Banco de suspensión (línea combinada y mixta)	113
Tabla 50 Estandarización de la limpieza, inspección y lubricación – Detector de holguras (línea combinada y mixta)	114
Tabla 51 Estandarización de la limpieza, inspección y lubricación – Alineador de ruedas al paso (línea combinada y mixta).....	115
Tabla 52 Formato de inspección del Frenómetro de rodillos (Línea combinada y mixta)	116
Tabla 53 Formato de inspecciones del banco de suspensiones (Línea combinada y mixta)	117
Tabla 54 Formato de inspecciones del detector de holguras (Línea combinada y mixta)	117
Tabla 55 Formato de inspecciones de alineador de ruedas al paso (Línea combinada y mixta)	118
Tabla 56 Plan de formación y entrenamiento para la IV Y V fase.....	120
Tabla 57 Cumplimiento de procesos con la mejora.....	123
Tabla 58 Mantenimiento programado para los equipos de la línea combinada con la mejora	124
Tabla 59 Mantenimiento programado para los equipos de la línea mixta con la mejora .	125
Tabla 60 Línea combinada: Operatividad de los equipos con la mejora.....	127
Tabla 61 Línea mixta: Operatividad de los equipos con la mejora	127
Tabla 62 Línea combinada: Horas operativas de inspección técnica con la mejora	129
Tabla 63 Trabajo real del equipo con la mejora	129
Tabla 64 Línea mixta: Horas operativas de inspección técnica con la mejora.....	131
Tabla 65 Trabajo real de cada equipo con la mejora	131
Tabla 66 Lina combinada: Tiempo muerto de los equipos críticos con la mejora.....	134
Tabla 67 Línea mixta: Tiempo muerto de los equipos críticos con la mejora.....	134
Tabla 68 Horas operativas por equipo con la mejora	135
Tabla 69 Tiempo de inactividad por equipo con la mejora	136
Tabla 70 Número de fallas por equipo con la mejora.....	136

Tabla 71 Tiempo medio entre fallas con la mejora	136
Tabla 72 Horas operativas con la mejora	137
Tabla 73 Tiempo de inactividad por equipo con la mejora	137
Tabla 74 Número de fallas por equipo con la mejora.....	137
Tabla 75 Tiempo medio entre fallas con la mejora	138
Tabla 76 Línea combinada con la mejora MTBF Y MTTR.....	141
Tabla 77 Línea Mixta con la mejora del MTBF Y MTTR.....	142
Tabla 78 Comparación de resultados iniciales con la mejora	143
Tabla 79 Tangibles	144
Tabla 80 Intangibles	145
Tabla 81 Inversión total.....	145
Tabla 82 Ingresos por el incremento de servicios de inspección vehicular.....	146
Tabla 83 Flujo de caja	147
Tabla 84 Análisis económico	148
Tabla 85 Indicadores económicos	149

Índice de figuras

Figura 1 Organigrama de ORTEV SAC.....	28
Figura 2 Diagrama causa efecto para la disponibilidad de los equipos.....	32
Figura 3 Diagrama de Pareto de las causas raíz	35
Figura 4 Resultados de la encuesta de percepción dirigido al personal clave.....	36
Figura 5 Análisis de Pareto de la criticidad de los equipos	39
Figura 6 Análisis de Pareto de la criticidad de los equipos	41
Figura 7 Frenómetro de rodillos, cambio de cadena – línea combinada y mixta.....	43
Figura 8 Verificación del Frenómetro	44
Figura 9 Frenómetro de rodillos, cambio de amortiguadores – línea combinada y mixta .	44
Figura 10 Cambio de amortiguadores	45
Figura 11 Banco de pruebas de suspensión, cambio de rodaje – línea combinada y mixta	45
Figura 12 Cambio de rodajes.....	46
Figura 13 Banco de pruebas de suspensión, cambio de resorte – línea combinada y mixta	46
Figura 14 Cambio de resortes.....	47
Figura 15 Detector de holguras, cambio de manguera de presión hidráulica – línea combinada y mixta	47
Figura 16 Cambio de mangueras.....	48
Figura 17 Detector de holguras, cambio de pista del eje deslizante – línea combinada y mixta	48
Figura 18 Proceso de cambio de pista	49
Figura 19 Medidor de alineación de ruedas al paso, cambiar billas de acero – línea combinada y mixta	50
Figura 20 Medidor de alineación de ruedas al paso, cambio de aguja (sensor) – línea combinada y mixta	50

Figura 21 Grupo electrógeno, cambio de termostato	51
Figura 22 Cambio de termostato	51
Figura 23 Grupo electrógeno, Cambio de faja del alternador	52
Figura 24 Operaciones en la línea combinada.....	68
Figura 25 Operaciones en la línea mixta	69
Figura 26 Disponibilidad de equipos críticos.....	70
Figura 27 Disponibilidad de los equipos críticos	71
Figura 28 Sistema de gestión de mantenimiento preventivo.....	74
Figura 29 Área de mantenimiento	77
Figura 30 Planificación.....	80
Figura 31 Mantenimiento programado del Frenómetro (línea combinada y mixta)	81
Figura 32 Mantenimiento programado del banco de suspensiones (Línea combinada y mixta).....	82
Figura 33 Mantenimiento programado del detector de holguras (Línea combinada y mixta)	82
Figura 34 Mantenimiento programado del medidor de alineación (Línea combinada y mixta)	83
Figura 35 Diagrama de flujo de la ejecución.....	84
Figura 36 Orden de trabajo.....	85
Figura 37 Auditoría externa de la gestión del mantenimiento	87
Figura 38 Auditoría interna de la gestión del mantenimiento	88
Figura 39 Registro de materiales, herramientas y repuestos	90
Figura 40 Proceso de mantenimiento	91
Figura 41 Control de procesos.....	91
Figura 42 Registro de equipos en funcionamiento	92
Figura 43 Frenómetro de rodillos, mejora del cambio de cadena – línea combinada y mixta	93

Figura 44 Frenómetro de rodillos, mejora del cambio de amortiguadores – línea combinada y mixta 94

Figura 45 Banco de pruebas de suspensión, mejora del cambio de rodaje – línea combinada y mixta 95

Figura 46 Banco de pruebas de suspensión, mejora del cambio de resorte – línea combinada y mixta 96

Figura 47 Detector de holguras, mejora del cambio de mangueras de presión hidráulica - Línea combinada y mixta 96

Figura 48 Detector de holguras, mejora del cambio de pista del eje deslizante – línea combinada y mixta 97

Figura 49 Medidor de alineación de ruedas al paso, mejora del cambio de billas de acero – línea combinada y mixta..... 98

Figura 50 Medidor de alineación de ruedas al paso, mejora del cambio de aguja (sensor) – línea combinada y mixta..... 99

Figura 51 Grupo electrógeno – mejora del cambio de termostato 99

Figura 52 Grupo electrógeno, mejora del cambio de faja de alternador 100

Figura 53 Finalidad del mantenimiento autónomo..... 103

Figura 54 Asignación de equipos a los operarios de planta 104

Figura 55 Estructura de la planta de inspecciones y la ubicación de los equipos 108

Figura 56 Etiqueta de medidor de aceite 118

Figura 57 Etiqueta de vibraciones 119

Figura 58 Etiqueta de medidor de presión de aceite..... 119

Figura 59 Etiqueta de tensión de cadena 119

Figura 60 Proceso de mejora continua del MP..... 121

Figura 61 Formato de mejora continua 121

Figura 62 Disponibilidad de los equipos críticos línea combinada con la mejora 142

Figura 63 Disponibilidad de los equipos críticos línea mixta con la mejora 142

Figura 64 Mejora de la disponibilidad de los equipos críticos..... 144

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de equipos de inspección técnica vehicular de la empresa ORTEV SAC, para ello se empleó una metodología aplicada de diseño no experimental, estimando como muestra al proceso de mantenimiento en la empresa durante noviembre 2021 y agosto 2022, además se empleó una guía de observación, un cuestionario y manuales documentales para recopilar la información, obteniendo como resultados que 10 causas raíz incidían en la baja disponibilidad de los equipos, implicando un cumplimiento del 70% de los procesos, exceso de horas de reparaciones y una disponibilidad del 87.6%, perjudicando la rentabilidad con pérdidas para la empresa de S/ 110106.90, ante ello se diseñó un sistema de gestión del MP, en base a formatos de procesos y funciones, diagramas de flujo para estandarizar las actividades, formatos de inspecciones y gestión de repuestos y mantenimiento autónomo, logrando estimar una mejora de la disponibilidad de los equipos críticos de 5.40%, además tras evaluar económicamente a la propuesta se obtuvo un VAN de S/ 26 049.45, una TIR de 28.8% y un B/C de 1.10, concluyendo en que implementar el MP en la empresa es viable y rentable.

Palabras clave: Gestión de mantenimiento, disponibilidad, equipos, criticidad, mejora, diseño.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el panorama actual, la presión competitiva, la automatización y las estrictas normas de calidad han alarmado a las empresas tanto a nivel mundial como nacional. Es por eso que los responsables del mantenimiento se han visto en la necesidad de investigar sobre sistemas, procesos y métodos de mantenimiento que les permitan aplicar y, por ende, a mitigar o prevenir fallas más comunes y complejas (Pacheco & Larissa, 2018). La importancia de aplicar este tipo de gestión radica en que las instalaciones o sistemas de planta trabajen sin interrupciones, que consiste en que no se debe esperar que las máquinas fallen para recién proceder con su reparación, sino que se programen los recambios con anticipación de algún componente con síntoma de avería (Sarbin et al, 2021). De esta manera, se garantizará su eficiencia y además se elevará su disponibilidad. Cabe resaltar que la disponibilidad es un punto clave del mantenimiento ya que contribuye prioritariamente a la productividad (Holgún & Real, 2021).

En este contexto están inmersas las empresas dedicadas al servicio de inspección vehicular, dado que a nivel mundial el incremento de las ventas de vehículos y la renovación del parque automotor implica que estas unidades cumplan con los parámetros dados por los gobiernos para su correcta circulación, solo en los estados unidos se registró un incremento vehicular de más del 6% en el año 2021 con respecto a años anteriores (Statista, 2022), esto indica que las empresas encargadas de las inspecciones técnicas vehiculares cuentan con los equipos y maquinas en buen estado para poder efectuar los procesos de inspección y así poder cumplir con los requerimientos del cliente (Zhou et al, 2019).

Por otra, en el Perú las empresas de inspección vehicular tienen que lidiar con la creciente informalidad automotriz y empresarial que en el cierre del 2022 se incrementó en un 70% según un estudio del Instituto Nacional de Estadística e Informática (Saenz, 2022), esto implica que la gestión de mantenimiento de los equipos y máquinas para efectuar las inspecciones vehiculares se efectúe de manera empírica, sin seguir procesos de optimización, implicando bajos niveles de disponibilidad de los equipos y deficiencias en el funcionamiento de éstos (Gioda et al, 2020).

Es así que, para poder potenciar la realidad mostrada, a continuación, se muestran los siguientes antecedentes de investigación, no obstante, a nivel internacional se tiene la investigación de Lescano (2018) en su trabajo desarrollado en una planta de generación “Secoya”, en los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD (Ecuador). Diagnosticó un incremento de paradas no programadas, en consecuencia, descenso de la disponibilidad (octubre 99.79%, noviembre 91.98%, diciembre 66.67%, etc.), por ello, propuso teóricamente metodologías como: TPM (Mantenimiento Productivo Total), RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), Sistemas GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador). Además, empleó otras herramientas y métodos esenciales para la confección de la metodología, estas son: Encuestas, Observación directa y paquetes computarizados. Con estos métodos logro mejorar la gestión de mantenimiento y, por consiguiente, a incrementar la disponibilidad de los grupos electrógenos de un 90.63% a un 95.51% en promedio del año 2015 al 2016.

Así mismo, Bucay y Carrillo (2018), su trabajo de titulación tuvo como fin Optimizar la gestión de mantenimiento basado en la disponibilidad operacional de equipos en la planta de pintura de la empresa CIAUTO Ambato-Ecuador. Lo relevante es que, pese a la existencia de un plan de mantenimiento preventivo, las fallas imprevistas en la maquinaria se siguen presentando de forma fortuita y generando tiempos de

indisponibilidad. Para mitigar esto planteó estrategias (tareas preventivas) con el uso de tres metodologías: Mejorar la forma de operar las etapas orientándonos a la prevención de fallas, Mejorar la forma en la que se está haciendo el mantenimiento y Posibles rediseños y mejoras. La incorporación de lo planteado dio como resultado un incremento de la disponibilidad de los equipos en los subsistemas de las etapas del ELPO 27.23% y el horno 5.20% que son los más críticos, y por ende el total de la planta de pintura en 32.42%.

A nivel nacional se tienen la investigación de Girón y Montoya (2019) cuyo objetivo fue determinar en qué medida la Gestión de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los minicargadores Wacker Neuson en la empresa JJC Maquinarias S.A.C. – Lima. En la cual, aplicó un diseño experimental y su muestra fue similar a la población; esto es: disponibilidad de la flota de seis minicargadores. Donde encontró un promedio de disponibilidad de 78.96%, siendo el problema central de la empresa. Por lo tanto, para mejorar esta deficiencia propuso la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo, apoyándose lógicamente en la recopilación de manuales de operación y de aportes que el fabricante proporciona a cada equipo, además tomó en cuenta las opiniones de los especialistas del área de mantenimiento. Finalmente, realizando lo propuesto se logró mejorar la disponibilidad en un 6.54 % de los equipos.

Además, Aldana (2019) en su investigación tuvo como propósito determinar de qué manera la gestión del mantenimiento Preventivo mejora la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad Inmaculada Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras S.A. en el diagnóstico descubrió una serie de deficiencias, algunas de ellas: No existe un equipamiento para diagnóstico de equipos mineros electrónicos, no se cuenta con procedimientos de trabajo específico para realizar las tareas de mantenimiento, la falta de selección de repuestos críticos y su conocimiento real de su duración no permiten tener una buena planificación, entre otros. Para lo cual definió un tipo de investigación aplicada, no

experimental de corte longitudinal y propuso un plan de “gestión del mantenimiento preventivo”, logrando incrementar la disponibilidad en un 4.06%, disminuyendo las fallas en 19.63% en promedio.

Así mismo, Flores y Chuquipoma (2021) en su investigación plantearon por objetivo Implementar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en la empresa Servicios Generales Viviana E.I.R.L, Distrito Huarmaca – Piura. Para ello la investigación fue de carácter cuantitativa y de un diseño descriptivo, preexperimental, de esta misma forma la empresa se dedica al rubro de la construcción y posee una flota de unidades (12 máquinas) que no cuenta con un PMP. Además, presenta, fallas repentinas, una baja eficiencia y rendimiento, paros innecesarios en horas de trabajo, etc. La identificación de problemas originó la necesidad de maximizar la disponibilidad desde la evaluación de su criticidad, por lo que propuso un Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP). En resumen, se logró incrementar la disponibilidad en un 5.96%.

Por otra parte, a nivel local se tiene la investigación de Leiva y Zegarra (2022) cuyo objetivo fue diseñar un sistema de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de máquinas en el área de componentes en la empresa metal industria HVA S.R.L. En tal sentido se empleó una metodología aplicada, cuantitativa con un alcance correlacional, se diagnosticó que la empresa tenía un 56% de disponibilidad de sus equipos, y se refleja en las paradas intempestivas de las 12 máquinas. Por ello, propusieron la contratación de un ingeniero mecánico para ser el encargado del área y de la supervisión, además, procedieron a realizar programas de actividades para cada equipo, formatos de inspección, órdenes de trabajo e inspecciones de las mismas. Con lo planteado se estimó que la disponibilidad aumentaría a un 97% generando una rentabilidad de S/ 0.72 soles, evidenciando la viabilidad de la propuesta de mejora.

Así mismo, Manay y Tello (2020) en su estudio tuvieron como fin diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de volquetes Mercedes Benz modelo Actros 3344K en la empresa Divemotor - Cajamarca. Para lo cual, el método empleado fue de carácter descriptiva, cuantitativa y de un diseño experimental. Además, encontró que las unidades tienen problemas de baja disponibilidad mecánica por paradas no programadas a consecuencia de las constantes fallas en los volquetes. Por lo tanto, para reducir esta deficiencia evaluó la mejora para cada causa (causa y alternativa). Así mismo, diseñaron diversos formatos, procedimientos e instructivos de trabajo, de tal manera que la información obtenida de cada equipo sea registrada en SAP. Al concluir con lo indicado la disponibilidad de los volquetes se incrementó en 8.48%.

Además, Chuquilin y Castillo (2020) en su investigación plantearon por objetivo diseñar un sistema de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las unidades móviles del escuadrón de Radio patrulla en la Región Policial de Cajamarca. Para ello aplicaron una metodología aplicada, explicativa, cuantitativa y cuasi experimental. En el diagnóstico se determinó que el problema principal es la baja disponibilidad a causa de la falta de mantenimiento preventivo y mantenimientos inadecuados. Por ende, propuso diseño de un mantenimiento preventivo, lo cual consiste en elaboración de las políticas de mantenimiento, el diagrama de flujo de proceso de mantenimiento, fichas de inspección, ficha de mantenimiento, cronograma del mantenimiento y la elaboración del procedimiento estándar de trabajo. Con el diseño del sistema se pretende incrementar la disponibilidad al 87%.

Aunado a ello, y para respaldar los antecedentes mostrados, a continuación, se presentan las siguientes bases teóricas:

El sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo es un procedimiento que ayuda a controlar, optimizar y mejorar los procesos de bienes y servicios, lo cual es alcanzable aplicando diferentes disciplinas, metodologías, herramientas y las buenas prácticas de mantenimiento (Gasca et al, 2020). Todas ellas diseñadas y ejecutadas por operarios técnicos y supervisores del mantenimiento a fin de alcanzar un determinado nivel de disponibilidad, maximizar el ciclo de vida de los equipos, el rendimiento, cumplir con las regulaciones de seguridad y medio ambiente (Wang et al, 2020). Las acciones preventivas también contribuyen a cumplir estos propósitos, puesto que, permiten detectar anomalías en los sistemas que puede conllevar a paros imprevistos en la producción, en ese sentido, es necesario realizar de forma permanente el cuidado de los activos a través de ajustes y reparaciones de los elementos (Huang et al, 2020).

Por otra parte, la Disponibilidad de una máquina se define como la proporción del tiempo que dicha maquina esta funcionando, sin considerar las paradas ajenas a la máquina por tiempo disponible no utilizado (Loffredo et al, 2021). En otras palabras, es garantizar que la maquina esté operando como debe, lo cual es importante porque a mayor disponibilidad mayor será la producción y mejor el rendimiento de los activos (Fernández & Gonzáles, 2018). Sin embargo, para Tejada (2019) la disponibilidad se representa normalmente como el porcentaje del tiempo, y para medirlo se toma en cuenta la información de datos históricos, y se calcula a través de los indicadores MTBF Y MTTR.

Bajo este contexto se tiene a la empresa ORTEV SAC, ubicada en la ciudad de Cajamarca, con 8 años de experiencia en el rubro de inspección vehicular, dada la complejidad de sus operaciones, una de las preocupaciones diarias de la empresa, es brindar un servicio de primera calidad mediante el óptimo funcionamiento de sus equipos,

sin embargo, esto no es así, porque presenta inconvenientes en la disponibilidad de sus equipos ocasionado por fallas frecuentes en los equipos, carencia de un área de mantenimiento, no cuenta con personal técnico altamente capacitado, falta de planes de mantenimiento, falta de estructuración y estandarización de procesos, equipos muy antiguos, escasez de repuestos en la región y equipos sin calibrar. Todo esto hace hincapié en aplicar la gestión de mantenimiento dado que el principal problema recae sobre la baja disponibilidad de los equipos. Esto a su vez, ocasiona cuellos de botella en el proceso de inspección generando datos erróneos en sus certificados que podrían provocar accidentes fatales.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo incrementará la disponibilidad de equipos de inspección técnica vehicular en la Empresa ORTEV SAC?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de equipos de inspección técnica vehicular de la Empresa ORTEV S.A.C. – 2020.

Objetivos específicos:

Diagnosticar la situación actual de la Empresa en cuanto a la gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad de los equipos de inspección.

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo en la Empresa ORTEV S.A.C.

Estimar la disponibilidad de equipos de inspección después del diseño propuesto.

Realizar una evaluación económica para la viabilidad de la propuesta de mejora.

1.4. Hipótesis

Con el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo se incrementará significativamente la disponibilidad de equipos de inspección técnica vehicular en la Empresa ORTEV SAC.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según el propósito es aplicada, puesto que el estudio será enfocado a resolver problemas o planteamientos específicos, con teorías ya existentes, por tanto, indagando y consolidando la información se mejorará la disponibilidad (Benites et al, 2021).

Según el enfoque es cuantitativo debido a que se recopilan datos para dar respuesta a la pregunta de investigación y probar la hipótesis (Guamán et al, 2021).

2.2. Diseño de investigación

Según su diseño es no experimental ya que este estudio se lleva a cabo sin manipular deliberadamente las variables, observando los fenómenos tal como sucede en su órbita natural (Redondo & Fuentes, 2020). Así mismo, se recolectan los datos en un solo momento y en un tiempo determinado, por ello, se considera un diseño de carácter transversal.

2.3. Población y Muestra

Población: Todas las áreas de la Empresa ORTEV S.A.C, noviembre 2021 a agosto 2022.

Muestra: La muestra está expresada por el proceso del mantenimiento en la Empresa ORTEV S.A.C, noviembre 2021 a agosto 2022.

2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Método deductivo

Se utilizó este método para obtener conocimientos de lo general a lo particular que es el sistema de gestión de mantenimiento, por ello esta investigación analiza teorías para afirmar la hipótesis. Por otra parte, se emplearon como técnicas:

Tabla 1
Técnicas empleadas en la investigación

Técnicas	Justificación
Observación Directa	Permite precisar el proceso del mantenimiento, la complejidad de los equipos y el grado de conocimiento de los técnicos.
Encuesta	Permite conocer oportunidades de mejora y la problemática en sí, desde el punto de vista del ingeniero de mantenimiento y operarios.
Análisis Documental	Permitirá conocer si el proceso de mantenimiento sigue las indicaciones técnicas de los fabricantes.

Aunado a ello se presentan los instrumentos empleados:

Tabla 2
Instrumentos para la recolección de datos

Técnica	Instrumento	Aplicación
Observación directa	Guía de observación	Al personal técnico y supervisor al momento que realizan trabajos de mantenimiento.
Encuesta	Cuestionario	Todo el personal involucrado en trabajos de mantenimiento.
Análisis documental	Manuales	Equipos y máquinas.

2.5. Procedimiento

Para el procedimiento de la presente investigación se seguirá la siguiente secuencia lógica:

Reconocimiento de la empresa y sus áreas de mantenimiento, posteriormente se aplicaron los instrumentos de recolección de datos para efectuar el diagnóstico situacional de la gestión del mantenimiento y la disponibilidad de los equipos antes de aplicar la propuesta de mejora, es así que con la guía de observación se evaluó el cumplimiento de los diagramas de operación de los procesos, luego se aplicó el cuestionario de percepción de la gestión del mantenimiento dirigido en primer lugar a los operarios y luego al administrador e ingeniero supervisor de equipos de la empresa, además, se observaron los manuales de los equipos presentes en la empresa.

La información recopilada fue procesada en el programa Microsoft Excel versión 2019 empleando tabulaciones estadísticas, con ello se determinaron los niveles iniciales de cumplimiento de la gestión del mantenimiento actual de la empresa.

Con el diagnóstico efectuado se diseñó el sistema de gestión de mantenimiento preventivo en los equipos más críticos, para luego efectuar la estimación de la disponibilidad de los equipos después del diseño de la propuesta de mejora. Luego empleando la estadística descriptiva se analizó los resultados de mejora, finalmente se evaluó económicamente la implementación del diseño de la propuesta de mejora en la empresa ORTEV SAC.

2.6. Validez y confiabilidad de la información

Para determinar la validez y confiabilidad de los instrumentos, se utilizó la opinión y el visto bueno de expertos en el tema de la carrera profesional de Ingeniería Industrial de nuestra casa superior de estudios sede Universidad Privada del Norte - Cajamarca.

2.7. Análisis de la información

Para el análisis de la información se empleó el programa Microsoft Excel Versión 2019, es así que se tabularon los datos obtenidos con el uso de los instrumentos de recolección de información para luego procesarlos por medio de gráficos y datos estadísticos.

2.8. Aspectos éticos

La presente investigación guardó en todo momento los parámetros y el código de ética de la Universidad Privada del Norte, por lo que toda la información mostrada es verídica sin ninguna alteración y su manipulación solo fue con propósitos académicos, además, se están citando a todas las fuentes consultadas bajo la normatividad APA.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la gestión del mantenimiento preventivo y disponibilidad de equipos

3.1.1. Información de la empresa

Generalidades

La empresa Organización Técnica Vehicular (ORTEV) S.A.C., con 8 años dedicada al rubro de inspección vehicular en la ciudad de Cajamarca tiene los siguientes datos generales:

Tabla 3

Datos generales de la empresa

Datos	Descripción
RUC	20600031474
Razón	ORGANIZACION TECNICA VEHICULAR CAJAMARCA S.A.C
Tipo	Sociedad Anónima Cerrada
Estado	Activo
Inicio	1-Feb-15
Actividad	Análisis y ensayos técnicos
CIU	74220
Dirección	Av. Hoyos rubio Cdra.17-Mz. "A" Lte.07
Ciudad	Cajamarca

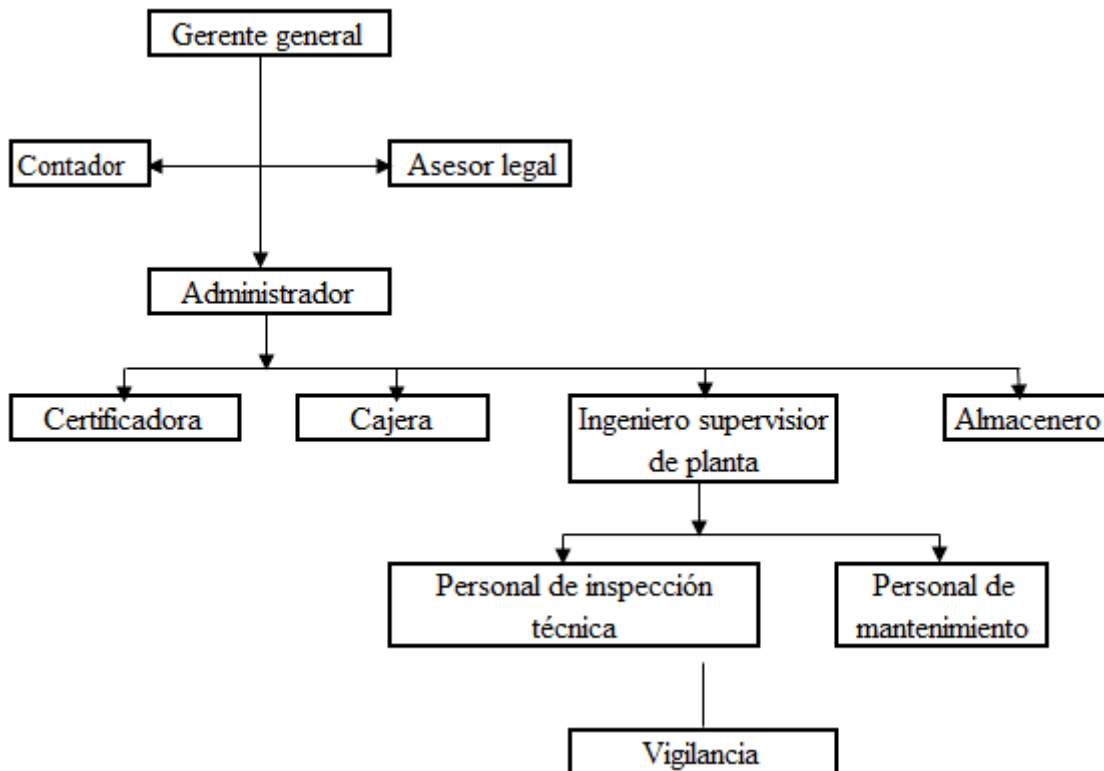
Nota. Datos de la empresa ORTEV SAC, 2022.

Estructura organizacional

La empresa ORTEV SAC actualmente cuenta con la siguiente organización jerárquica:

Figura 1

Organigrama de ORTEV SAC



Nota. Datos de la empresa ORTEV SAC, 2022.

Misión

Somos una empresa que presta el servicio de inspección técnica vehicular; debidamente autorizada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, contamos con un equipo de profesionales y técnicos calificados, garantizando la eficiencia y responsabilidad con la seguridad vial y el medio ambiente.

Visión

Ser una empresa sólida y comprometida con la seguridad vial y la conservación del medio ambiente, mediante un servicio de inspección técnico de vehículos, con un personal altamente capacitado y equipos modernos para garantizar la calidad del servicio y así lograr un posicionamiento en el mercado del parque automotor a nivel local y nacional.

Proveedores

Actualmente la empresa tiene los siguientes proveedores a nivel local y nacional:

- Fabricados Histron S.L
- Toque de midas S.R.L, Con nombre comercial “Grifo Valle Hermoso”.
- Sodimac
- Lubricentro El topo

Clientes

Los principales clientes de la empresa ORTEV SAC, son empresas privadas, públicas y vehículos particulares, estos son:

- Transportes Sagitario S.R.L
- Multitransportes Cajamarca S.A
- Transportes El Abuelo S.A.C
- Empresa de Transportes Corazón Celendino, etc.

3.1.2. Análisis del área de estudio: Planta de inspección

Posterior al análisis general de la empresa, se efectuó el estudio del área de inspección, para ello se realizó el reconocimiento de los equipos presentes en la planta que son necesarios para la ejecución del proceso de inspección vehicular:

Tabla 4

Equipos de la planta de inspección en la línea combinada

N°	Equipo/máquina	Modelos
1	Medidor para alineación de ruedas al paso	S-3000
2	Regloscopio, luxómetro integrado	2505/L1
3	Detector para las holguras	AXLE-3000
4	Frenómetro de rodillos livianos	BRAK-3014
5	Analizador de los gases	CAP3201-4GAZ
6	Banco para las pruebas de suspensión	EUSA-3000
7	Opacímetro	CAP3200-OPA
8	Retro reflectómetro	GM-026

9	Profundímetro	69792-02
10	Sonómetro	SC102CALSS2
11	Módulos x 3	S/N
12	Torre de inflado de neumáticos	1863DT

Nota. La línea combinada evalúa vehículos livianos con un peso bruto menos a 3500 Kg.

Tabla 5

Equipos de la planta de inspección en la línea mixta

N°	Equipo/máquina	Modelos
1	Medidor para alineación de ruedas al paso	MSS-8400
2	Regloscopio, luxómetro integrado	MLD-9(EU)
3	Detector para las holguras	GST8508
4	Frenómetro de rodillos pesados	MB8100
5	Analizador de los gases	AVL-DITEST GAS-1000
6	Banco para las pruebas de suspensión	SA640
7	Opacímetro	AVL-DISMOKE-480
8	Retro reflectómetro	REFLEX-20
9	Profundímetro	ADD-6231
10	Sonómetro	DT-8852
11	Módulos x 3	S/N
12	Torre de inflado de neumáticos	PNEUTRONIC-PNT-4






Nota. En la línea mixta se evalúan vehículos livianos con un peso bruto mayor a 3500 Kg.

A estos equipos se suma el grupo electrógeno, lo cual al funcionar suministra presión neumática a los frenómetros, banco de suspensiones y envía presión hidráulica a los bancos de holguras.

Identificados los equipos se procedió a analizar el proceso de inspección vehicular dado que actualmente los equipos no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo exponiéndose a la ocurrencia de desperfectos y averías que causen demoras en el proceso de inspección, para ello se efectuó el siguiente diagrama de análisis de procesos (DAP).

Tabla 6

Diagrama de análisis del proceso de inspección vehicular

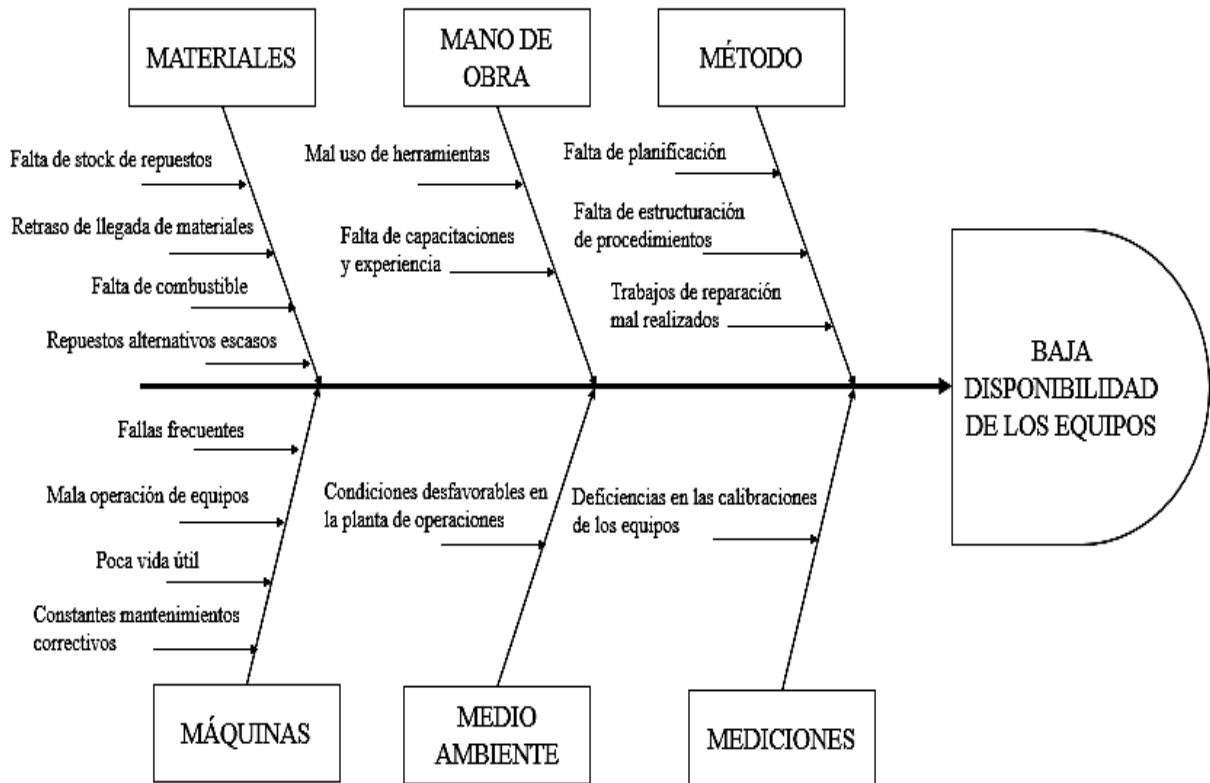
Empresa	ORTEV SAC	
Proceso	Inspección técnica vehicular	
Área	Inspección	
Actividad	Símbolo	Resumen
Operación		15
Transporte		9
Espera por avería		1
Inspección		1
Almacenamiento		0
Total		26

Nota. El desarrollo del DAP está comprendido en el Anexo 3.

Tomando en cuenta el análisis del proceso, se procedió a determinar las causas que están generando la baja disponibilidad de los equipos para ello se empleó el diagrama de Ishikawa.

Figura 2

Diagrama causa efecto para la disponibilidad de los equipos



Materiales: Cuando se presenta una falla inoportuna, se tiene la información de que no hay repuesto stock para cambiar el componente dañado, además hay un poco de retraso en el abastecimiento cuando se solicita. Así mismo, en muchas ocasiones para solucionar la avería presentada a la brevedad posible se monta un repuesto alternativo o construido en los tornos, lo cual dentro de uno días nuevamente se tiene el mismo problema. Por otra parte, el administrador encargado de tanquear de combustible todos los fines de semana deja desabastecido el grupo electrógeno, por lo que hay una demora hasta abastecer de combustible.

Mano de obra: No se cuenta con el personal especialistas para el mantenimiento de estos equipos, son los técnicos encargados de pasar revisiones técnicas, que intervienen para corregir una falla, y, por ende, tienen dificultades para dar con el problema y solucionarlos.

Métodos de trabajo: El método utilizado no es el adecuado porque se da mantenimiento a los equipos sin ninguna planificación, es decir, se interviene cuando el equipo ya falla, en otras palabras, no hay un mantenimiento preventivo para prevenir o minimizar las averías. Por otro lado, no hay procedimientos estandarizados, y si se sigue un procedimiento es por la costumbre del mismo trabajo que se sigue esos pasos, pero muchas veces no se llega a terminar por falta de repuestos o de cualquier componente en stock.

Máquinas: La empresa, para facilitar sus procesos y no tener errores en sus diagnósticos de inspección, tienen un sistema adicional al proporcionado por el MTC, este sistema es manipulado manualmente por los operarios, en el apuro no dejan que el equipo reaccione para que vuelva a su estado normal, particularmente en el Frenómetro, por lo que se entiende como una mala operación o mala maniobra, esto causa que los equipos se malogren, por ende, se incurra en frecuentes reparaciones correctivas, por otro lado, los equipos ya están a punto de volverse obsoletos, es decir, son muy antiguas, por el mismo tiempo que tienen están expuestas a sufrir cualquier deterioro.

Medio ambiente: Dado que el patio de operaciones de la empresa ORTEV SAC no está techado en su totalidad, dificulta las actividades de los operarios cuando las condiciones ambientales son extremas aún más en la época de invierno y en las temporadas de lluvias, perjudicando los procesos de mantenimiento, inspecciones vehiculares, traslados de insumos y materiales.

Mediciones: Luego de un mantenimiento o cambios de cualquier componente que se hacen a los equipos, no se tienen en cuenta sus calibraciones, es por eso que en muchos casos al ver que arrojan parámetros erróneos, los equipos se vuelven a destapar para su respectiva calibrarlos.

Para determinar la recurrencia de las causas que ocasionan la baja disponibilidad, se solicitó la colaboración de los 6 técnicos que laboran en planta, para que evalúen y califiquen de acuerdo a su criterio, la ponderación es la siguiente:

- 1 = **Nunca** generan baja disponibilidad
- 2 = **Casi nunca** generan baja disponibilidad
- 3 = **A veces** generan baja disponibilidad
- 4 = **Casi siempre** generan baja disponibilidad
- 5 = **Siempre** generan baja disponibilidad

A continuación, presentamos la tabla con sus respectivas causas y sus calificaciones asignadas:

Tabla 7

Cuestionario de las causas raíz

CR	Descripción	Línea combinada			Línea mixta			Total
		Técnico 1	Técnico 2	Técnico 3	Técnico 4	Técnico 5	Técnico 6	
CR 1	Deficiencias en las calibraciones de los equipos	2	3	3	2	3	1	14
CR 2	Condiciones ambientales desfavorables	3	2	1	2	3	2	13
CR 3	Falta de planificación	3	2	4	2	3	2	16
CR 4	Falta de estructuración de procedimientos	1	2	3	2	2	1	11
CR 5	Trabajos de reparación mal realizados	2	3	1	3	2	3	14
CR 6	Falta de capacitaciones y experiencia	4	3	5	3	5	4	24
CR 7	Mal uso de herramientas	1	2	3	1	2	1	10
CR 8	Constantes mantenimientos correctivos	5	4	5	5	4	3	26
CR 9	Poca vida útil	4	3	3	4	4	3	21
CR 10	Fallas frecuentes	4	3	5	4	4	5	25
CR 11	Mala operación de equipos	2	4	3	3	3	2	17
CR 12	Falta de combustible	3	2	4	3	4	2	18
CR 13	Repuestos alternativos escasos	3	4	5	3	4	3	22
CR 14	Falta de stock de repuestos	5	3	4	4	3	4	23
CR 15	Retraso de llegada de materiales	1	1	1	2	1	2	8
Total								262

Posteriormente se efectuó un análisis de Pareto para priorizar las causas raíz

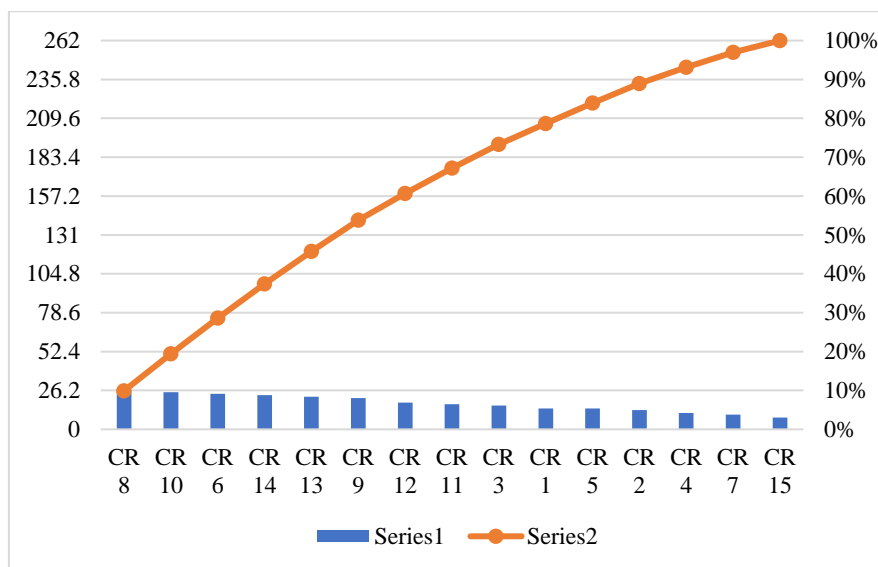
Tabla 8

Priorización de las causas raíz

CR	Descripción	Frecuencia	%	Acumulado
CR 8	Constantes mantenimientos correctivos	26	10%	10%
CR 10	Fallas frecuentes	25	10%	19%
CR 6	Falta de capacitaciones y experiencia	24	9%	29%
CR 14	Falta de stock de repuestos	23	9%	37%
CR 13	Repuestos alternativos escasos	22	8%	46%
CR 9	Poca vida útil	21	8%	54%
CR 12	Falta de combustible	18	7%	61%
CR 11	Mala operación de equipos	17	6%	67%
CR 3	Falta de planificación	16	6%	73%
CR 1	Deficiencias en las calibraciones de los equipos	14	5%	79%
CR 5	Trabajos de reparación mal realizados	14	5%	84%
CR 2	Condiciones ambientales desfavorables	13	5%	89%
CR 4	Falta de estructuración de procedimientos	11	4%	93%
CR 7	Mal uso de herramientas	10	4%	97%
CR 15	Retraso de llegada de materiales	8	3%	100%
Total		262	100%	

Figura 3

Diagrama de Pareto de las causas raíz



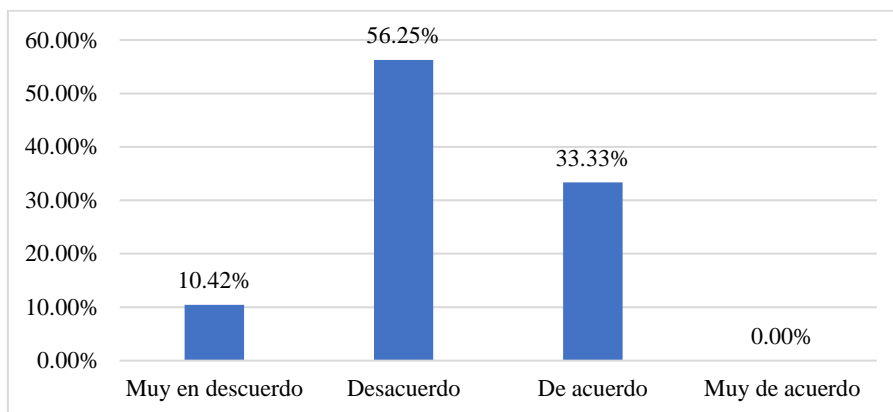
Según este análisis, las causa raíz que más inciden en la baja disponibilidad de los equipos del área de inspección técnica vehicular son:

- CR 8: Constantes mantenimientos correctivos
- CR 10: Fallas frecuentes
- CR 6: Falta de capacitaciones y experiencia
- CR 14: Falta de stock de repuestos
- CR 13: Repuestos alternativos escasos
- CR 9: Poca vida útil
- CR 12: Falta de combustible
- CR 11: Mala operación de equipos
- CR 3: Falta de planificación
- CR 1: Deficiencias en las calibraciones de los equipos

Además de la consulta realizada al personal del área de inspección para priorizar las causas raíz, se efectuó una encuesta para determinar la percepción sobre la gestión del mantenimiento que actualmente realiza la empresa (Anexo 7), los resultados se muestran a continuación:

Figura 4

Resultados de la encuesta de percepción dirigido al personal clave



Nota. El desarrollo detallado de la encuesta se puede apreciar en el Anexo 8.

Como se observa en la Figura 4, el resultado de la encuesta indica que el 10.42% de los encuestados está muy en desacuerdo con la gestión actual del mantenimiento de los equipos en el área de inspección técnica vehicular de la empresa ORTEV SAC, mientras que un 56.25% está en desacuerdo (valor muy alto), solo un 33.33% está de acuerdo y ninguno de los encuestados expresó estar muy de acuerdo con la gestión del mantenimiento actual, en suma el 66.67% de los encuestados no está conforme con el proceso de mantenimiento que realiza la empresa, ante ello se efectuó la evaluación de los equipos críticos en el área de estudio.

3.1.3. Evaluación y clasificación de equipos críticos

Dado que se observó que algunos equipos del área en estudio no cuentan con una disponibilidad al 100%, se procedió a evaluar la criticidad con datos recogidos desde noviembre 2021 a agosto 2022, para ello se efectuó un análisis de Pareto según la siguiente consideración:

- Zona “A”: Alta criticidad ($0 \leq 80\%$)
- Zona “B”: Mediana criticidad ($80\% \leq 95\%$)
- Zona “C”: Baja criticidad ($95\% \leq 100\%$)

A continuación, se muestran el análisis para los equipos de la línea combinada donde se puede visualizar de forma ordenada y sintetizada la periodicidad de las fallas de cada equipo de mayor a menor:

Tabla 9

Frecuencia de fallas para la línea combinada

Equipos	Frecuencia de fallas	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Zona	%
Frenómetro de rodillos livianos	51	22%	22%	A	76%
Banco de pruebas de suspensiones	47	20%	42%	A	
Detector de holguras	44	19%	60%	A	
Medidor de alineación de ruedas al paso	37	16%	76%	A	
Regloscopio con luxómetro	10	4%	80%	B	18%
Retroreflectómetro	8	3%	83%	B	
Opacímetro	6	3%	86%	B	
Analizador de gases	5	2%	88%	B	
Profundímetro	5	2%	90%	B	
Grupo electrógeno	5	2%	92%	B	
Sonómetro	4	2%	94%	B	
Torre de inflado de llanta	4	2%	96%	C	6%
Módulo 1	4	2%	97%	C	
Módulo 2	3	1%	99%	C	
Módulo 3	3	1%	100%	C	
Total	236	100%			100%

Como se observa en la Tabla 9, los equipos de alta criticidad están en la zona “A”, estos son; el Frenómetro de rodillos livianos, banco de pruebas de suspensiones, detector de holguras y el medidor de alineación de ruedas al paso. Mientras que los equipos de mediana criticidad se encuentran en la zona “B” y son el Regloscopio con luxómetro, retro reflectómetro, opacímetro, analizador de gases, Profundímetro, grupo electrógeno y el sonómetro. Finalmente, los equipos de baja criticidad se encuentran en la zona “C” y son la torre de inflado de llanta y los módulos 1, 2 y 3.

Tabla 10

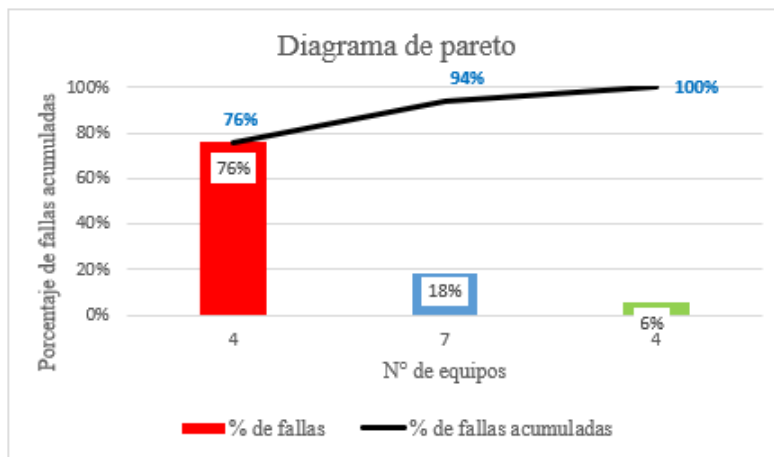
Resumen de la criticidad para la línea combinada

	ZONA	Nº de equipos	% de equipos	% acumulado	% de fallas	% de fallas acumuladas
0 - 80%	A	4	27%	27%	76%	76%
80% - 95%	B	7	47%	73%	18%	94%
95% - 100	C	4	27%	100%	6%	100%
	Total	15	100%		100%	

Como se precisa en la Tabla 10, de resumen de la criticidad, los 4 equipos que conforman la zona “A” representan el 27% del total de equipos y son los que presentan el 76 % de fallas. Mientras que los 7 equipos que conforman la zona “B” representan el 47% del total de equipos y son los que presentan el 18% de fallas. Por último, los 4 equipos que conforman la zona “C” representan el 27% del total de equipos y son los que presentan el 6% de fallas.

Figura 5

Análisis de Pareto de la criticidad de los equipos



La Figura 5 muestra los 4 equipos de alta criticidad, lo cual presentan un 76% de fallas y tiene un acumulado de 76%, los 7 equipos de mediana criticidad presentan un 18% de fallas y tienen un acumulado de 94%, los 4 equipos de baja criticidad presentan 6% de fallas y su acumulado es del 100%.

Aunado a ello se tienen el análisis de criticidad de los equipos de la línea mixta donde se puede visualizar de forma ordenada y sintetizada la periodicidad de las fallas de cada equipo de mayor a menor:

Tabla 11

Frecuencia de fallas para la línea mixta

Equipos	Frecuencia de fallas	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Zona	%
Frenómetro de rodillos pesados	45	23%	23%	A	67%
Detector de holguras	44	22%	45%	A	
Medidor de alineación de ruedas al paso	43	22%	67%	A	
Banco de pruebas de suspensiones	25	13%	80%	B	27%
Regloscopio con luxómetro	5	3%	83%	B	
Grupo electrógeno	5	3%	85%	B	
Analizador de gases	4	2%	87%	B	
Opoacímetro	4	2%	89%	B	
Retroreflectómetro	4	2%	91%	B	
Profundímetro	3	2%	93%	B	
Sonómetro	3	2%	94%	B	
Torre de inflado de llanta	3	2%	96%	C	
Modulo 1	3	2%	97%	C	
Modulo 2	3	2%	99%	C	6%
Modulo 3	2	1%	100%	C	
Total	196	100%			100%

En la Tabla 11 se muestra que los equipos de alta criticidad están en la zona “A”, estos son; el Frenómetro de rodillos pesados, detector de holguras y el medidor de alineación de ruedas al paso. Mientras que los equipos de mediana criticidad se encuentran en la zona “B” y son el banco de pruebas de suspensiones, regloscopio con luxómetro, retro reflectómetro, opacímetro, analizador de gases, profundímetro, grupo electrógeno y el sonómetro. Finalmente, los equipos de baja criticidad se encuentran en la zona “C” y son la torre de inflado de llanta y los módulos 1, 2 y 3.

Tabla 12

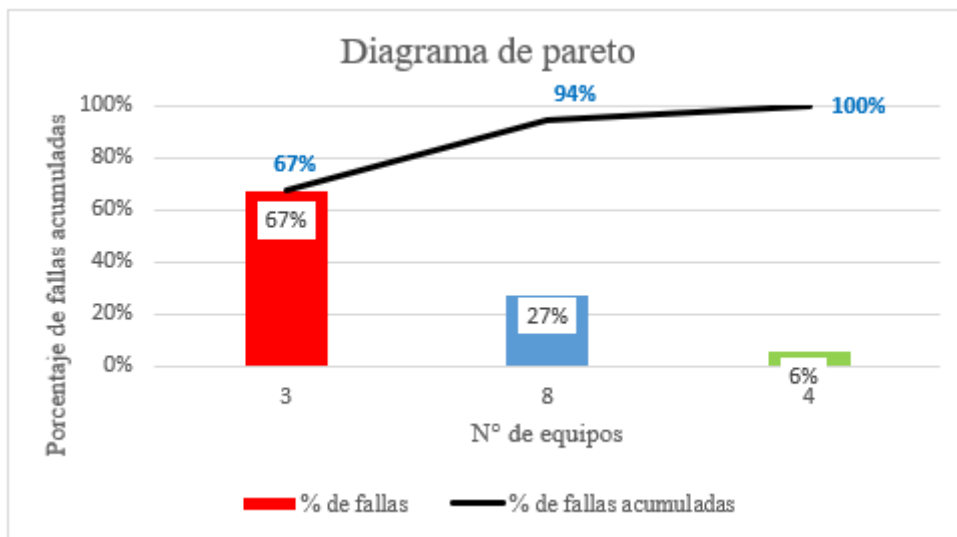
Resumen de la criticidad para la línea mixta

	ZONA	Nº de equipos	% de equipos	% acumulado	% de fallas	% de fallas acumuladas
0 - 80%	A	3	20%	20%	67%	67%
80% - 95%	B	8	53%	73%	27%	94%
95% - 100%	C	4	27%	100%	6%	100%
	Total	15	100%		100%	

Como se precisa en la Tabla 12, los 3 equipos que conforman la zona “A” representan el 20% del total de equipos y son los que presentan el 67% de fallas. Mientras que los 8 equipos que conforman la zona “B” representan el 53% del total de equipos y son los que presentan el 27% de fallas. Por último, los 4 equipos que conforman la zona “C” representan el 27% del total de equipos y son los que presentan el 6% de fallas.

Figura 6

Análisis de Pareto de la criticidad de los equipos



La Figura 6 muestra los 3 equipos de alta criticidad, lo cual presentan un 67% de fallas y tiene un acumulado de 67%, los 8 equipos de mediana criticidad presentan un 27% de fallas y tienen un acumulado de 94%, los 4 equipos de baja criticidad presentan 6% de fallas y su acumulado es del 100%.

En adelante los equipos de alta criticidad tanto de la línea combinada como de la mixta serán objeto de estudio, ya que presentan mayor incidencia de fallas, por lo tanto, se debe priorizar y dar mayor importancia en su mantenimiento.

3.1.4. Diagnóstico de la variable: Sistema de gestión de mantenimiento preventivo

Posterior al análisis de las causas raíz que generan la baja disponibilidad y al análisis de la criticidad de los equipos, se procedió a efectuar el diagnóstico según las variables de estudio con sus respectivas dimensiones, es así que, para el sistema de gestión de mantenimiento preventivo actual de la empresa, se obtuvieron los siguientes resultados:

Dimensión: Procesos

Para el análisis de esta dimensión se ha tenido en cuenta los mantenimientos correctivos de fallas menores, es decir, son fallas que no requieren de un especialista para llevarse a cabo, sino que son ejecutados por los mismos técnicos de planta, estas mismas se enfocan particularmente en la sustitución de piezas que presentan algún síntoma de avería o ruidos extraños en los equipos. Lo cual son las siguientes:

- Cambio de Cadena del Frenómetro.
- Cambio de amortiguadores de rodillos.
- Cambio de rodaje.
- Cambio de resorte.
- Cambio de manguera.
- Cambio de pistas de ejes deslizantes.
- Cambio de billas de acero.
- Cambio de aguja.
- Cambio de termostato.
- Cambio de faja del alternador.

Estas tareas son detalladas minuciosamente en los Diagramas de Operaciones de Procesos (DOP), para determinar su cumplimiento. Por otro lado, permiten identificar y localizar puntos en el proceso donde se fracasa o se limita a seguir con las actividades a

causa del desabastecimiento de los repuestos u otras carencias. Para facilitar este análisis, los DOP se elaboraron y diseñaron de acuerdo a los manuales del fabricante y la estructura de los equipos, también se incorporó el grupo electrógeno, aunque está fuera de los equipos críticos, pero igual se lo considera porque también se le hace algún cambio de repuesto.

Figura 7

Frenómetro de rodillos, cambio de cadena – línea combinada y mixta

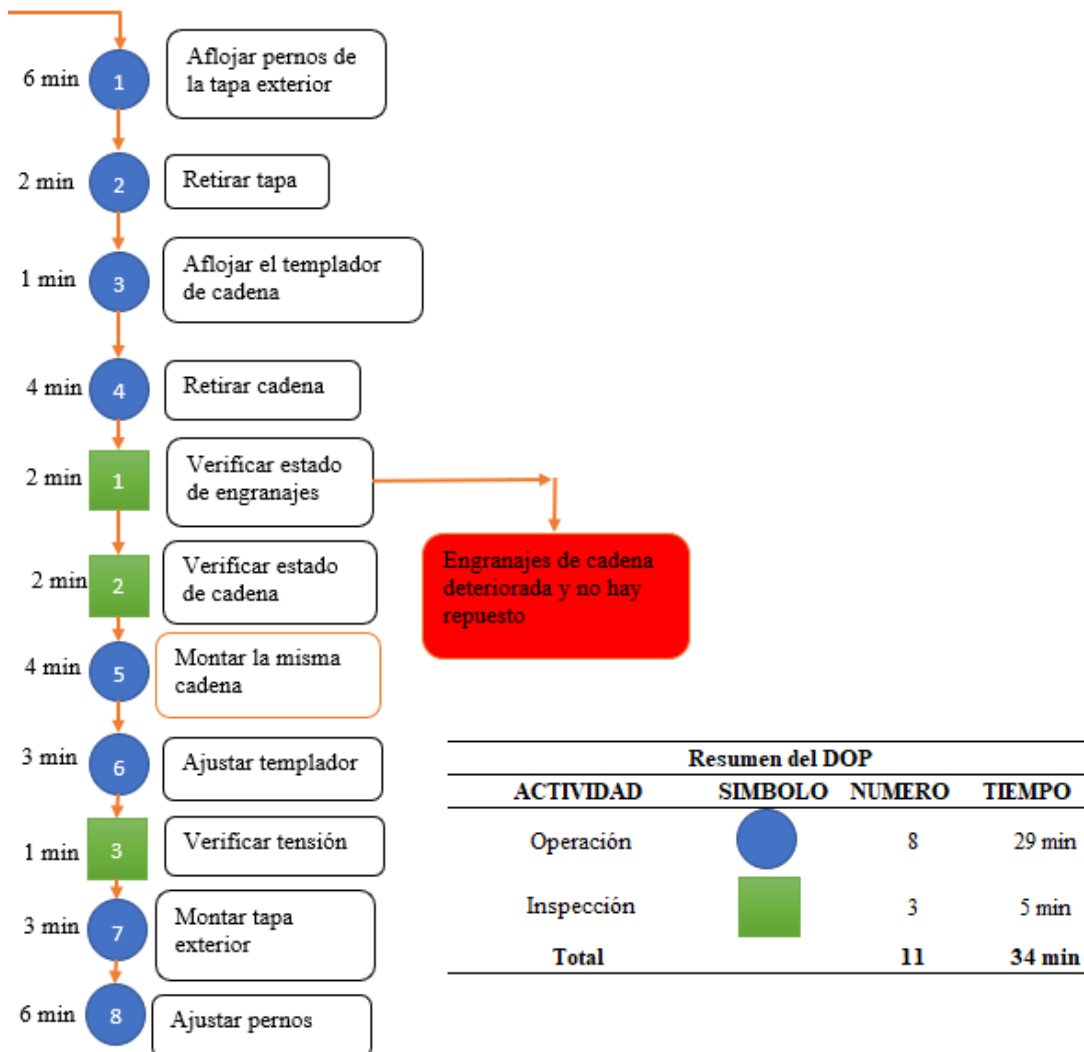


Figura 8

Verificación del Frenómetro



Al cambiar la cadena nueva, el técnico se da cuenta que el engranaje también está deteriorado, por lo tanto, se tiene que cambiar los dos a la vez. Sin embargo, no hay repuesto en stock. Ante esta carencia, el ingeniero mecánico reprograma el cambio para otra fecha. Mientras tanto, se vuelve a armar el equipo con su misma cadena para que siga operando hasta solicitar el nuevo engranaje al proveedor.

Figura 9

Frenómetro de rodillos, cambio de amortiguadores – línea combinada y mixta

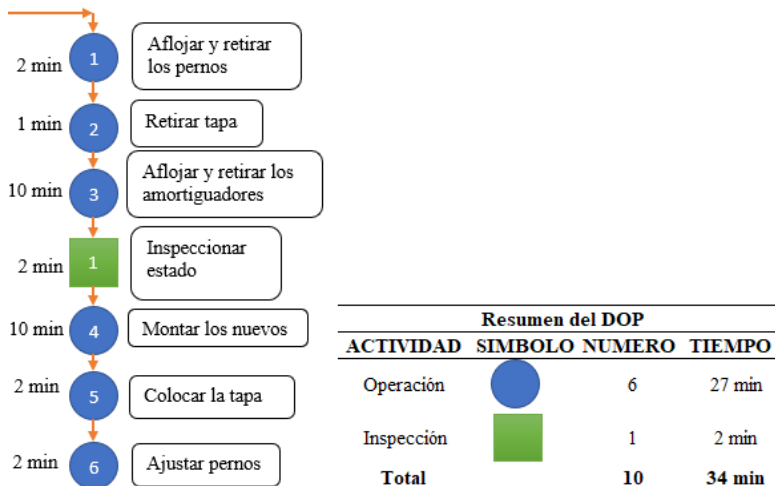


Figura 10

Cambio de amortiguadores

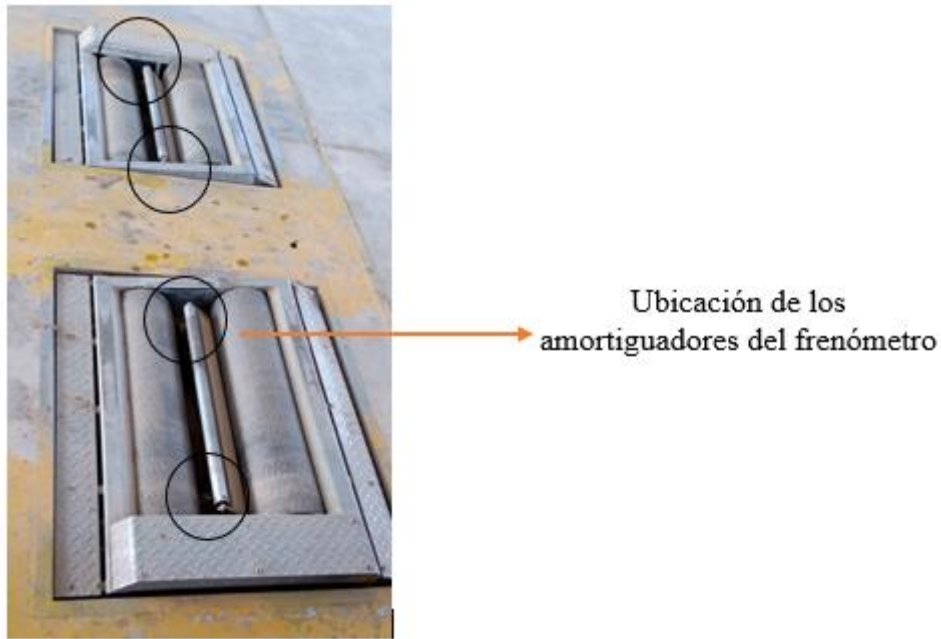


Figura 11

Banco de pruebas de suspensión, cambio de rodaje – línea combinada y mixta

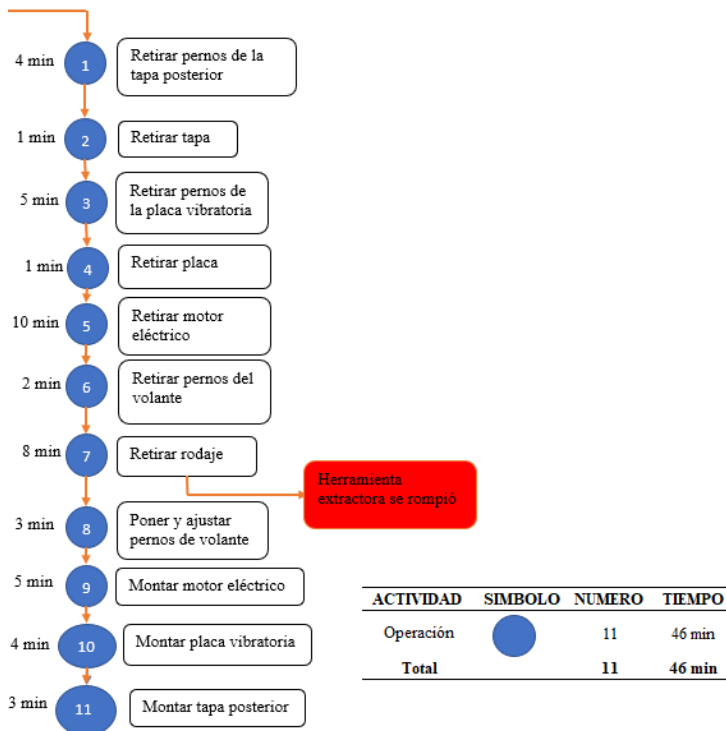


Figura 12

Cambio de rodaje



Como se observa en la Figura 11, no se logró retirar el rodaje para cambiarlo porque se rompió el extractor mecánico, y como solo existía una sola herramienta en almacén, además es muy escasa en el mercado local, se tuvo que enviar a reconstruir, mientras tanto, se volvió armar el equipo para seguir con los procesos de inspección técnica vehicular.

Figura 13

Banco de pruebas de suspensión, cambio de resorte – línea combinada y mixta

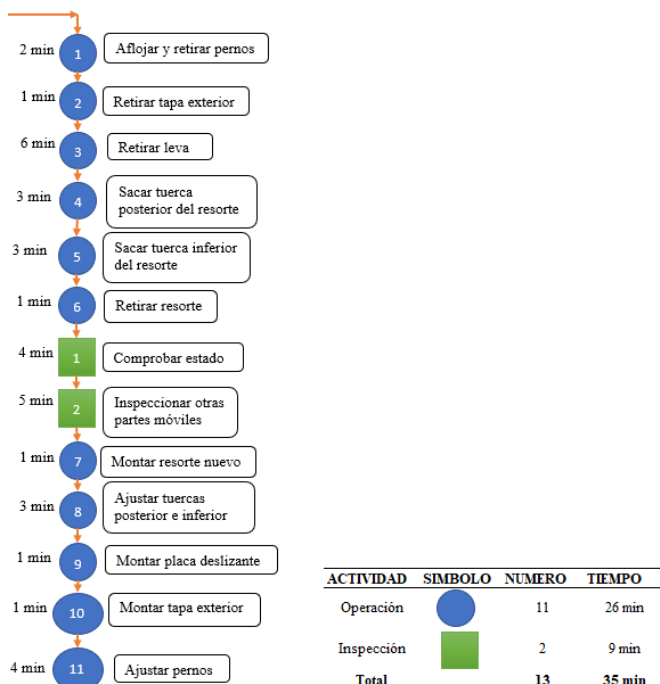


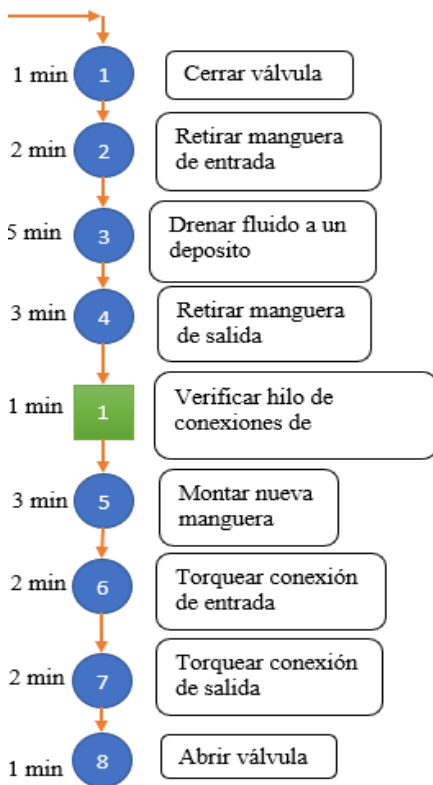
Figura 14

Cambio de resortes



Figura 15

Detector de holguras, cambio de manguera de presión hidráulica – línea combinada y mixta



ACTIVIDAD	SIMBOLO	NUMERO	TIMEPO
Operación	■	1	1 min
Inspección	●	8	19 min
Total		9	20 min

Figura 16

Cambio de mangueras



Figura 17

Detector de holguras, cambio de pista del eje deslizante – línea combinada y mixta

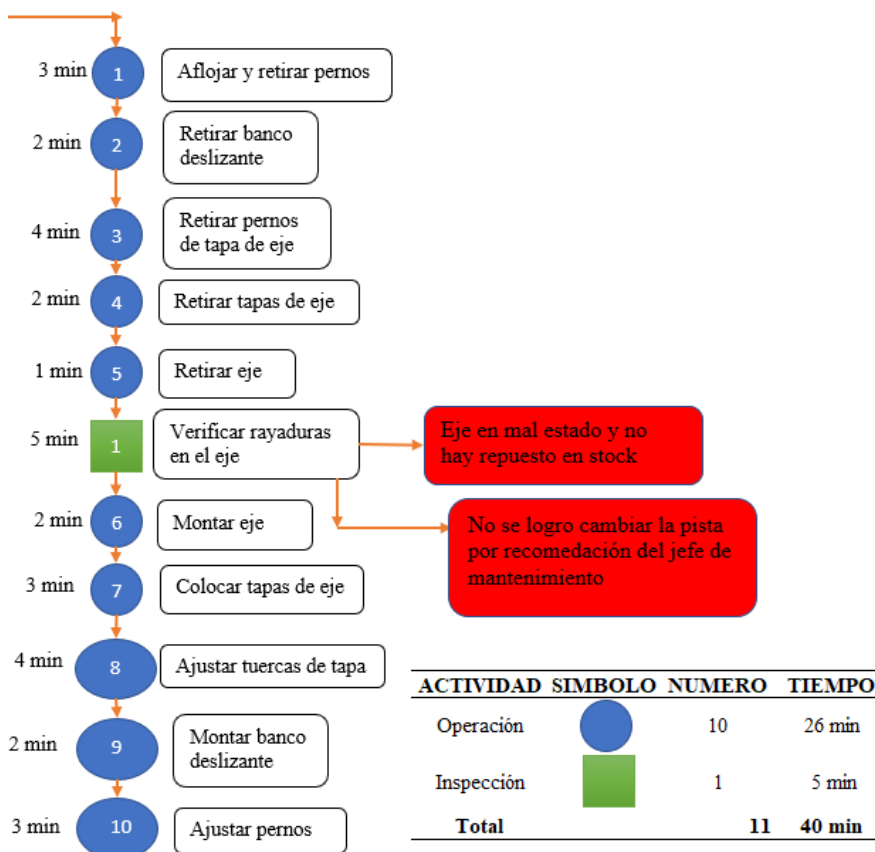


Figura 18

Proceso de cambio de pista



Con la intención de reemplazar la pista, se encontró que el eje deslizante también estaba desgastado, por lo tanto, se procedió a cambiar los dos a la vez. Sin embargo, tras la solicitud al responsable del almacén, se corroboró que no hay stock del repuesto. Ante esta carencia, el ingeniero encargado reprogramó el cambio para otra fecha, dado que no se puede hacer trabajar a un elemento nuevo con un elemento que está desgastado, ya que hay una alta probabilidad de que el elemento quñado afecte rápidamente al elemento nuevo y se suscite una falla imprevista que paralice al proceso de inspección técnica.

Figura 19

Medidor de alineación de ruedas al paso, cambiar billas de acero – línea combinada y mixta

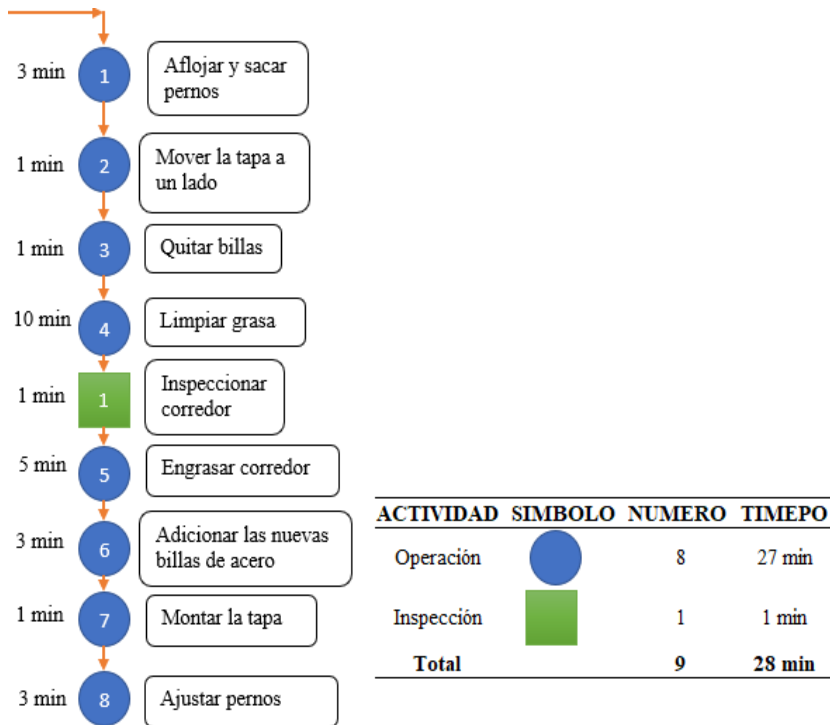


Figura 20

Medidor de alineación de ruedas al paso, cambio de aguja (sensor) – línea combinada y mixta



Figura 21

Grupo electrógeno, cambio de termostato

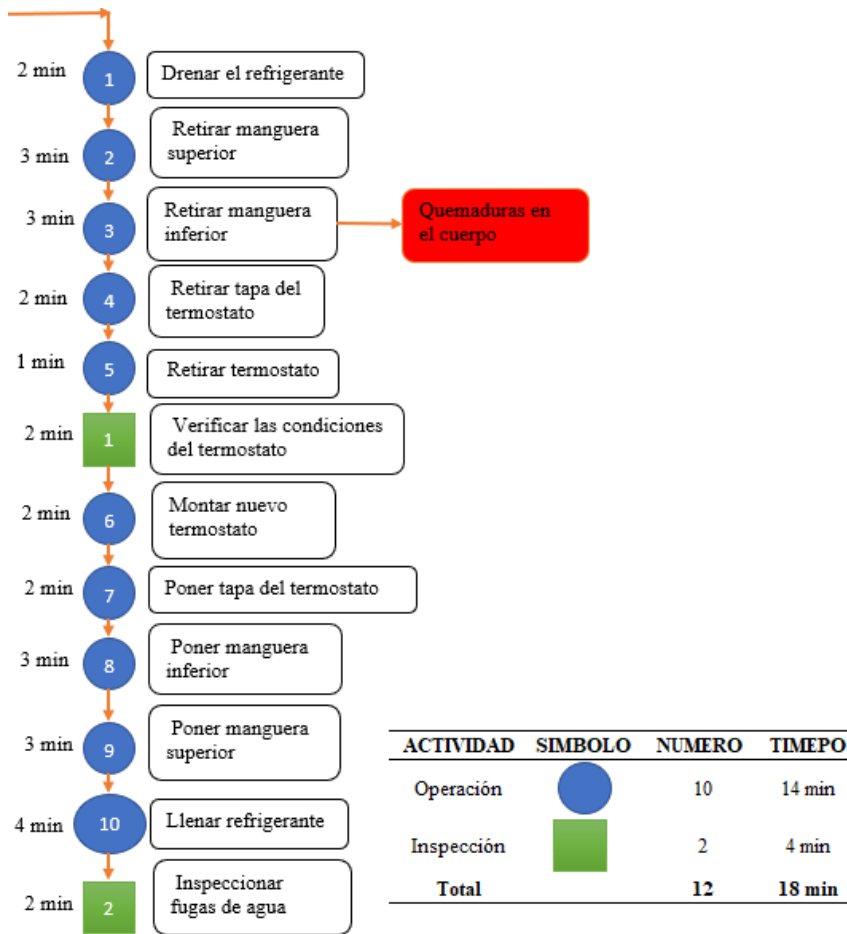


Figura 22

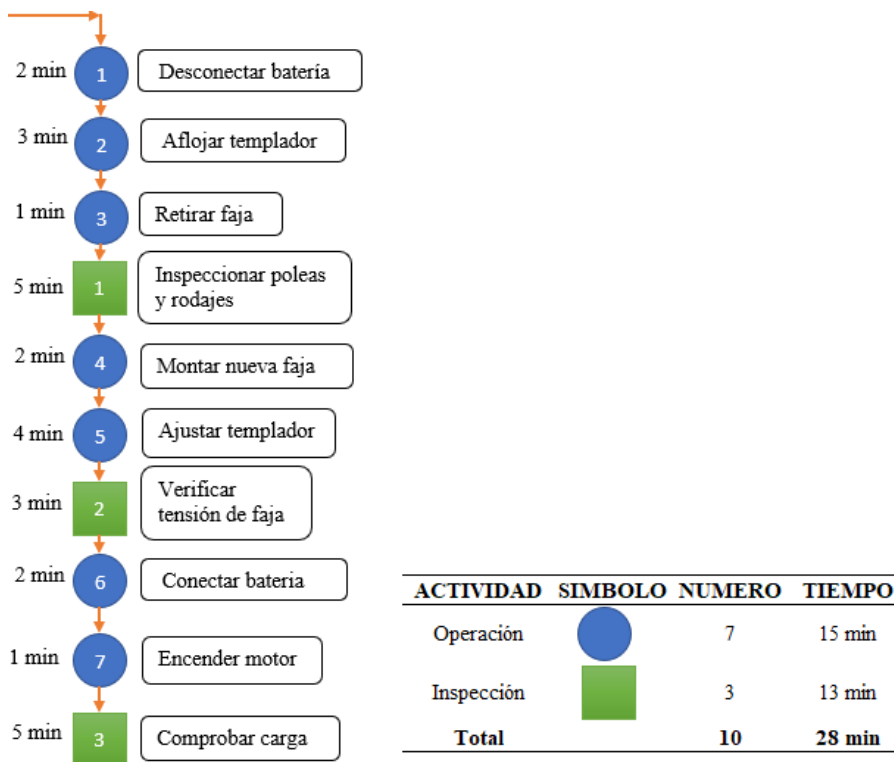
Cambio de termostato



En la Figura 21 se muestra el término del procedimiento de cambio del termostato, pero el técnico sufrió un accidente (quemaduras en el cuerpo de primer grado), lo cual fue sustituido por otro para culminar el trabajo. Esto sucedió cuando intentaba retirar la manguera inferior del radiador, como el refrigerante estaba muy caliente la misma presión del líquido hizo que salpique al cuerpo del trabajador, lo cual explica que hay una mala implementación de los EPP'S, y efectivamente, los mismos trabajadores afirman que no tienen guantes, calzado de seguridad, entre otros elementos más, que garanticen su protección.

Figura 23

Grupo electrógeno, Cambio de faja del alternador



En los diagramas de flujo mostrados, las actividades en rojo describen las limitaciones e incumplimientos de los procedimientos del cambio de los repuestos, que, en efecto, se termina armando nuevamente el activo para seguir con su funcionamiento hasta solucionar los problemas encontrados, tal es el caso de la falta de respuestas en stock, herramientas de mala calidad, entre otros. No obstante, Si la falla es de gravedad o necesita

de un tiempo prolongado para corregirlo, se procede a simular el proceso de inspecciones técnicas.

Con el análisis de los diagramas de operaciones de cada proceso en el área de estudio, se procedió a efectuar su nivel de cumplimiento por medio de la guía de observación (Anexo 6), con ello se obtuvo el siguiente resultado de cumplimiento:

$$\% \text{ cumplimiento de los procesos} = \frac{\text{Procesos cumplidos} \times 100}{\text{Total de procesos}}$$

$$\% \text{ cumplimiento de los procesos} = \frac{7 \text{ Procesos} \times 100}{10 \text{ procesos}}$$

$$\% \text{ cumplimiento de los procesos} = 70\%$$

La tasa de cumplimiento de los procesos es de 70%, lo cual indica que el 30% no se está cumpliendo, básicamente por problemas de falta de repuestos, falta de herramientas en buen estado, incidentes presentados por no contar con EPP'S bien implementados, entre otros.

Dimensión: Planificar

En la empresa ORTEV SAC, se tiene el siguiente registro de mantenimiento programados en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto de los años 2021 y 2022 respectivamente. Donde se identifica además las horas de mantenimiento, el nombre del equipo, el área responsable de ejecución y el encargado de las actividades de mantenimiento a realizar.

Tabla 13

Mantenimiento programado – línea combinada

PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO													
Equipos	Horas Mantto	Área responsable	Resp	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Regloscopio con luxómetro	0		-										
Medidor de alineación de ruedas al paso	0		-										
Frenómetro de rodillos livianos	0		-										
Detector de holguras	0		-										
Banco de pruebas de suspensiones	0		-										
Analizador de gases	0		-										
Opacímetro	0		-										
Profundímetro	0		-										
Retroreflectómetro	0		-										
Sonómetro	0		-										
Torre de inflado de llanta	0		-										
Grupo electrógeno	6	Administ	Nerio		■			■			■		
Módulo 1	0		-										
Módulo 2	0		-										
Módulo 3	0		-										
Total	6												

Nota. Datos de la empresa ORTEV SAC, 2022.

Es necesario, para realizar el cálculo del indicador se tome en cuenta la sumatoria de todas las horas programadas de todos los equipos.




$$\text{Indicador} = N^{\circ} \text{ de horas de mantenimiento programado.}$$

$$\text{Indicador} = 6 \text{ horas.}$$

La empresa programó en los meses de estudio, 6 horas de mantenimiento preventivo para todos sus equipos de la línea combinada, como se puede apreciar en la tabla anterior.

Tabla 14

Mantenimiento programado – línea mixta

PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO													
Equipos	Horas Mantto	Área responsable	Resp	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Regloscopio con luxómetro	0		-										
Medidor de alineación de ruedas al paso	0		-										
Frenómetro de rodillos pesados	0		-										
Detector de holguras	0		-										
Banco de pruebas de suspensiones	0		-										
Analizador de gases	0		-										
Opacímetro	0		-										
Profundímetro	0		-										
Retroreflectómetro	0		-										
Sonómetro	0		-										
Torre de inflado de llanta	0		-										
Grupo electrógeno	6	Administ	Nerio										
Módulo 1	0		-										
Módulo 2	0		-										
Módulo 3	0		-										
Total	6												

Es necesario, para realizar el cálculo del indicador se tome en cuenta la sumatoria de todas las horas programadas de todos los equipos.

$$\text{Indicador} = N^{\circ} \text{ de horas de mantenimiento programado.}$$

$$\text{Indicador} = 6 \text{ horas.}$$

La empresa programó en los meses de estudio, 6 horas de mantenimiento preventivo para todos sus equipos de la línea mixta, como se puede apreciar en la tabla anterior.

En resumen, el promedio de mantenimientos programados para los equipos de ambas líneas (combina y mixta) es de **6 horas** en los meses de estudio. Esto demuestra,

que la empresa carece de un plan efectivo de mantenimiento preventivo que minimice drásticamente sus recurrentes fallas en los equipos.

Dimensión: Operatividad de los equipos

A continuación, se muestra el análisis de la operatividad de los equipos durante 10 meses consecutivos (noviembre 2021 a agosto 2022). Ya que, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones obliga a las Empresas autorizadas, que sus equipos estén al 100% operativos, de tal manera que arrojen parámetros reales y no erróneos de las condiciones actuales de los vehículos. En ese sentido, se utilizó la siguiente fórmula para calcular y determinar su porcentaje:

$$\text{Operatividad} = \frac{\text{Equipos operativos} \times 100}{\text{Total de equipos}}$$

Donde:

O: Operativos

N: No operativos

Tabla 15

Operatividad de los equipos – línea combinada

Operatividad de los equipos del año 2021 al 2022										
Equipos y máquinas	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Regloscopio con luxómetro	N	N	O	O	O	O	O	O	O	N
Medidor de alineación de ruedas al paso	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Frenómetro de rodillos livianos	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Detector de holguras	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Banco de pruebas de suspensiones	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Analizador de gases	O	O	O	O	O	O	O	O	N	N
Opacímetro	O	O	O	O	O	N	N	O	O	O
Profundímetro	O	N	N	O	O	O	O	O	O	N
Retroreflectómetro	O	O	O	O	O	O	N	N	O	O
Sonómetro	N	O	O	O	O	N	O	O	O	O
Torre de inflado de llanta	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

Grupo electrógeno	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 2	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 3	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Total de equipos operativos	13	13	14	15	15	13	13	14	14	12

Nota. Datos obtenidos de la empresa ORTEV SAC, 2022.

La Tabla 15 muestra que, en los 10 meses de análisis, noviembre 2021 hasta agosto 2022, de los 15 equipos utilizados en la línea combinada, los que estuvieron operativos al 100% fueron:

- Medidor de alineación de ruedas al paso.
- Frenómetro de rodillos livianos.
- Detector de holguras.
- Banco de pruebas de suspensiones.
- Torre de inflado de llanta.
- Grupo electrógeno.
- Módulo 1.
- Módulo 2.
- Módulo 3.

Como se aprecia durante el periodo 2021-2022, 9 fueron los equipos que estuvieron operativos sin presentar algún tipo de inoperancia al momento de ejecutar las actividades de inspección, representado un cumplimiento de operatividad del 60.0% en la línea combinada. Lo cual indica, que no se cumple con el Reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares que obliga que los equipos estén 100% operativos.

Tabla 16

Operatividad de los equipos – línea mixta

Operatividad de los equipos del año 2021 al 2022										
Equipos y máquinas	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Regloscopio con luxómetro	O	O	O	N	N	O	O	O	O	N
Medidor de alineación de ruedas al paso	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Frenómetro de rodillos pesados	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Detector de holguras	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Banco de pruebas de suspensiones	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Analizador de gases	O	O	O	O	O	O	O	N	O	O
Opacímetro	O	N	O	O	O	O	O	O	N	O
Profundímetro	O	O	O	N	O	O	N	O	O	O
Retroreflectómetro	N	O	O	O	N	O	O	O	O	N
Sonómetro	O	O	O	O	O	N	O	O	O	O
Torre de inflado de llanta	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Grupo electrógeno	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 01	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 02	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 03	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Total de equipos operativos	14	14	15	13	13	14	14	14	14	13

Nota. Datos obtenidos de la empresa ORTEV SAC, 2022.

La Tabla 16 muestra la operatividad de los equipos en la línea mixta, para el periodo noviembre 2021 hasta agosto 2022, de los 15 equipos utilizados, los que estuvieron operativos al 100% fueron:

- Medidor de alineación de ruedas al paso.
- Frenómetro de rodillos pesados.
- Detector de holguras.
- Banco de pruebas de suspensiones.
- Torre de inflado de llanta.
- Grupo electrógeno.
- Módulo 01.
- Módulo 02.
- Módulo 03.

En tal sentido, durante el periodo de 10 meses de análisis, 2021-2022, 9 equipos fueron los que estuvieron operativos sin presentar algún tipo de inoperancia al momento de ejecutar las actividades de inspección en la línea mixta, representado un cumplimiento de operatividad del 60.0%. Lo cual indica, que no se cumple con el Reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares que obliga que los equipos estén 100% operativos.

Considerando este resultado, la operatividad de los equipos para ambas líneas, combinada y mixta, es del **60.0%**. Es decir, el 40% de los quipos no han cumplido con sus funciones durante el periodo 2021-2022, esto se debe a la falta de un mantenimiento preventivo, por falta de conocimiento o experiencia para resolver las fallas y por qué no hay repuesto a nivel local, regional y nacional.

Dimensión: Utilización de los equipos críticos

Para el análisis de la tasa de utilización de los equipos, se evaluó el tiempo del equipo en funcionamiento de forma constante y el tiempo que está fuera de servicio. Cabe mencionar que en una planta de revisiones técnicas el funcionamiento de los equipos no es constante porque el ingreso de los vehículos es cada cierto tiempo. En este caso, se tiene que medir cuanto tiempo demora el proceso de inspección técnica (10 min por vehículo), este dato se multiplica por la cantidad de vehículos que ingresan durante el mes (tiempo en minutos), y a su vez. se lo divide entre los 60 minutos para obtener las horas operativas durante el mes, veamos a continuación:

Tabla 17

Horas operativas reales de inspección técnica – línea combinada

Mes	Vehículos	Duración del proceso	Horas operativas	Horas programadas	Horas disponibles por
	Ingresados a planta	(10 min)	durante el mes	durante el mes	utilizar durante el mes
Noviembre	620	6200	103	208	105
Diciembre	580	5800	97	216	119
Enero	560	5600	93	208	115
Febrero	601	6010	100	192	92
Marzo	575	5750	96	216	120
Abril	490	4900	82	208	126
Mayo	520	5200	87	208	121
Junio	690	6900	115	208	93
Julio	684	6840	114	208	94
Agosto	567	5670	95	216	122
Total			982		

En la Tabla 17 se precisa las horas operativas por mes. La suma de estas horas es de **982 horas** operativas. Es decir, los equipos funcionarían 982 horas durante los 10 meses. Sin embargo, estas horas operativas no dejan de ser interrumpidas por algunas fallas imprevistas en los equipos, por lo tanto, se le tiene que restar las horas perdidas por reparación a las horas operativas para obtener las horas reales de trabajo de los equipos. El resultado obtenido mes a mes también se le suma para obtener el tiempo real de trabajo de cada equipo durante 10 meses de estudio, veamos la tabla 18.

Pero antes, es importante también señalar, que los equipos en planta funcionan configurados, es decir, durante el proceso de inspección, todos funcionan, se termina el proceso de inspección todos se paralizan, solo se quedan encendidas las computadoras en sus respectivos módulos.

Tabla 18

Trabajo real del equipo

Equipos	Horas operativas - tiempo por reparación										Horas reales trabajadas	Horas operativas
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago		
Frenometro de rodillos livianos	87	81	76	77	80	66	72	98	100	87	824	982
Banco de pruebas de suspensiones	90	84	81	81	73	70	71	104	105	91	850	982
Detector de holguras	93	82	75	79	77	64	73	100	106	85	834	982
Medidor de alineación de ruedas al paso	88	83	77	84	78	66	73	105	105	88	847	982
Promedio												

En la Tabla 18 se precisa que las horas reales trabajadas es de **824 horas** para el Frenómetro de rodillos livianos, **850 horas** para el banco de pruebas de suspensiones, **834 horas** para el detector de holguras y de **847 horas** para el medidor de alineación de ruedas al paso, durante los 10 meses de estudio. Con estos datos, se procederá a evaluar la tasa de utilización de cada equipo crítico para lo cual se utilizará la siguiente formula:

$$Utilización = \frac{Horas\ reales\ trabajadas}{Horas\ operativas\ de\ inspección} \times 100$$

Con ello se reemplazaron los datos para cada equipo:

Tabla 19

Utilización de los equipos – línea combinada

Equipo	Horas reales trabajadas	Horas operativas de inspección	Utilización
Frenómetro de rodillos livianos	824	982	84%
Banco de pruebas de suspensiones	850	982	87%
Detector de holguras	834	982	85%
Medidor de alineación de ruedas al paso	847	982	86%

Como se precisa en la tabla 19, la tasa de utilización para el frenómetro de rodillos livianos es de 84%, para el banco de pruebas de suspensiones de 87%, para el detector de holguras de 85% y para el medidor de alineación de ruedas al paso de 86%.

De modo que, el promedio de la tasa de utilización de los cuatro equipos críticos es de 85.5% de la línea combinada, lo cual indica que el 15% restante, el equipo está fuera de funcionamiento por razones de mantenimiento o restauración y como está por debajo de lo establecido por la empresa que es del 95% se tiene que mejorar.

Tabla 20

Horas operativas reales de inspección técnica – línea mixta

Mes	Vehículos Ingresados a planta	Duración del proceso (12 min)	Horas operativas durante el mes	Horas programadas durante el mes	Horas disponibles por utilizar durante el mes
Noviembre	540	6480	108	208	100
Diciembre	465	5580	93	216	123
Enero	651	7812	130	208	78
Febrero	476	5712	95	192	97
Marzo	589	7068	118	216	98
Abril	660	7920	132	208	76
Mayo	434	5208	87	208	121
Junio	480	5760	96	208	112
Julio	620	7440	124	208	84
Agosto	465	5580	93	216	123
Total			1076		

Tabla 21

Trabajo real de cada equipo

Equipos	Horas operativas - tiempo por reparación										Horas reales trabajadas	Horas operativas
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago		
Frenómetro de rodillos pesados	95	81	113	75	99	112	75	87	114	86	937	1076
Detector de holguras	97	82	110	77	98	110	72	84	112	84	926	1076
Medidor de alineación de ruedas al paso	94	80	114	78	97	111	76	86	117	87	940	1076
Promedio												

En la Tabla 21 se precisa que las horas reales trabajadas es de **937 horas** para el Frenómetro de rodillos pesados, **926 horas** para el detector de holguras y de **940 horas** para el medidor de alineación de ruedas al paso, durante los 10 meses de estudio. Con estos datos, se procederá a evaluar la tasa de utilización de cada equipo crítico:

Tabla 22

Utilización de los equipos – línea mixta

Equipo	Horas reales trabajadas	Horas operativas de inspección	Utilización
Frenómetro de rodillos pesados	937	1076	87%
Detector de holguras	926	1076	86%
Medidor de alineación de ruedas al paso	940	1076	87%

Como se observa en la tabla 22, la tasa de utilización para el frenómetro de rodillos livianos es de 87%, para el detector de holguras es de 86% y para el medidor de alineación de ruedas al paso es de 87%.

De los tres equipos críticos de línea mixta el promedio de la tasa de utilización es de 87%, lo cual indica que el 13% restante el equipo está fuera de funcionamiento por razones de mantenimiento o restauración del equipo, y como está por debajo de lo establecido por la empresa que es del 95% se tiene que mejorar.

El promedio de la tasa de utilización para ambas líneas (combinada y mixta) es de **86%**, esto indica que el 14% de los equipos críticos no se está utilizando por razones de mantenimiento correctivo o preventivo.

Dimensión: Reparaciones correctivas de los equipos críticos

A continuación, se analizó el tiempo muerto o tiempo transcurrido de cada máquina crítica durante el proceso de mantenimiento o reparación del activo en la línea combinada y mixta de la planta de inspección técnica vehicular, estos tiempos son tomados desde noviembre 2021 a agosto 2022, para lo cual se utilizará la siguiente ecuación matemática:

$$\text{Tiempo muerto} = \text{Total de horas operativas} - \text{Total de hora reales trabajadas}$$

Tabla 23

Línea combinada – Tiempo muerto de los equipos críticos

Equipos críticos	Horas reales trabajadas (10 meses)	Horas operativas (10 meses)	Horas por reparación (10 meses)
Frenometro de rodillos livianos	824	982	158
Banco de pruebas de suspensiones	850	982	132
Detector de holguras	834	982	148
Medidor de alineación de ruedas al paso	847	982	135
Promedio			143

En la Tabla 23 se muestran los equipos críticos de la línea combinada, donde el Frenómetro de rodillos livianos tiene un tiempo de inactividad de **158 horas**, el banco de

pruebas de suspensiones **132 horas**, el detector de holguras **148 horas** y el medidor de alineación de ruedas al paso **135 horas**. Haciendo un promedio de **143 horas** perdidas por reparación en los cuatro equipos críticos.

Tabla 24

Línea mixta – Tiempo muerto de los equipos críticos

Equipos	Horas reales trabajadas (10 meses)	Horas operativas (10 meses)	Horas por reparación (10 meses)
Frenómetro de rodillos pesados	937	1076	139
Detector de holguras	926	1076	150
Medidor de alineación de ruedas al paso	940	1076	136
Promedio			142

En la Tabla 24 se muestra los equipos críticos de la línea mixta, donde el Frenómetro de rodillos pesado tiene un tiempo de inactividad de **139 horas**, el detector de holguras **150 horas** y el medidor de alineación de ruedas al paso **136 horas**. Haciendo un promedio de **142 horas** perdidas por reparación en los tres equipos críticos.

El tiempo promedio para ambas líneas (combinada y mixta) que se pierde por reparaciones correctivas es de **142 horas y 30 minutos**, lo cual explica, que se está teniendo perdidas elevadas por estos tiempos fuera de servicio de la maquinaria, por lo tanto, estos tiempos se tiene que reducir para percibir mayores ingresos.

3.1.5. Diagnóstico de la Variable: Disponibilidad

Para el análisis de la Disponibilidad de los equipos se evaluó cada una de sus dimensiones:

Dimensión: Fiabilidad de equipos críticos

Dado que las averías e incidentes son un problema recurrente en las plantas de revisiones técnicas, se opta por calcular y evaluar la fiabilidad de los equipos. Esto permitirá conocer un aproximado de cada cuanto tiempo un equipo crítico está fallando

tanto en la línea combinada como en la línea mixta. La fórmula que se utilizará para hallar este indicador es la siguiente:

$$MTBF = \frac{\text{Horas operativas} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de fallas}}$$

Tabla 25

Línea combinada – Horas operativas

Equipos	Horas operativas de inspección										Total
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
Frenometro de rodillos livianos	103	97	93	100	96	82	87	115	114	95	982
Banco de pruebas de suspensiones	103	97	93	100	96	82	87	115	114	95	982
Detector de holguras	103	97	93	100	96	82	87	115	114	95	982
Medidor de alineación de ruedas al paso	103	97	93	100	96	82	87	115	114	95	982

Nota. La tabla muestra las horas operativas de cada equipo desde noviembre 2021 a agosto 2022.

Tabla 26

Tiempo de inactividad de cada equipo

Equipos	Horas de inactividad por reparación										Total
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
Frenometro de rodillos livianos	16	16	17	23	16	16	15	17	14	8	158
Banco de pruebas de suspensiones	13	13	12	19	23	12	16	11	9	4	132
Detector de holguras	10	15	18	21	19	18	14	15	8	10	148
Medidor de alineación de ruedas al paso	15	14	16	16	18	16	14	10	9	7	135

Nota. La tabla muestra el tiempo en que el equipo está en mantenimiento o reparación desde noviembre 2021 a agosto 2022.

Tabla 27

Número de fallas de cada equipo

Equipos	N° de fallas										Total
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
Frenometro de rodillos livianos	5	6	7	7	6	6	5	4	3	2	51
Banco de pruebas de suspensiones	4	5	6	7	7	6	5	3	2	2	47
Detector de holguras	4	5	6	6	5	6	4	3	2	3	44
Medidor de alineación de ruedas al paso	4	4	5	5	4	5	4	2	2	2	37

Nota. La tabla muestra el número de fallas de cada equipo desde noviembre 2021 a agosto 2022.

Tabla 28

Tiempo medio entre fallas – MTBF

Equipos	Total de horas operativas	Total de tiempo de inactividad (hrs)	Tota de fallas de cada equipo	MTBF	
Frenómetro de rodillos livianos	982	158	51	16	Horas
Banco de pruebas de suspensiones	982	132	47	18	Horas
Detector de holguras	982	148	44	19	Horas
Medidor de alineación de ruedas al paso	982	135	37	23	Horas

La Tabla 28 explica que el tiempo medio entre fallas del Frenómetro es de 16 horas, del banco de pruebas de suspensiones es de 18 horas, del detector de holguras de es de 19 horas y del medidor de alineación de ruedas al paso es de 23 horas. Es decir, el tiempo medio entre fallas es baja y aún se debe mejorar, mientras el MTBF sea más elevado el equipo se vuelve más fiable. El promedio del tiempo medio entre fallas de los equipos críticos de la línea combinada es de 19 horas.

Tabla 29

Línea mixta – Horas operativas

Equipos	Horas operativas de inspección										Total
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
Frenometro de rodillos pesados	108	93	130	95	118	132	87	96	124	93	1076
Detector de holguras	108	93	130	95	118	132	87	96	124	93	1076
Medidor de alineación de ruedas al paso	108	93	130	95	118	132	87	96	124	93	1076

Nota. La tabla muestra las horas de trabajo real de cada equipo desde noviembre 2021 a agosto 2022.

Tabla 30

Tiempo de inactividad de cada equipo

Equipos	Horas de inactividad por reparación										Total
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
Frenometro de rodillos pesados	13	12	17	20	19	20	12	9	10	7	139
Detector de holguras	11	11	20	18	20	22	15	12	12	9	150
Medidor de alineación de ruedas al paso	14	13	16	17	21	21	11	10	7	6	136

Nota. La tabla muestra el tiempo en que el equipo está en mantenimiento o reparación desde noviembre 2021 a agosto 2022.

Tabla 31

Número de fallas de cada equipo

Equipos	N° de fallas											Total
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago		
Frenometro de rodillos pesados	4	5	5	7	6	5	4	4	3	2	45	
Detector de holguras	3	4	6	6	5	4	5	4	4	3	44	
Medidor de alineación de ruedas al paso	5	4	5	7	6	5	4	3	2	2	43	

Nota. La tabla muestra el número de fallas de cada equipo desde noviembre 2021 a agosto 2022.

Tabla 32

Tiempo medio entre fallas – MTBF

Equipos	Total de horas operativas	Total de tiempo de inactividad (hrs)	Total de fallas de cada equipo	MTBF	
Frenometro de rodillos pesados	1076	139	45	21	Horas
Detector de holguras	1076	150	44	21	Horas
Medidor de alineación de ruedas al paso	1076	136	43	22	Horas

La Tabla 32 explica que el tiempo medio entre fallas del Frenómetro es de 21 horas, del detector de holguras de es de 21 horas y del medidor de alineación de ruedas al paso es de 22 horas. Es decir, el tiempo medio entre fallas es baja y aún se debe mejorar, mientras el MTBF sea más elevado el equipo es vuelve más fiable. El promedio del tiempo medio entre fallas de la línea mixta es de 21 horas y 15 minuto.

El tiempo medio entre fallas de ambas líneas es de **20 horas y 7 minutos**, esto explica que cada maquina crítica falla luego de ese tiempo calculado, por tanto, se debe de incrementar. Mientras el tiempo promedio entre fallas se más largo el equipo es más confiable.

Dimensión: Mantenibilidad de los equipos críticos

A continuación, se analizó el tiempo medio de reparación durante 10 meses seguidos (noviembre 2021 a agosto 2022), ya que en la práctica se ha observado que la capacidad de devolver a la maquina su funcionalidad es deficiente. Ante esta percepción, se procederá a evaluar el siguiente indicador mediante la siguiente formula:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de inactividad por reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

Es así que se efectuó el cálculo para cada equipo crítico, tanto de la línea combinada y mixta:

Tabla 33

Línea combinada

Equipo	Tiempo de inactividad por reparación (horas)	Numero de fallas	Mantenibilidad
Frenómetro de rodillos livianos	158	51	3 horas/falla
Banco de pruebas de suspensiones	132	47	3 horas/falla
Detector de holguras	148	44	3 horas/falla
Medidor de alineación de ruedas al paso	135	37	4 horas/falla

Figura 24

Operaciones en la línea combinada



El promedio del tiempo medio de reparación de la línea combinada es de 3 horas.

Tabla 34

Línea mixta

Equipo	Tiempo de inactividad por reparación (horas)	Numero de fallas	Mantenibilidad
Frenómetro de rodillos pesados	139	45	3
Detector de holguras	150	44	3
Medidor de alineación de ruedas al paso	136	47	3

Figura 25

Operaciones en la línea mixta



De igual forma el promedio del tiempo medio de reparación de la línea mixta es de 3 horas.

El tiempo medio de reparación de ambas líneas es de **3 horas**, es decir, ese es el tiempo en promedio que demora la corrección de una falla para que el equipo crítico vuelva a su funcionamiento normal para lo cual ha sido diseñado.

Dimensión: Disponibilidad de equipos críticos

En la siguiente tabla se presenta la disponibilidad actual de cada uno de los equipos críticos, tanto de la línea combinada como de la línea mixta de la empresa ORTEV S.A.C. Este análisis se inició a partir de los indicadores de mantenibilidad (MTTR) y confiabilidad (MTBF) calculados anteriormente.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF} \times 100}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

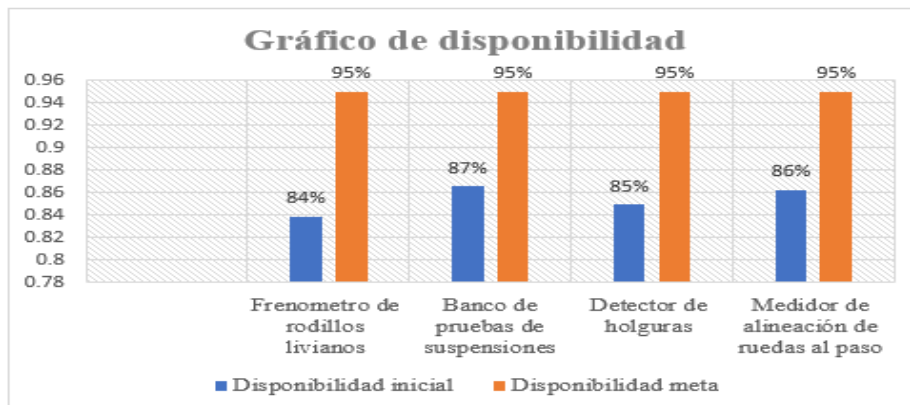
Tabla 35

Línea combinada

Equipos críticos	MTBF	MTTR
Frenometro de rodillos livianos	16	3
Banco de pruebas de suspensiones	18	3
Detector de holguras	19	3
Medidor de alineación de ruedas al paso	23	4

Figura 26

Disponibilidad de equipos críticos



La Figura 26 muestra que el Frenómetro de rodillos livianos tiene una disponibilidad de 84%, el banco de pruebas de suspensiones de 87%, el detector de holguras de 85% y el medidor de alineación de ruedas al paso de 86%. Con un promedio de 86% entre los cuatro equipos.

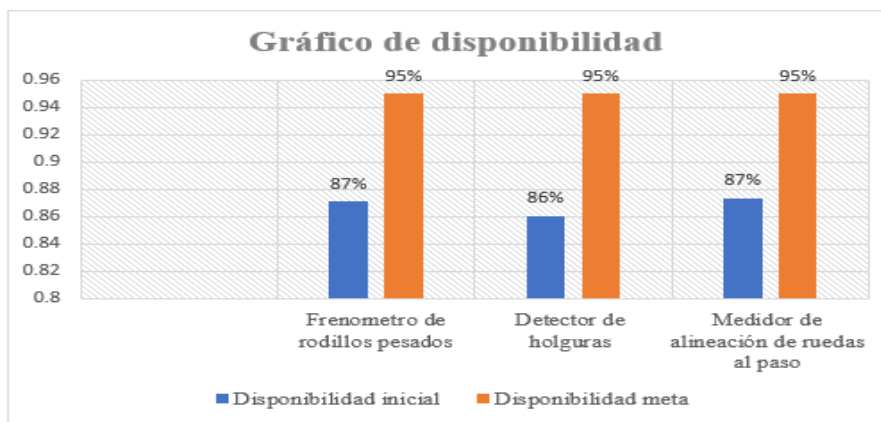
Tabla 36

Línea mixta

Equipos	MTBF	MTTR
Frenómetro de rodillos pesados	21	3
Detector de holguras	21	3
Medidor de alineación de ruedas al paso	22	3

Figura 27

Disponibilidad de los equipos críticos



La Figura 27 muestra que el Frenómetro de rodillos pesados tiene una disponibilidad de 87%, el detector de holguras de 86% y del medidor de alineación de ruedas al paso de 87%. Con un promedio de 87% entre los 3 equipos críticos.

El promedio de disponibilidad para las dos líneas es de **87.6%**, lo cual explica que la disponibilidad es baja, por lo que se requiere mejorar para cumplir con lo establecido por la empresa que es como mínimo tener una disponibilidad del 95%.

3.1.6. Pérdidas registradas en la empresa ORTEV SAC por paradas en equipos

Tras efectuar el diagnóstico de la gestión de mantenimiento de la empresa, se efectuó la consulta con el área administrativa y contable sobre las pérdidas incurridas por paradas de equipos, con ello se muestra la siguiente información:

Tabla 37
Pérdidas por fallas en ambas líneas (combinada y mixta) de inspección vehicular

Estructura de costos extras			
Pérdidas por fallas en líneas, mixta y combinada			
Periodo, noviembre 2021 - agosto 2022			
Concepto	Cantidad	C. Unitario (S/)	Costo total (S/)
Mano de obra extra			
Horas extras de operarios	1100 horas	9.20	10120.00
Personal externo	4 consultorías	4500.00	18000.00
Materiales			
Cadena de Frenómetro	7	190.00	1330.00
Amortiguadores de rodillos	9	278.40	2505.60
Rodajes	25	120.00	3000.00
Maguera	20	49.90	998.00
Pistas de ejes deslizante	5	347.80	1739.00
Billa de acero	56	39.90	2234.40
Termostato	6	249.40	1496.40
Faja de alternador	8	301.00	2408.00
Herramientas	55	39.9	2194.50
Servicios			
Pago extra de electricidad	1300 KW-hora	0.62 KW-hora	806.00
Penalizaciones			
Reprogramaciones de inspecciones	101	250.00	25250.00
Cancelaciones de inspecciones	45	845.00	38025.00
Total (S/)			110106.90

Nota. Datos de la empresa ORTEV, noviembre 2021 – agosto 2022 (Anexo 10).

Como se observa en la Tabla 37 las pérdidas totales en los meses de muestreo (10 meses) llegaron a un total de S/ 110 106.90, costo que perjudica la rentabilidad de la empresa ORTEV SAC.

3.1.7. Resumen de los resultados del diagnóstico

Según los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial, se procedió a presentar la siguiente tabla resumen según la operacionalización de las variables:

Tabla 38

Resultados del diagnóstico

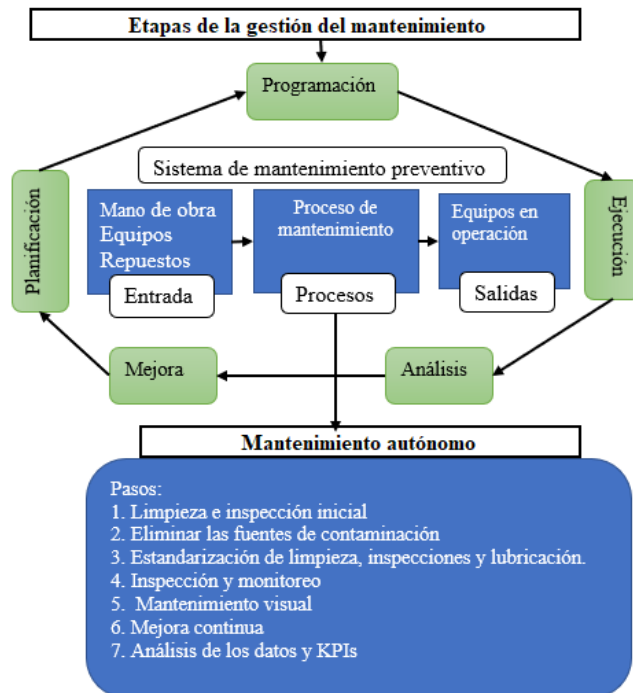
Variables	Dimensiones	Indicadores	Resultados	Pérdidas (S/)
Sistemas de gestión de mantenimiento preventivo	Procesos	Porcentaje de cumplimiento de los procesos	70.00%	110106.90
	Planificar	Nº de horas de mantenimiento programado	6 horas	
	Operatividad de los equipos	Porcentaje de operatividad de los equipos	60.00%	
	Utilización de los equipos críticos	Porcentaje de utilización de los equipos	86.00%	
Disponibilidad	Reparaciones correctivas de los equipos críticos	Tiempo muerto (horas)	142 horas y 30 minutos	
	Fiabilidad de equipos los equipos críticos	Tiempo (horas) medio entre fallas (MTBF)	20 horas y 7 minutos	
	Mantenibilidad de los equipos críticos	Tiempo (horas) medio de reparación (MTTR)	3 horas	
	Disponibilidad de los equipos críticos	Porcentaje de disponibilidad	87.60%	

3.2. Diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo

Efectuado el diagnóstico inicial se encontró deficiencias en la gestión del mantenimiento de la empresa ORTEV SAC, lo que generaba una baja disponibilidad de los equipos, ante ello, se optó por diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo identificando anticipadamente el proceso de las inspecciones técnicas y las características del sistema productivo, además, se evaluó y analizo en qué estado se encuentran los equipos, dado esto se presenta el siguiente diseño:

Figura 28

Sistema de gestión de mantenimiento preventivo



La Figura 28 muestra los siguientes pasos para su implementación:

- Planificación, elaboración de estrategias de mantenimiento, inspeccionar equipos, verificar repuestos y preparar la mano de obra.
- Programación, estructuración de un plan de mantenimiento en función a un cronograma de ejecución.
- Ejecución, desarrollo del plan de gestión del mantenimiento preventivo.
- Análisis, evaluación del estado de los equipos y de su disponibilidad.
- Mejora, aplicación del mantenimiento autónomo y control de equipos con baja disponibilidad.

Objetivos del diseño

- Controlar, optimizar y mejorar los procesos de mantenimiento.
- Maximizar el servicio a través del incremento de la disponibilidad de los activos.

- Aumentar la calidad de servicio de inspección técnica vehiculares a través del buen estado de los equipos, es decir, sin paros en el servicio.
- Extender la vida útil de los equipos críticos de planta minimizando su deterioro.
- Mejorar la fiabilidad, disponibilidad y mantenimiento.

Alcance del diseño

El sistema de la gestión de mantenimiento preventivo involucra al personal encargado del mantenimiento de los equipos de planta, por ende, se les explicará cuáles son los objetivos de este diseño, y a que resultados se quiere llegar en los equipos críticos.

Difusión del diseño

Una vez presentado el diseño al personal de mantenimiento, es necesario también difundir del mismo modo a toda la empresa a través de una reunión o comunicado, en ello, participarán la certificadora, la encargada de caja, administración y almacén, ya que, estas áreas también son afectadas por la aglomeración de movilidades cuando se presenta alguna falla imprevista.

Políticas del diseño

- La gerencia de mantenimiento debe velar por la mejora continua y la evaluación periódica del diseño del sistema de mantenimiento.
- La gerencia de mantenimiento debe garantizar la fiabilidad e integridad del equipo a través de todo su ciclo de vida en una gestión óptima.
- La gerencia de mantenimiento debe asegurar que los proveedores de repuestos y materiales cumplan con esta política.
- La gerencia de mantenimiento debe asegurar que las actividades de mantenimiento estén alineados a la gestión de activos.

- El mantenimiento preventivo implica la limpieza física interna y externa de los equipos de inspección técnica.
- Las actividades que se realizan durante el mantenimiento preventivo a los equipos de inspección técnica deberán ser programadas en fechas de tal manera que no afecten al servicio de inspecciones técnicas.
- Las actualizaciones del diseño de mantenimiento, se deberá de realizar por lo menos una vez al año.
- Las fechas para realizar el mantenimiento preventivo a los equipos, será definido en equipo, tomando en cuenta las cargas de trabajo, tanto en la administración como en planta.
- Los equipos que ingresan a mantenimiento deberán quedar instalados de igual manera a como estaba antes del mantenimiento, asegurando su correcto funcionamiento.
- Toda tarea desarrollada durante el proceso de mantenimiento preventivo a los equipos de inspección será supervisada.
- El gerente de mantenimiento junto al nuevo jefe de mantenimiento, definirán los equipos y tiempos para el desarrollo del mantenimiento programado.
- Los operarios de los equipos deben ser responsables de la conservación y mantenimiento de los activos.
- Cualquier falla que se presente de inmediato será reportada a la gerencia de mantenimiento.

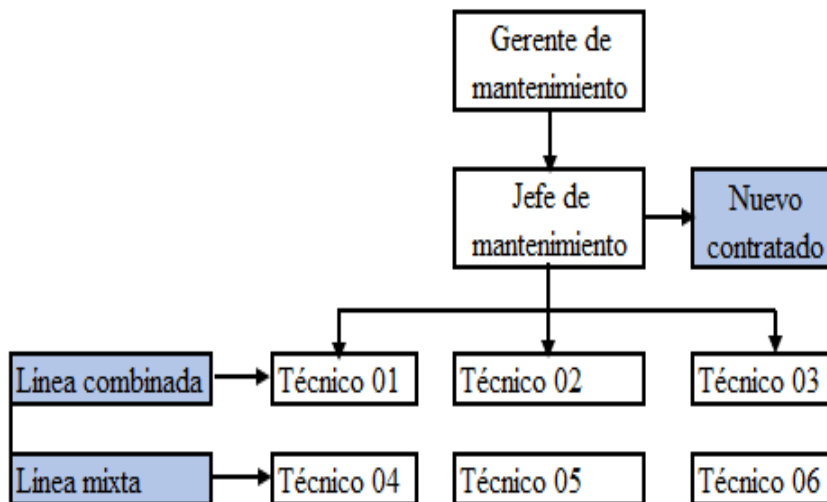
3.2.1. Implementación de un departamento de mantenimiento

A continuación, se detalla el nuevo organigrama del personal encargado del mantenimiento para los equipos de la línea combinada y mixta. Empezando por el gerente de mantenimiento que estará a cargo el ingeniero mecánico por su trayectoria y experiencia

en el rubro, posteriormente el jefe de mantenimiento que será un nuevo contratado, el mismo que tendrá como función diagnosticar las fallas en los equipos y dar soluciones inmediatas, y los tres técnicos por cada línea que cumplirán indicaciones del jefe del mantenimiento en caso de que las averías no sean simples.

Figura 29

Área de mantenimiento



Según el organigrama, se presentan las siguientes fichas de funciones:

Tabla 39

Gerente de mantenimiento

Empresa	ORTEV SAC	Código	F-01
Proceso	Gestión del mantenimiento	Fecha	12/12/2022
Responsable	Gerente de mantenimiento	Grado	Ing. Mecánico

Objetivo:

Definir y planificar las políticas del mantenimiento, con el propósito de mejorar el modelo de mantenimiento preventivo

Actividades:

- . Contratación y capacitación del personal técnico.
- . Supervisión y constatación del cumplimiento de los procesos de mantenimiento.
- . Administración de la carga laboral.
- . Revisión de solicitudes de reparación y emisión de órdenes de trabajo.
- . Garantiza condiciones de trabajo.
- . Elaboración de planes de criticidad de los equipos en base a los cambios climáticos.
- . Establecimiento y medición de los indicadores KPI de mantenimiento.

Entradas

Salidas

<ul style="list-style-type: none"> . Informes de mantenimiento. . Registros del personal. . Solicitudes de mantenimiento. . Registros de desempeño. 	<ul style="list-style-type: none"> . Informe de aceptación de mantenimiento. . Acta de plan de acción ante criticidad. . Registro de capacitación del personal.
---	--

Indicadores:

- . % Metas alcanzadas de la gestión.
- . % Mejoras en la gestión.

Tabla 40

Jefe de mantenimiento

Empresa	ORTEV SAC	Código	F-02
Proceso	Gestión del mantenimiento	Fecha	12/12/2022
Responsable	Jefe de mantenimiento	Grado	Técnico Especializado

Objetivo:

Diagnosticar las fallas de los equipos y fiscalizar el trabajo de los técnicos a su cargo.

Actividades:

- . Responsable de la formación del personal bajo sus órdenes.
- . Elaboración de solicitudes del presupuesto y pedidos de repuestos, materiales, insumos y herramientas que se necesiten.
- . Administración del uso adecuado de las herramientas a utilizar.
- . Recepción e interpretación de los procesos y programas de mantenimiento.
- . Supervisión de que el personal técnico cuente con sus respectivos EPP'S.

Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> . Formatos de inspección. . Registros del personal. . Formatos de equipos y repuestos disponibles. 	<ul style="list-style-type: none"> . Informe de disponibilidad de equipos. . Solicitud de requerimientos. . Registro de acciones correctivas. . Reporte del personal.

Indicadores:

- . % Equipos críticos.
 - . % Personal deficiente.
-

Tabla 41

Técnicos de mantenimiento

Empresa	ORTEV SAC	Código	F-03
Proceso	Gestión del mantenimiento	Fecha	12/12/2022
Responsable	Jefe de mantenimiento	Grado	Técnico Mecánico

Objetivo:

Efectuar las labores de mantenimiento preventivo en los equipos para incrementar la disponibilidad y evitar las paradas en el proceso de inspección técnica vehicular.

Actividades:

- . Montaje y desmontaje de los componentes con instrucciones del jefe de mantenimiento.
- . Conservación y limpieza de los equipos.
- . Revisión y comprobación de los sistemas y subsistemas de los equipos.
- . Comprobación de los niveles de líquido.
- . Inspección del estado de las mangueras de presión de líquido.
- . Inspección del estado de mangueras de presión de aire.
- . Inspección del estado de los cableados.

Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> . Equipos del área de inspección. . Registros de equipos deficientes. . Registros de repuestos. . Manual del fabricante. 	<ul style="list-style-type: none"> . Equipos inspeccionados. . Registro de mantenimiento preventivo de los equipos. . Informe de repuestos faltantes.

Indicadores:

- . % Equipos inspeccionados.
- . % Equipos con mantenimiento preventivo.
- . % Tiempo empleado en el mantenimiento preventivo de equipos.

Los formatos mostrados serán agregados al manual de funciones de la empresa para que sirva como guía al momento de efectuar las actividades de mantenimiento preventivo.

3.2.2. Desarrollo de las etapas de la gestión del mantenimiento

A. Planificación

Se refiere en hacer todos los requerimientos necesarios para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento, es decir, determinar los repuestos, materiales y las herramientas adecuadas, además de su disponibilidad. Determina también el número de mantenedores para intervenir la falla y el tiempo requerido para solucionarlo. Todo parte evaluando y conociendo las necesidades de los activos que es lo que se debe hacer para garantizar su funcionalidad. Una vez que se cuenta con todos los elementos y recursos, recién se procede a programar las actividades. Por tanto, una buena planificación usa eficientemente los recursos de mantenimiento, por ello, es muy importante diseñar un formato de planificación para plasmar todo lo que se necesita, tal y como se muestra a continuación:

Figura 30

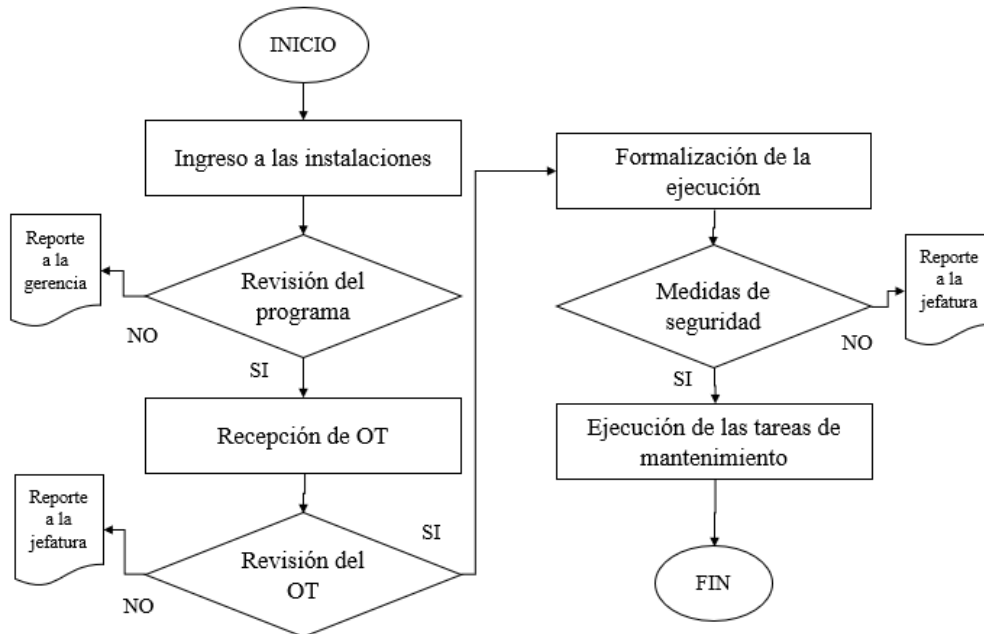
Planificación

ORTEV S.A.C		Planificación del mantenimiento	N°.....
Técnicos asignados:			
Técnico 01.....		Técnico 02	
Equipo:			
Marca	Modelo	Serie	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Descripción de la falla o necesidad del equipo			
Descripción de la tarea a desarrollar		Tiempo estimado	
Falla en sistemas			
Neumática <input type="checkbox"/>	Hidráulica <input type="checkbox"/>	Eléctrica <input type="checkbox"/>	
Tipo de mantenimiento			
Mantenimiento preventivo <input type="checkbox"/>	Mantenimiento correctivo <input type="checkbox"/>		
Requerimiento			
Herramientas	Materiales	Repuestos	
Elaborado por:		Revisado por:	
..... Firma Firma	

otra parte, la descripción de la tarea a realizar, así como también las medidas de seguridad para prevenir accidentes durante la ejecución de tareas.

Figura 35

Diagrama de flujo de la ejecución



La figura 35 muestra la secuencia de actividades de la etapa de ejecución tomando en cuenta que actualmente la empresa no tiene un flujograma de esta fase, de esta forma se estandarizará el proceso de ejecución de las tareas de mantenimiento, para ello se sigue la siguiente secuencia:

- Ingreso a las instalaciones del área de inspección técnica vehicular para el reconocimiento del área de trabajo.
- Revisión del programa de mantenimiento, con esta nueva actividad se verificará la conformidad del programa, de ser así se continua con la revisión de la OT, caso contrario se efectúa el reporte a la gerencia para subsanar el programa y empezar con la ejecución.
- Con la OT recibida se procede a su revisión para ver el tipo de equipos a inspeccionar, esta actividad se ha agregado con el fin de poder verificar el

tipo de órdenes de trabajo de mantenimiento y así estimar el tiempo de ejecución según el equipo a inspeccionar, de no haber una conformidad en la OT, ya sea por falta de información del (los) equipo (s), se remiten las observaciones a la jefatura del área, caso contrario se formaliza la ejecución del mantenimiento.

- Para la etapa de ejecución se efectuará un previo análisis de las medidas de seguridad ocupacional, de no presentarse las condiciones mínimas se reporta a la jefatura del área para su reprogramación, de estar conforme se ejecutan las tareas de mantenimiento.

Con las actividades descritas de la figura 35 se mejorará la ejecución del proceso de mantenimiento ya que se conocerán las actividades a realizar actualizando el programa de mantenimiento en caso de inconformidades. Además, se estructuró un formato para las órdenes de trabajo (OT):

Figura 36

Orden de trabajo

ORTEV S.A.C.		ORDEN DE TRABAJO		N°.....	
				Fecha:.....	
				Hora:.....	
Nombre del solicitante.....					
Equipo a intervenir:					
Tipo de trabajo				Mantenimiento	
Correctivo	Preventivo	Predictivo	Inspección	Interno	Externo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tipo de falla		Mecánica: <input type="checkbox"/>	Eléctrica <input type="checkbox"/>	Hidráulica <input type="checkbox"/>	
Descripción de la tarea de mantenimiento a realizar					
Medidas de seguridad					
Piezas utilizadas en el trabajo			Descripción de la falla o sintoma del equipo		
Cantidad	Descripción	Código			
Firma tec. asignado:		Fecha:	Firma del gerente:		Fecha:

Dado que el personal está expuesto a riesgos y peligros por la manipulación constante de equipos eléctricos, sustancias químicas, metales pesados, polvo, temperaturas elevadas, entre otros, es necesario incentivar el uso correcto de EPP'S en el área de inspección vehicular, ya que según la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, el empleador está en la obligación de proporcionar a sus trabajadores equipos de protección personal, según el tipo de trabajo y riesgos presentes en el desempeño de sus funciones.

Capacitaciones sobre el equipo de protección personal

Antes de usar los EPP'S en el área de trabajo, los técnicos deben ser capacitados sobre:

- Cuando es necesario el equipo de protección personal
- Qué tipo de EPP, es necesario para realizar dicho trabajo.
- Como se debe usar un EPP.
- Las limitaciones de los equipos de protección personal.
- El cuidado, el mantenimiento, la utilidad y la eliminación de los mismos.

D. Análisis y control

Se considera esta penúltima etapa como una de las más importantes porque permite analizar las acciones realizadas en el proceso de la gestión del mantenimiento e identificar oportunidades de mejora con el fin de alcanzar los objetivos planteados en el sistema. Por lo tanto, para facilitar este proceso es recomendable llevar a cabo auditorías externas de mantenimiento, el cual consiste en contratar un auditor externo para supervisar el trabajo del auditor interno y además analizar y evaluar la gestión eficaz del departamento del mantenimiento en las conservaciones de los equipos. Al concluir la auditoría externa, que

probablemente dure una semana, llegará a la empresa un informe de todos los hallazgos encontrados e indicando las recomendaciones para solucionar las inconformidades.

Figura 37

Auditoría externa de la gestión del mantenimiento

Formato de auditoría externa para evaluar la gestión del mantenimiento	
Fecha de inicio de la auditoría.....	
Fecha de culminación de la auditoría.....	
Fecha de presentación del informe.....	
Tipo de auditoría Externa o interna.....	
Duración de la auditoría	
Objetivo de la auditoría	
Análisis de la gestión del mantenimiento	
1. Plan de mantenimiento	Se analiza; efectividad, además de eso, como se ha diseñado, desarrollado e implementado esta etapa.
2. Herramientas empleadas	Se analiza calidad y estado de las herramientas para la ejecución de las actividades
3. Desempeño del personal de mantenimiento	Se evalúa el rendimiento del personal en sus funciones asignadas
4. Inventarios	Se evalúa si las piezas o otros elementos estaban disponibles al momento de solicitarlo
5. Programaciones	Se evalúa si se cumplieron las horas programadas y si el equipo estuvo disponible en la fecha solicitada
6. Seguridad e higiene	Se evalúa si no hubo accidentes durante la ejecución de tareas
Hallazgos de la auditoría	
Recomendaciones de mejora	
Nombre del Auditor:	Nombre del auditado:
_____	_____
Firma	Firma

E. Mejora

Esta etapa se centra en corregir algunos errores identificados en el proceso de gestión de mantenimiento gracias a las auditorías internas que se llevan a cabo por el propio personal comprometido en la conservación de activos. Particularmente a ello, también se corrigen errores por algunas recomendaciones del equipo o en base al cálculo de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, es decir, siempre y cuando se estén desviando de los objetivos, por ejemplo, no se aproximen a los parámetros establecidos por la empresa.

Figura 38

Auditoría interna de la gestión del mantenimiento

Formato de auditoría interna para evaluar la gestión del mantenimiento				
Fecha de inicio de la auditoría.....				
Fecha de culminación de la auditoría.....				
Fecha de presentación del informe.....				
Tipo de auditoría Interna.....				
Duración de la auditoría				
Objetivo de la auditoría				
Verificar las condiciones de los equipos y su rango de criticidad, para reportar la ejecución del mantenimiento correspondiente.				
Análisis de la gestión del mantenimiento			Cumplimiento	
			SI	NO
1. Plan de mantenimiento	Se analiza; efectividad, además de eso, como se ha diseñado, desarrollado e implementado esta etapa.			
2. Herramientas empleadas	Se analiza calidad y estado de las herramientas para la ejecución de las actividades			
3. Desempeño del personal de mantenimiento	Se evalúa el rendimiento del personal en sus funciones asignadas			
4. Inventarios	Se evalúa si las piezas o otros elementos estaban disponibles al momento de solicitarlo			
5. Programaciones	Se evalúa si se cumplieron las horas programadas y si el equipo estuvo disponible en la fecha solicitada			
6. Seguridad e higiene	Se evalúa si no hubo accidentes durante la ejecución de tareas			
Hallazgos de la auditoría				
Recomendaciones de mejora				
Nombre del Auditor:		Nombre del auditado:		
_____		_____		
Firma		Firma		

Con la aplicación de la auditoría interna, posteriormente, se efectuará un registro de las mejoras alcanzadas y determinar el cumplimiento, para ello se diseñó el siguiente formato:

Tabla 42

Registro de mejoras del mantenimiento

Empresa	ORTEV SAC		
Área	Inspección técnica vehicular		
Fecha:			
Responsable	Jefe de mantenimiento		
Línea Combinada	Mejoras del Mantenimiento		Observaciones
	SI	NO	
Frenómetro de rodillos livianos			

Banco de pruebas de suspensiones			
Detector de holguras			
Medidor de alineación de ruedas al paso			
Línea Mixta	Mejoras del Mantenimiento		Observaciones
	SI	NO	
Frenómetro de rodillos pesados			
Detector de holguras			
Medidor de alineación de ruedas al paso			
Índice de mejora			
Línea combinada			
Línea Mixta			
Mes			
Observaciones:			

3.2.3. Sistema de mantenimiento preventivo

El sistema de mantenimiento se verá afectado si alguno de sus factores no se evalúa poniendo en riesgo las etapas del mantenimiento preventivo generando que deje de ser efectivo, por eso es muy importante mantenerlo actualizado.

Entradas: En mantenimiento las entradas se consideran a las herramientas con que se va a trabajar, los materiales, la mano de obra disponible, repuestos, para lo cual se tiene que llevar un control, mediante un registro a partir de lo solicitado al responsable del área de almacén.

Figura 39

Registro de materiales, herramientas y repuestos

LISTA DE HERRAMIENTAS, MATERIALES Y REPUESTOS					
Descripción de la actividad		Fecha:			
.....					
Técnico que solicita:		N° de formato:			
Herramientas					
N°	Cantidades	Estado de herramientas			Observaciones
		Bueno	Regular	Malo	
1					
2					
4					
5					
Materiales					
N°	Cantidades	Observaciones			
1					
2					
3					
4					
5					
Repuestos					
N°	Cantidades	Observaciones			
1					
2					
3					
4					
5					
Elaborado por:		De conformidad por:			
Nombre:		Nombre:			
..... Firma Firma			

Posterior registro de materiales, herramientas y repuestos, se planteó la gestión de requerimiento de repuestos, el cual se presenta a continuación:

Gestión de requerimiento de repuestos

La finalidad de llevar a cabo una gestión de requerimiento de repuestos anticipado es para evitar que las maquinas se vuelvan inoperativas por cierto periodo de tiempo (un mes o dos), a falta de un mantenimiento preventivo o correctivo por la falta de repuestos en stock, esto sin duda afecta notablemente al servicio de inspecciones técnicas vehiculares, debido a que se tiene que actualizar, configurar las maquinas que anteriormente se han malogrado y que hoy ya se encuentran operativas. Por otro lado, esta propuesta no solo evitará que los equipos dejen de funcionar sino también ayudará a que los trabajos de mantenimiento sean más rápidos y oportunos. El área de almacén y el departamento de

mantenimiento trabajarán estrechamente de la mano para no quedarse desabastecidos con los repuestos.

Procesos: En mantenimiento los procesos se consideran al conjunto de actividades realizadas para llevar a cabo la corrección de una falla o cumplir con un mantenimiento programado, el cual pues se involucra a responsables de ejecución, recursos, repuestos y tiempo que demora un proceso. Así mismo, para evitar fallas imprevistas en los equipos de inspección técnica, además de reforzar el cuidado de los mismos, se plantea un diseño de mantenimiento autónomo para darle mayor formalidad a los procesos de mantenimiento.

Figura 40

Proceso de mantenimiento

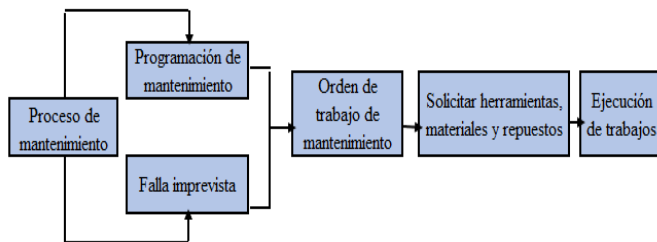


Figura 41

Control de procesos

ORTEV S.A.C. PROCEDEMIENTO DE REPARACIÓN Y CAMBIO DE PARTES N°			
Técnico asignado			
Tiempo de inicio			
Tiempo de termino			
Detalle del objetivo		Preventivo <input type="checkbox"/>	Correctivo <input type="checkbox"/>
Datos del equipo			
Equipo	Marca	Modelo	Serie
.....
Foto de la parte	Herramienta	Procedimiento	
.....	
Observaciones			
.....			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Firma y sello	Firma y sello	Firma y sello	

Salidas: Posterior al proceso de mantenimiento se registra los equipos en funcionamiento y las conformidades, para ello se presente el siguiente formato de registro de salidas de equipos con el mantenimiento efectuado:

Figura 42

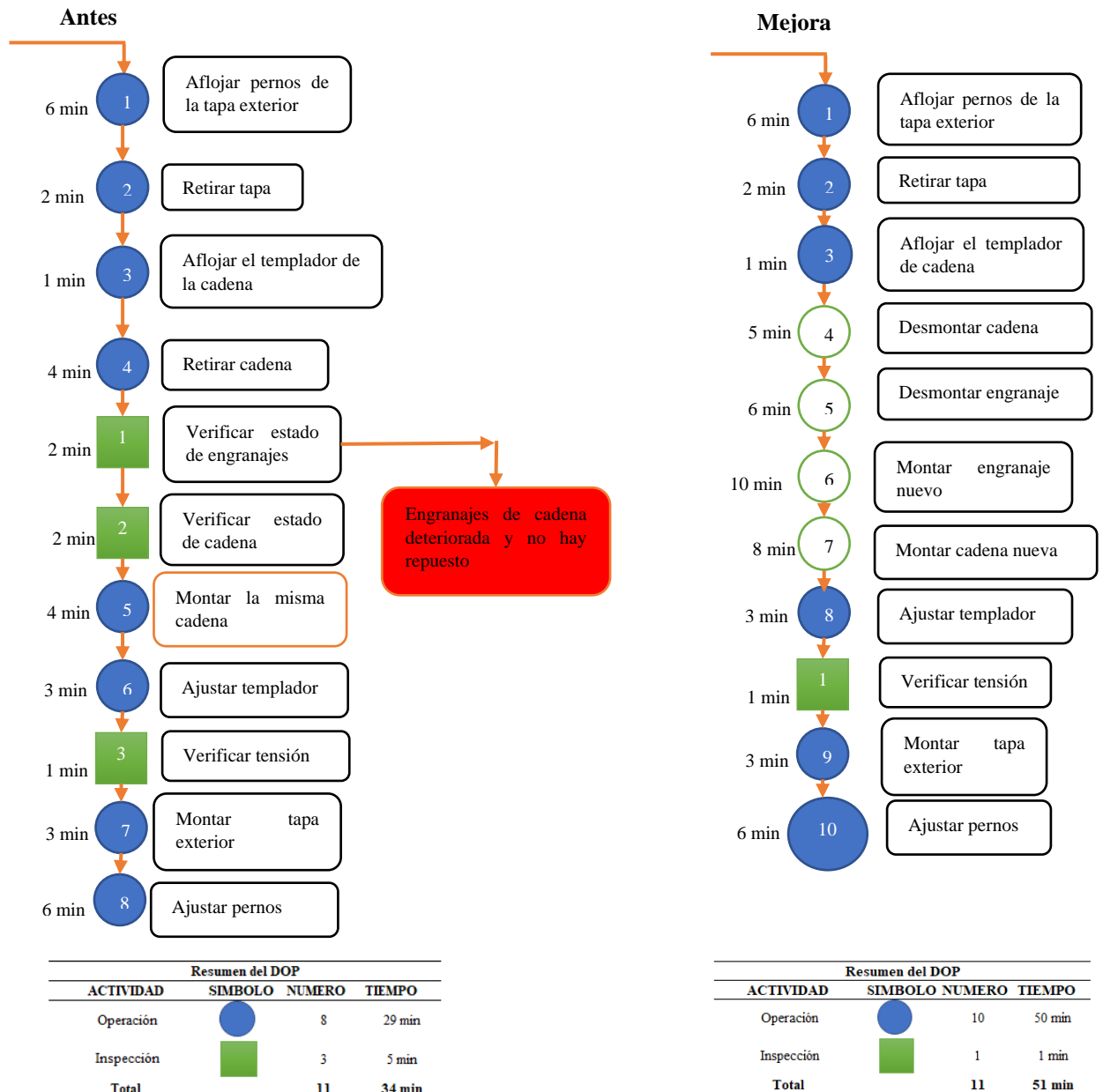
Registro de equipos en funcionamiento

ORTEV S.A.C.		Acta de recibimiento de equipo en funcionamiento		N°.....
Responsable del matto			
Fecha de entrega:			
Datos del equipo				
Equipo	Marca	Modelo	Serie	
Funcionamiento del equipo critico				
Conforme			No conforme	
Observaciones				
Recibido por: NombreFirma y sello		Reparado por:Firma y sello		

Como parte de la propuesta del sistema de mantenimiento preventivo, se planteó una mejora en la gestión de compras de herramientas para los trabajos de mantenimiento, ya que, contar con las herramientas adecuadas, disponibles y de buena calidad es vital para cumplir con los procesos de mantenimiento, además de eso, facilita y permite agilizar los trabajos haciendo efectivos los programas de mantenimientos, en relación a estos beneficios, se plantea a la Empresa gestionar la compra de nuevas herramientas o enviar a diseñar y fabricar herramientas que no hay en el mercado nacional. Dado esto se diseñaron flujogramas mejorados de las actividades referentes a los equipos críticos del área de estudio:

Figura 43

Frenómetro de rodillos, mejora del cambio de cadena – línea combinada y mixta

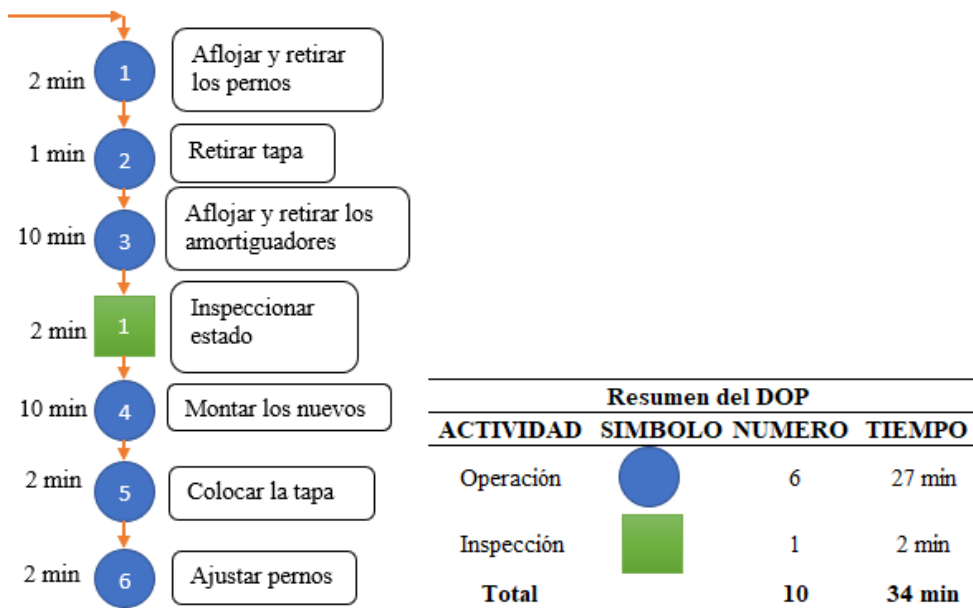


Como se observa en la Figura 43 se mejoró el proceso de cambio de la cadena del Frenómetro de rodillos para ambas líneas, que constó en el cambio del engranaje por uno nuevo y de esta forma optimizar el uso del equipo, todo ello se dará con la gestión de repuestos, ya que se efectuó la compra del engranaje faltante y se cambió conjuntamente con la cadena, de esta manera se mejora el proceso de mantenimiento, ya que en la actividad 4, el desmontaje de la cadena no implicará una demora por falta de repuestos,

agilizando la actividad del desmontaje del engranaje (5), luego el montaje del engranaje nuevo (6) y el montaje de la cadena nueva (7), de esta forma, con el cambio de la cadena del Frenómetro de rodillos de ambas líneas, se optimizará el uso del equipo. Es así que se aumentaron las actividades para mejorar la calidad del servicio de mantenimiento y del equipo, los tiempos mostrados fueron tiempos promedio en el que se ejecuta esta operación.

Figura 44

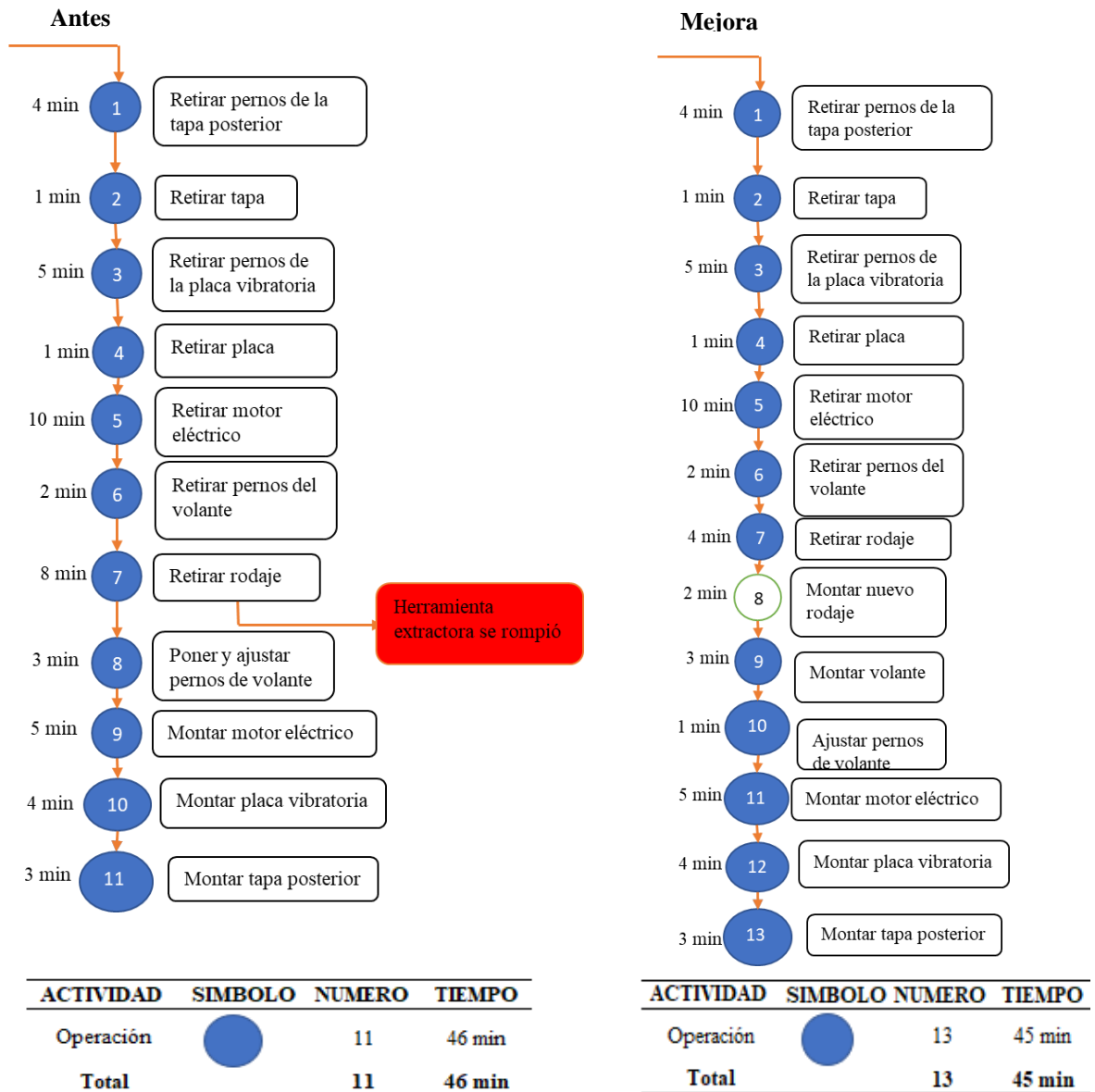
Frenómetro de rodillos, mejora del cambio de amortiguadores – línea combinada y mixta



Dado que, en el diagnóstico, este proceso no tubo demoras significativas, se conservó el mismo flujo de actividades.

Figura 45

Banco de pruebas de suspensión, mejora del cambio de rodaje – línea combinada y mixta



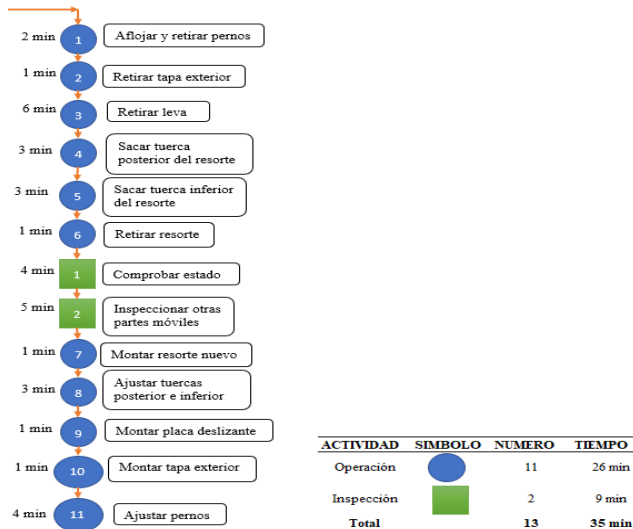
Nota. Cambio de rodaje.

Como se observa en la Figura 45, para este caso, dado que en el diagnóstico al retirar el rodaje se rompió la extractora, se propuso fabricar una nueva herramienta extractora, con esta herramienta se logró retirar el rodaje pendiente (7) aumentando las actividades del montaje del nuevo rodaje (8), luego montar el volante (9) y ajustar los pernos del volante (10), de esta manera ya no habrán averías y fallas al montar el motor eléctrico, la placa vibratoria y la tapa posterior del banco de pruebas, cumpliéndose con el

proceso de mantenimiento para el banco de pruebas de suspensiones en ambas líneas, además de ello se disminuyó en un minuto este proceso.

Figura 46

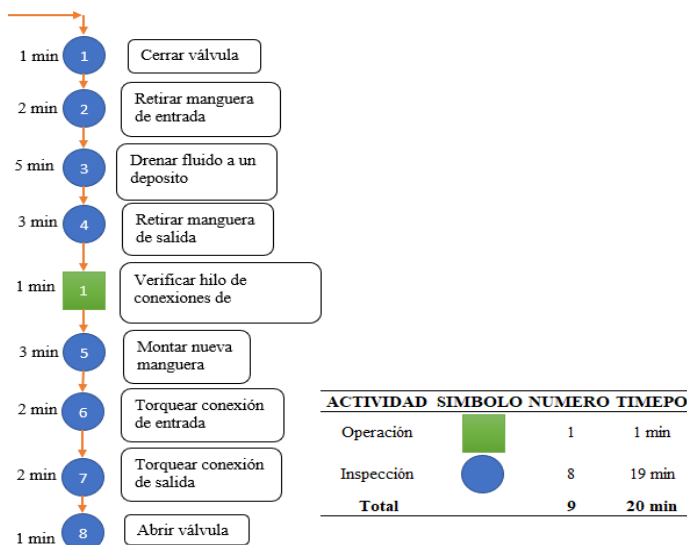
Banco de pruebas de suspensión, mejora del cambio de resorte – línea combinada y mixta



Dado que, en el diagnóstico, este proceso no tubo demoras significativas, se conservó el mismo flujo de actividades.

Figura 47

Detector de holguras, mejora del cambio de mangueras de presión hidráulica - Línea combinada y mixta

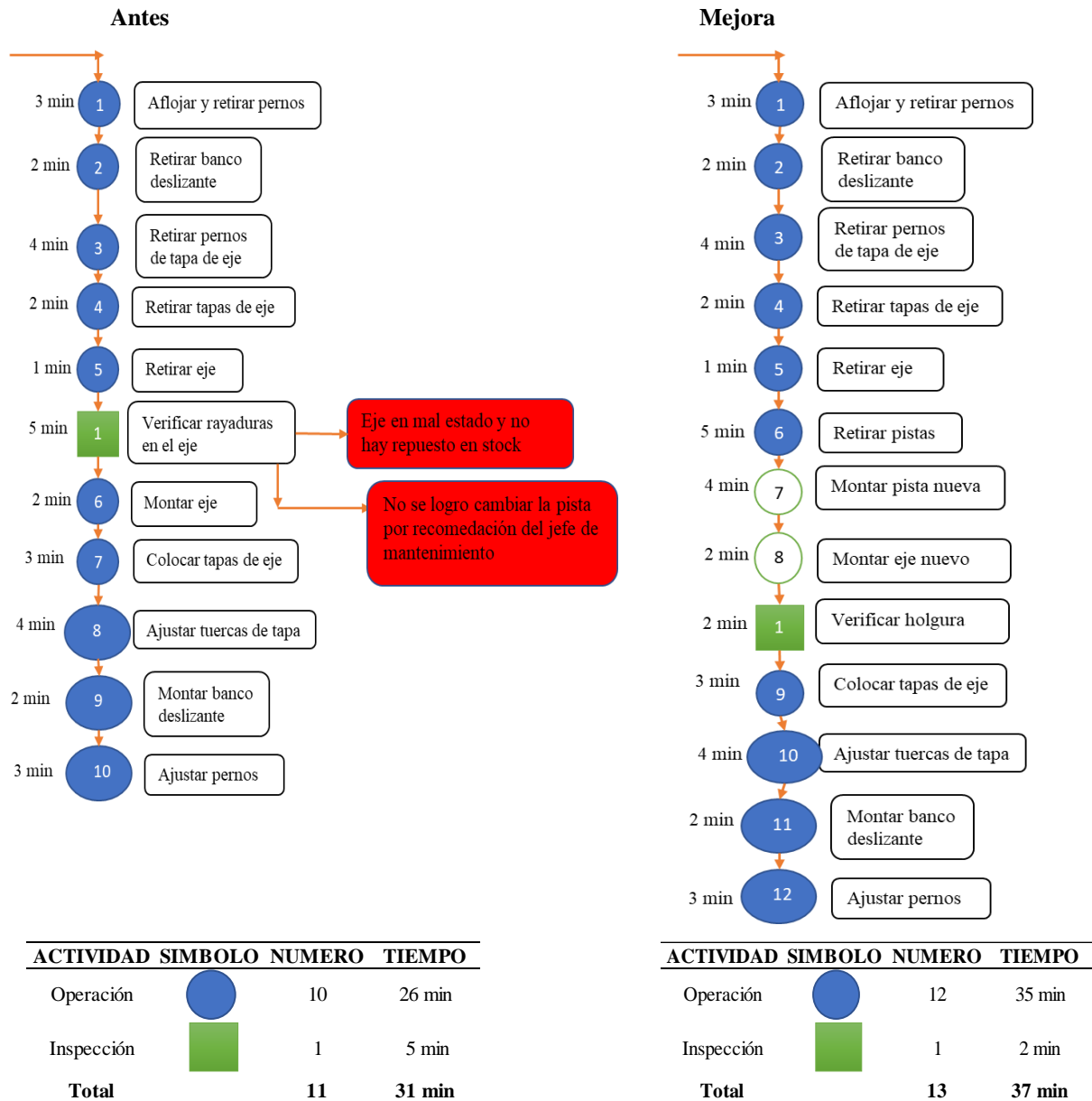


Nota. Cambio de manguera de presión hidráulica.

Dado que, en el diagnóstico, este proceso no tubo demoras significativas, se conservó el mismo flujo de actividades.

Figura 48

Detector de holguras, mejora del cambio de pista del eje deslizante – línea combinada y mixta

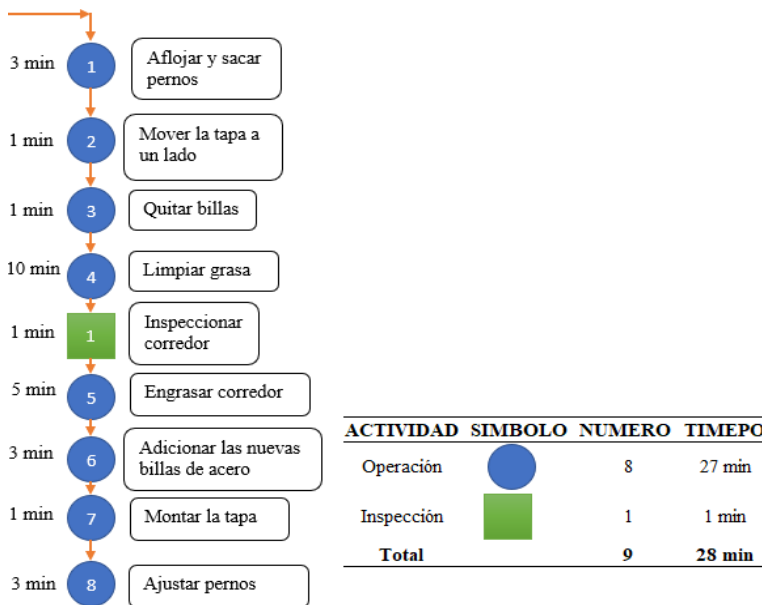


La Figura 48 muestra que, para mejorar el cambio de pista del eje deslizante, se agregaron actividades, luego con la gestión de repuestos se efectuó la adquisición del nuevo eje faltante del stock, así mismo, se procedió a remplazarlo junto con la pista

deslizante (actividades 5 y 6). Luego se agregó en el flujo del proceso, las actividades de montar pista nueva (7) y montar eje nuevo (8), dada la disponibilidad de los repuestos, de esta forma, se agilizó la verificación de la holgura y las etapas de colocar las tapas de eje (9) hasta la etapa del ajuste de pernos (12), cumpliendo con el proceso de mantenimiento de la pista del eje deslizante y mejorando la calidad de las actividades, por otra parte los tiempos indicados fueron estimados según el promedio de las ejecuciones de cada actividad.

Figura 49

Medidor de alineación de ruedas al paso, mejora del cambio de billas de acero – línea combinada y mixta

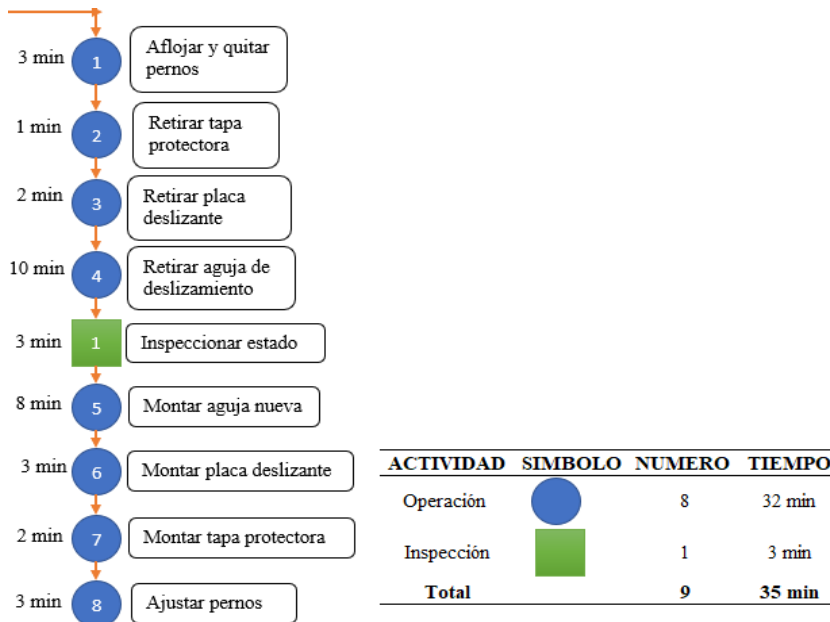


Nota. Cambio de billas de acero.

Dado que, en el diagnóstico, este proceso no tubo demoras significativas, se conservó el mismo flujo de actividades.

Figura 50

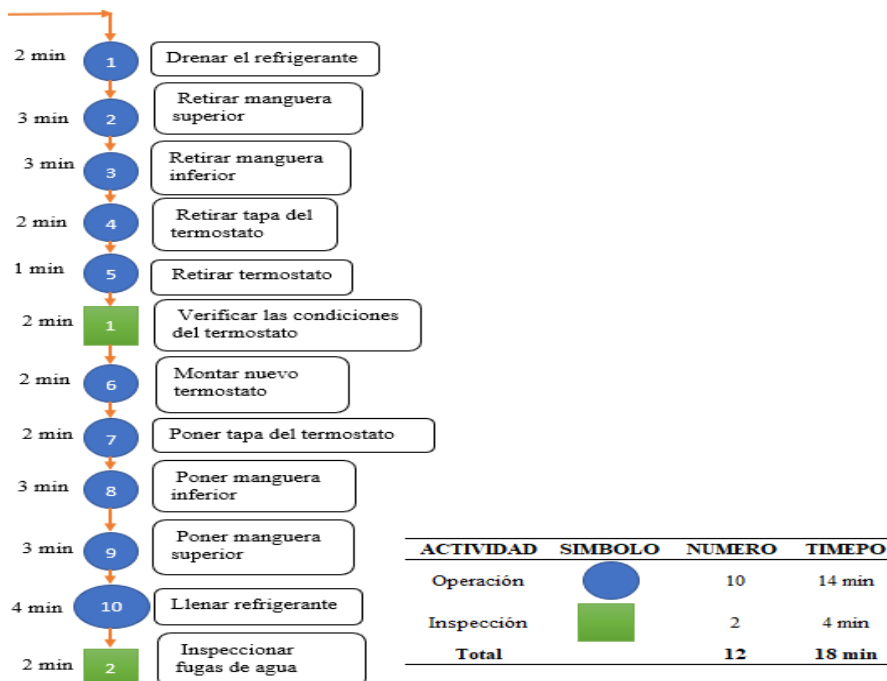
Medidor de alineación de ruedas al paso, mejora del cambio de aguja (sensor) – línea combinada y mixta



Dado que, en el diagnóstico, este proceso no tubo demoras significativas, se conservó el mismo flujo de actividades.

Figura 51

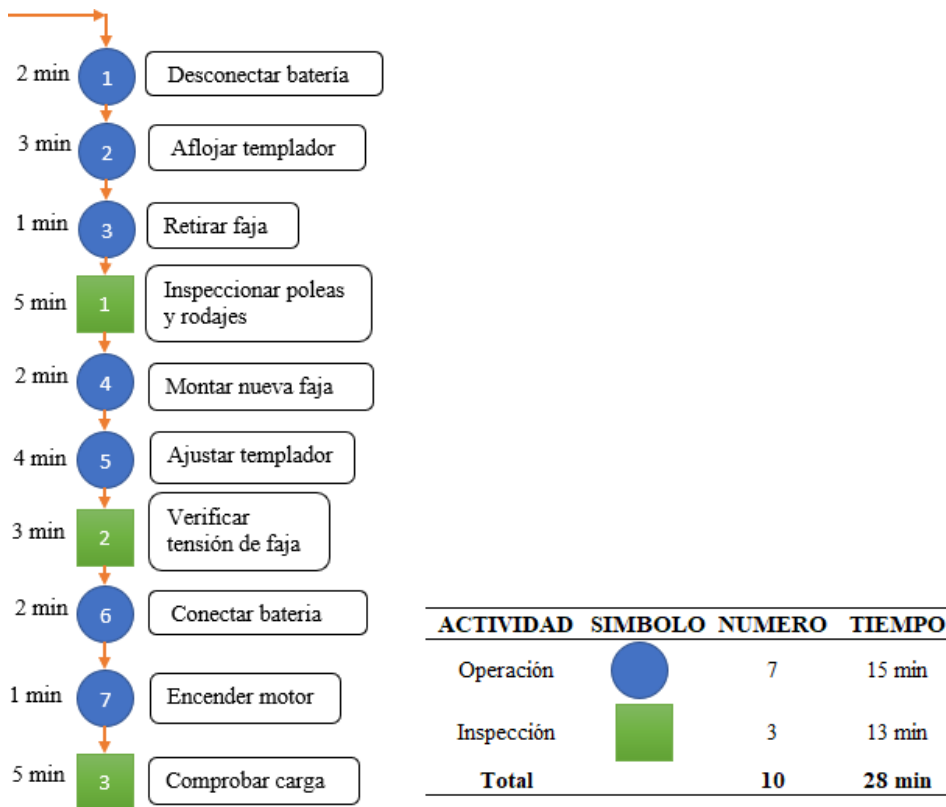
Grupo electrógeno – mejora del cambio de termostato



Dado que, en el diagnóstico, este proceso no tubo demoras significativas, se conservó el mismo flujo de actividades, además, con la implementación y equipamiento de los EPP'S para los trabajadores de planta, se minimizará los accidentes presentados en los trabajos de mantenimiento.

Figura 52

Grupo electrógeno, mejora del cambio de faja de alternador



Dado que, en el diagnóstico, este proceso no tubo demoras significativas, se conservó el mismo flujo de actividades.

Registro de almacén

El encargado del almacén debe registrar y reportar información de las salidas y entradas de repuestos y materiales. Es decir, elemento que se monta en el equipo, elemento que se solicita, de tal manera que el almacén no se quede desabastecido.

Registro de proveedores

Es muy importante tener un registro de proveedores para el mantenimiento anticipado o tal sea el caso para el mantenimiento correctivo, a fin de minimizar los tiempos de aprovisionamiento y evitar paradas prolongadas en los activos.

Políticas de requerimiento

El propósito de implementar políticas es básicamente para mejorar el proceso de gestión de requerimiento repuestos, y esto se consigue sin dejar de lado la parte técnica, administrativa y almacenamiento:

Las empresas proveedoras, garantizarán la adquisición de repuestos que deberán permanecer en stock, pero, además, los responsables del mantenimiento, reparación y almacén deberán asegurarse de que se generen las órdenes de compra.

- El responsable de almacenaje de repuestos guardará y custodiará una serie de características como la seguridad, la degradación, control de stock, etc.
- Los técnicos de mantenimiento deberán controlar el consumo de los repuestos, este trabajo permitirá calcular los costos de mantenimiento, elaborar presupuestos futuros, reponer los repuestos que se utilizan y que nuevamente se generen órdenes de compra para que permanezcan en stock.
- El almacenero deberá informar al ingeniero mecánico la obsolescencia de los repuestos implementando propuestas de mejora, y por otro lado que se asegure la disponibilidad en todo momento los componentes que se soliciten.

Los técnicos de mantenimiento deberán garantizar un stock permanente en función de los costos asociados a una falla imprevista por no tener un componente de repuesto disponible. Los técnicos de mantenimiento deberán elaborar y pronosticar un listado de

repuestos para tres años. Previo a la utilización de repuestos, el encargado de administrar el almacén debe de considerar posibles formas de ahorro teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Disminución de presupuestos en la compra de elementos implementando técnicas de mantenimiento, que incluyan mayor peso al mantenimiento preventivo.
- Analizar la posibilidad de adquirir algunos repuestos de otro proveedor o buscar alternativas como fabricar repuestos en talleres paralelos.
- Muchos repuestos no sufren un desgaste total, por lo que se recomienda la reconstrucción de piezas en tornos.
- La realización frecuente de inventarios permite conocer con precisión lo que se tiene y lo que no se tiene en almacén, esto evita altos costos, como el envío urgente de repuestos o la adquisición para máquinas que van a hacer retiradas del servicio del proceso de inspección técnica.

Los responsables del almacén deberán elaborar un listado de la rotación de repuestos de cada equipo crítico y electrónico. Los responsables del almacén deberán de detectar los repuestos obsoletos utilizando las siguientes vías:

- Adquirir nuevos equipos que sustituyan a otra, debe retirarse de la planta no solo el equipo sustituido sino también todos sus repuestos que están en el inventario.
- Se debe de llevar a cabo inventario periódico a fin de identificar los repuestos obsoletos en los almacenes.
- Venderlo como chatarra
- Informar al encargado de contabilidad de la empresa para que tenga en cuenta la pérdida asociada a la depreciación de los repuestos obsoletos.

3.2.4. Propuesta de diseño del mantenimiento autónomo

A fin de incrementar la disponibilidad de los equipos de las inspecciones técnicas vehiculares, se plantea a la empresa implementar uno de los 8 pilares del mantenimiento productivo total (TPM), que es el mantenimiento autónomo. Esto consiste en que todos los trabajadores de la planta estén involucrados en la conservación de los equipos, ya que tienen contacto directo con la maquinaria. Para ello se presenta la siguiente secuencia:

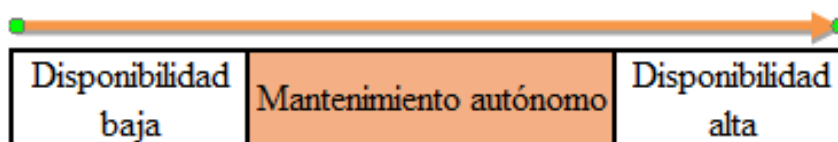
Primero: Se explicó al administrador y al ingeniero mecánico lo beneficioso que es implementar un mantenimiento autónomo, a fin de contar con su compromiso y asegurarse con el involucramiento de todo el personal de la planta.

Segundo: En un dialogo con el administrador y gerente de la Empresa ORTEV S.A.C., se acordó contratar un experto en el tema propuesto, con el único propósito de capacitar y entrenar a todo el personal que labora en el proceso de inspecciones técnicas y la preservación de los equipos de planta.

Tercero: Se plantea comprar una **pistola engrasadora y una aceitera** para cada uno de los técnicos, para lubricar los componentes móviles de los equipos de inspección técnica.

Figura 53

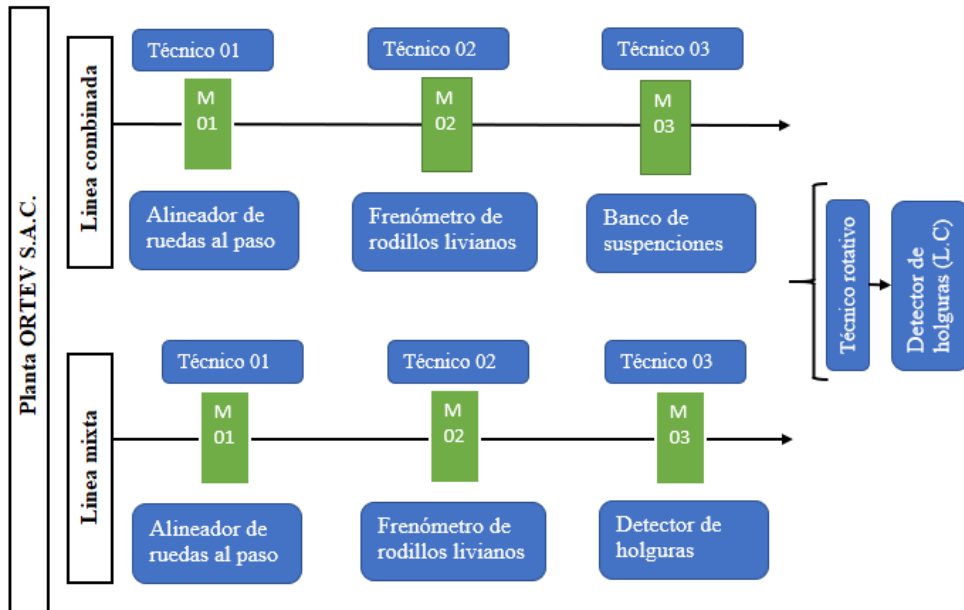
Finalidad del mantenimiento autónomo



Además, se estructuró la asignación de equipos en el siguiente esquema:

Figura 54

Asignación de equipos a los operarios de planta



La Figura 54 muestra la responsabilidad de los técnicos para la conservación y preservación de los equipos. Es decir, los técnicos homologados por el Ministerio y Transportes y Comunicaciones (MTC) que tienen como función inspeccionar las condiciones actuales de los vehículos, ahora también asumirán el compromiso de velar por el buen funcionamiento y mantenimiento de cada equipo crítico, por ende, se les tiene que capacitar a fin se incremente su conocimiento para que puedan descubrir y corregir anomalías con facilidad.

El MTC obliga a las Empresas inspectoras que cada línea tenga tres técnicos en sus respectivos módulos (M), y de ahí se le asigne a cada técnico su equipo crítico.

Desarrollo del mantenimiento autónomo

Este mantenimiento está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los técnicos de la planta desde los módulos y su configuración a los equipos críticos que operan, lo cual incluye limpieza, inspección, lubricación, intervenciones, soluciones a problemas por averías, por último, hasta investigaciones sobre

posibles mejoras que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones posibles de funcionamiento. Ante ello se plantea las siguientes fases:

Fase I: Limpieza e inspección inicial

En esta primera fase, luego de ser entrenados y capacitados, los responsables de cada equipo empezarán a realizar tareas de limpieza que incluye la eliminación de residuos de aceite, polvo, suciedad y otros residuos. El acto de tocar el equipo y moverse alrededor de él, ayuda a identificar anomalías; fugas de aceite, tornillos sueltos, grietas, holguras, vibraciones, desgastes, contaminación, sonidos u olores extraños y sobrecalentamiento.

Para registrar estas mismas, se plantea diseñar un documento denominado tabla de anomalías que sirve para anotar los tiempos que demora las correcciones de los posibles desperfectos, sus posibles causas y registrar el total de anomalías presentes en los equipos. Este registro, permitirá controlar las anomalías y evitar paros no deseados en el proceso de inspección técnica.

Tabla 43

Anormalidades del Frenómetro de rodillos (Línea combinada y mixta)

Equipo: Frenómetro de rodillos (livianos y pesados)		Tabla de anomalías		
Nº	Anormalidad	Causas	Acción correctiva	Tiempo (min)
1	Motor no funciona	Fuente de alimentación anormal	Compruebe el cable de alimentación	4 min
		Fusible de aire roto o interruptor de emergencia presionado	Cambie el fusible relativo, suelte el interruptor	5 min
2	Motor sigue funcionando	Distancia demasiado grande entre el sensor de distancia y el tercer eje	Ajuste la distancia de 2.5 a 3 mm	15 min
		El cable del sensor no se conecta correctamente	Verifique el cable del sensor	8 min
		Sensor de distancia dañado	Cambiar el sensor	18 min
3	Ruido en el probador	El asiento del sensor no está en contacto con la bola de acero	Ajuste el tornillo para ponerse en contacto con la bola de acero	15 min
4			Ajustar el tornillo	7 min

Error inaceptable en el resultado	El tronillo del sensor no está apretado		
	El asiento del sensor no está en contacto con la bola de acero	Ajuste el tornillo para ponerse en contacto con la bola de acero	6 min
	La fase de alimentación del motor está en orden incorrecto	Corregir la conexión	5 min

Tabla 44

Anormalidades del banco de suspensiones (Línea combinada y mixta)

Equipo: Banco de pruebas de suspensiones			Tabla de anomalías	
N°	Anormalidad	Causas	Acción correctiva	Tiempo (min)
1	Gran ruido del probador de suspensión	Pernos de la placa vibradora sueltos	Ajuste de los pernos	5 min
		El tornillo de sensor no está apretado	Revisar y apretar el tornillo	4 min
2	Carga de rueda incorrecta en el probador de suspensión	Anillo de goma del eje dañado	Cambiar el anillo	12 min
		El tornillo del sensor no está apretado	Revisar y apretar el tornillo	6 min
3	Gran ruido de la suspensión TESTER	Sensor dañado	Revisar y cambiar sensor	15 min
		La presión no puede dispararse en el sensor de peso en promedio	Ajustar el asiento - Tornillo del sensor	12 min
		El tornillo de la placa vibratoria no se mantiene apretado	Comprobar y apretar el tornillo	10 min

Tabla 45

Anormalidades del medidor de alineación de ruedas al paso (línea combinada y mixta)

Equipo: Medidor de alineación de ruedas al paso			Tabla de anomalías	
N°	Anormalidad	Causas	Acción correctiva	Tiempo (min)
1	El indicador muestra "000"	El voltaje del amplificador del sensor se mantiene sin cambios	Compruebe si el cable de señal entre el sensor y el indicador es bueno o no.	4 min
		El medidor comienza a mostrarse, pero no muestra "00"	Ajuste la posición "cero" del sensor de desplazamiento	9 min
2	cuando se posiciona la placa deslizante.	¿La placa deslizante puede volver a su posición anterior?	Verifique el vástago oscilante y el resorte compensador, limpie el poste principal del sensor y agregue aceite lubricante.	6 min

3	La placa deslizante no puede volver a su posición anterior con normalidad	Algunos objetos están en el camino deslizante	Limpie la vía de deslizamiento	3 min
		El resorte de reposición está demasiado flojo y la fuerza de tracción no es fuerte	Ajuste o reemplace el resorte de reposición	5 min
		El dispositivo de bloqueo no se liberó totalmente	Compruebe y suelte el dispositivo de bloqueo	7 min
		El intervalo del carril límite es demasiado pequeño.	Compruebe y ajuste el intervalo	11 min
		La abrasión de la guía deslizante y la bola de acero esta mordida.	Revise y reemplace la guía deslizante y la bola de acero	10 min
		EL sensor de repuesto o el cable conductor están rotos	Compruebe la conexión y señal de los cables	8 min
4	El indicador no podía mostrarse normalmente	El enchufe de la placa de control tiene una mala conexión	Compruebe la conexión en los enchufes.	4 min
		El intervalo de la forma deslizada es demasiado grande	Ajuste el intervalo	6 min
		El terminal de contacto del sensor está suelto	Comprobar y atornillar el terminal de contacto del sensor	8 min
		¿Se a conectado la fuente de alimentación?	Compruebe la conexión de la fuente de alimentación	3 min
5	No hay visualización en el medidor	El filtro del medidor está dañado	Revisar y reemplazar	12 min
		No hay salida de la fuente de alimentación	Verifique que la fuente de alimentación del interruptor no esté dañada.	4 min
		Mala conexión entre la placa indicadora y la placa de control	Verificar las conexiones	5 min
		No hay trabajo por parte de la junta de control.	Compruebe si el cable que alimenta a la placa de control no este deteriorado.	7 min

Tabla 46

Anormalidades del detector de holguras (línea combinada y mixta)

Equipo: Detector de holguras			Tabla de anomalías	
N°	Anormalidad	Causas	Acción correctiva	Tiempo (min)
1	Guías desgastadas o bloqueadas	Falta de lubricación o lubricación deficiente	Aplicar grasa lubricante o cambiarlo si están muy deterioradas	17 min
2	Ruidos por pernos sueltos	Falta de inspección rutinaria	Apretar los pernos	8 min
3	Ruido en la bomba de aceite	Bomba de aceite vacía	Limpiar el filtro de aceite para que siga circulando el fluido lubricante	10 min

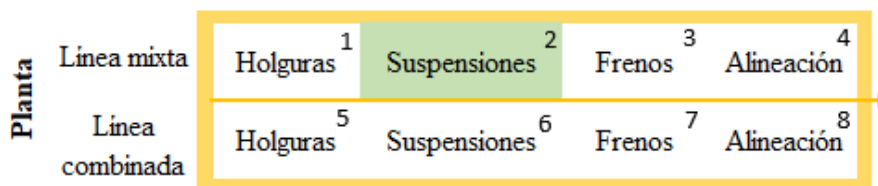
4	Presencia de espuma de aceite	Fuga de aire por el anillo en el eje de la bomba de aceite	Llene de aceite y reemplace el anillo de sellado	7 min
5	Bombeo de presión de aceite inestable	válvula desgastada	Reemplace la válvula de rebose	23 min
6	Aire en el sistema hidráulico	Bajo nivel de aceite	Llene el aceite hasta el nivel especificado y purgue el sistema	6 min
7	Ruido en la platina	Falta de lubricación, pernos de conexión sueltos	Realizar una lubricación regular y apretar los pernos	12 min
8	Válvula de rebose dañada	Núcleo de válvula atascado, resorte roto	Limpie el núcleo de la válvula, reemplace el resorte.	25 min
9	Fuga de aceite en la bomba del lado HP al lado LP	Sobrepresión alta de la válvula de rebose	Regule la presión de acuerdo con las especificaciones	9 min
10	Sobre alta temperatura de la bomba de aceite	Pérdida de potencia por una bomba desgastada	Reemplace la bomba y de paso reemplace el aceite	30 min
11	Alta resistencia del aceite al manipular el control	Tuberías y válvulas de reinversión atascadas	Limpiar el tubo de aceite y la válvula inversora	26 min

Fase II: Eliminar fuentes de contaminación y espacios de difícil acceso

Las actividades más frecuentes que se llevan a cabo en esta segunda fase tienen que ver con la eliminación de fuentes de contaminación que causan definitivamente el deterioro de las maquinas, por ello, se tiene que identificar los espacios reducidos para eliminarlos y hacer una buena limpieza. A continuación, se presenta la estructura de la planta y su respectiva ubicación de los equipos de ambas líneas.

Figura 55

Estructura de la planta de inspecciones y la ubicación de los equipos



Eliminación de los espacios de difícil acceso para el mantenimiento del equipo

En esta actividad se hace una lista de todos los equipos críticos que presentan espacios de difícil acceso para su mantenimiento, los cuales son: Detector de holguras, Alineador de ruedas al paso, Banco de suspensiones y Frenómetro de rodillos.

Los técnicos encargados de sus respectivos equipos llenan el formato o matriz de prioridades, al final se suman los puntos y se priorizan los equipos con espacios de difícil acceso de mayor puntuación a menor puntuación para su eliminación respectiva, como solución la empresa debe contratar un maestro de construcción civil para remodelar la zanja de holguras y reforzar su estructura, es decir, debe cavar unos 15 a 20 cm centímetros para girar el equipo (bomba hidráulica) a unos 45° o 60°, de tal manera que su limpieza e inspección sea fácil y cómoda, sin limitaciones también para su llenado y verificación de aceite hidráulico.

Minimizar las fuentes de contaminación que afectan al equipo en su deterioro

Además de las fuentes de contaminación como: suciedad, oxido, polvo y aceites que siempre se quedan en el proceso de reparación o mantenimientos y que son fáciles de eliminar de acuerdo a la primera fase, existen otras fuentes externas de contaminación que son muy complejas de evitar, estos son los desprendimientos de tierra y barro que caen de neumáticos de los vehículos cuando pasan su revisión técnica, esto a su vez producen ruido, oxidación en los componentes móviles y fijos, deteriorando a los activos.

Tabla 47

Fuentes de contaminación que contribuyen al deterioro de los equipos

Nº	Meses	Desprendimiento de tierra (seca) a los equipos	Desprendimiento de tierra húmeda (lodo) a los equipos
1	Enero		Constantes fallas en los equipos
2	Febrero		
3	Marzo		
4	Abril		Disminución de fallas en los equipos
5	Mayo		
6	Junio	Ausencia de fallas en los equipos	
7	Julio		
8	Agosto		
9	Setiembre		Disminución de fallas en los equipos
10	Octubre		
11	Noviembre		Constantes fallas en los equipos
12	Diciembre		

La Tabla 47 muestra que los meses de junio, julio y agosto son los meses que mayormente no llueve, por lo tanto, los equipos casi no presentan fallas, en cambio, en los meses de abril, mayo, setiembre y octubre empieza la temporada de lluvias perjudicando a los equipos por el mismo trabajo que realizan, además de los meses de noviembre y diciembre, esos meses son los más críticos para la empresa porque las fallas son más comunes en los equipos, obviamente, producto del lodo que traen los vehículos en sus neumáticos y en otras partes de los sistemas cuando vienen a pasar su revisión técnica, es decir, en las vibraciones que se les hace se desprende el lodo a los equipos, lo cual afecta notablemente a su funcionamiento. La alternativa de solución en el caso de suciedad o lodo en los vehículos a inspeccionar es aplicarles una limpieza por aire a presión, para ello se contratará un operario de limpieza adicional en el área de inspección vehicular, que se encargue de esta labor y así no se interrumpan las actividades del resto de técnicos y operarios del área.

Fase III: Estandarizar de la limpieza, inspecciones y lubricación

En esta fase, se preparan los estándares de las actividades del mantenimiento para darle mayor uniformidad y fuerza de cumplimiento. Su cumplimiento, garantizará un trabajo eficiente y se asegurará las situaciones óptimas de los activos. En la documentación se tiene que especificar, que tipos de actividades se deben desarrollar, en qué parte, con qué frecuencia, los tiempos y recursos empleados. Para desarrollar todo esto, es necesario que el área de almacén tenga todos los repuestos, materiales y herramientas disponibles, además se debe identificar que partes del equipo o componentes se necesita limpiar, inspeccionar y lubricar.

a. Limpieza

Se implementa el estándar de limpieza con el objetivo de mantener el equipo libre de partículas extrañas como: polvo, suciedad, humedad, etc. Esto permitirá dar una mejor imagen al equipo y sobre todo evitar cualquier desperfecto no deseado.

b. Inspección

Se implementa el estándar de inspección con el propósito de verificar y reajustar, apretar los pernos y otros elementos de fijación, además de eso se inspecciona los desgastes, holguras, niveles de aceite, ruidos, recalentamientos que pueden afectar el funcionamiento del equipo.

c. Lubricación

Se implementa el estándar de lubricación con el único fin de mantener los componentes móviles y fijos lubricados, sin ningún tipo de rozamiento que produzca una falla inesperada.

Lo mencionado se plasma en los siguientes formatos propuestos:

Tabla 48

Estandarización de la limpieza, inspección y lubricación – Frenómetro (línea combinada y mixta)

Mantenimiento Autónomo:		Estandarización de limpieza, inspección y lubricación				Equipo:	Frenómetro de rodillos L Y P	Elaborado por:	Jefe de mantenimiento	
						Aprobado por:		Ingeniero mecánico colegiado		
Tipo de actividad	Frecuencia	Categoría	Punto de inspección, lubricación y limpieza	Criterios	Métodos de identificar	Acciones correctivas	Herramientas y materiales	Tiempo	Firma del responsable	
Estándar de limpieza, inspección y lubricación	Eliminar el polvo y los objetos extraños de los rodillos	Diario	Limpieza	Superficies del equipo	Que estén limpios	Visual	Limpieza con trapo húmedo	Trapo industrial, aspiradora	10 min	
	Lubricar la cadena	Mensual	Lubricación	Interior del equipo	Falta de L	Visual	Lubricar	Llaves y aceitera	50 min	
	Comprobar el estado de todos los rodillos y tuercas	Mensual	Inspección	Interior y exterior del equipo	Elementos ajustados	Visual	Verificar y ajustar tuercas	Llaves	30 min	
	Eliminar los residuos de neumáticos	Mensual	Limpieza	Superficies del equipo	Suciedad	Visual	Limpieza	Brocha y trapos	12 min	
	Comprobar la posición y tensión de la cadena	Mensual	Inspección	Interior del equipo	Tensión de la cadena	Tacto de los dedos	Ajuste	Llaves	20 min	
	Verificar la posición (entre la posición del sensor y la bola de acero)	Mensual	Inspección	Interior del equipo	Distancia	Visual	Holgura	Llaves y calibrador de laminas	25 min	
	Añadir lubricante a los rodamientos	Mensual	Lubricación	Interior del equipo	Falta de lubricante	Visual	Lubricar	Trapo, llaves y pistola de lubricar	30 min	
	Compruebe el estado de todos los cables	Semestral	Inspección	Conexiones internas y externas	Cables deteriorados	Visual	Soldar o remplazar	Pistola de soldar, estaño y pasta	15 min	
	Agregue lubricante al cojinete de bolas de acero y la pista	Semestral	Lubricación	Componentes internos del equipo	Falta de lubricante	Visual	Lubricar	Aceitera, y llaves	22 min	
	Lubrique los engranajes	Anual	Lubricación	Interior del equipo	Resequedad	Visual	Engrasar	Grasa y llaves	15 in	



Tabla 49

Estandarización de la limpieza, inspección y lubricación – Banco de suspensión (línea combinada y mixta)


Mantenimiento Autónomo:		Estandarización de limpieza, inspección y lubricación			Equipo:	Banco de suspensiones (Línea C y M)	Elaborado por:	Jefe de mantenimiento	
							Aprobado por:	Ingeniero mecánico colegiado	
Tipo de actividad	Frecuencia	Categoría	Punto de inspección, lubricación y limpieza	Criterios	Métodos de identificar	Acciones correctivas	Herramientas y materiales	Tiempo	Firma del responsable
Mantenga la superficie del equipo y el juego de rodillos limpios	Diario	Limpieza	Superficie del equipo	Suciedad	Visual	Limpiar con una escoba y trapo húmedo	Aspiradora, escoba y trapo industrial	10 min	
Elimine el polvo y las materias extrañas	Semanal	Limpieza	Parte externa del equipo	Suciedad	Visual	Limpiar con escoba y trapo húmedo	Escoba, broca y trapo industrial	10 min	
Limpiar la suciedad del gabinete	Mensual	Limpieza	Parte interna del modulo	Suciedad	Visual	Limpiar con pistola de aire	Pistola de aire	15 min	
Compruebe las conexiones de todos los cables	Mensual	Inspección	Conexiones internas y externas	Cables deteriorados	Visual	Reemplazar o soldar	Cinta aislante y pistola de soldar	20 min	
Comprobación de antivirus en el sistema	Mensual	Inspección	Sistema	Sistema se paraliza	Sistema lento	Formatear	Laptop	8 min	
Verifique la firmeza del perno de ajuste a la pared	Mensual	Inspección	Partes externas del equipo	Vibraciones extrañas	Visual	Ajuste de pernos	Llaves	5 min	
Compruebe el funcionamiento del sensor	Semestral	Inspección	Parte interna del equipo	Datos inexactos	Visual	Calibración	Multímetro	12 min	
Compruebe el estado del cableado	Semestral	Inspección	Conexiones del equipo a la fuente de A...	Cables pelados	Visual	Reemplazar o encintar	Cinta negra	10 min	
Añadir lubricante a los rodamientos	Semestral	Lubricación	Parte interna del equipo	Falta de lubricación	Visual	Lubricar lo rodamientos	Engrasadora y llaves	40 min	
Agregue lubricante a los cojinetes de bolas de acero y la pista	Semestral	Lubricación	Parte interna del equipo	Falta de lubricación	Visual	Lubricar los componentes móviles	Aceitera, llaves	30 min	

Tabla 50

Estandarización de la limpieza, inspección y lubricación – Detector de holguras (línea combinada y mixta)


Mantenimiento Autónomo:	Estandarización de limpieza, inspección y lubricación				Equipo:	Detector de holguras (Línea C y M)	Elaborado por:	Jefe de mantenimiento		
Tipo de actividad	Frecuencia	Categoría	Punto de inspección, lubricación y limpieza	Criterios	Métodos de identificar	Acciones correctivas	Herramientas y materiales	Tiempo	Firma del responsable	
Estándar de limpieza, inspección y lubricación	Limpieza general del equipo (aceites, arena y barro)	Diario	Limpieza	Superficie externa del equipo	Suciedad	Visual	Limpiar	Escoba, trapo industrial y aspiradora	10 min	
	Comprobar todos los pernos de fijación	Mensual	Inspección	Partes internas y externas del equipo	Pernos sueltos	Visual	Ajustar pernos	Llaves de boca y de corona	15 min	
	Lubricar la porta guía	Trimestral	Lubricación	Parte interna del equipo	Falta de lubricante	Visual	Lubricar el elemento	Llaves y aceitera	20 min	
	Lubricar los manguitos de guía y postes de guía	Trimestral	Lubricación	Parte interna del equipo	Falta de lubricante	Visual	Lubricar los elementos	Llaves, trapo industrial	25 min	
	Verificar el nivel de aceite en la estación hidráulica	Trimestral	Inspección	Estación hidráulica	Nivel de hidrolina	Visual	Rellenar hidrolina	Llaves, trapo industrial	15 min	
	Verificar el estado de mangueras del sistema hidráulico	Semestral	Inspección	Mangueras externas	Mangueras deterioradas	Visual	Remplazar o ajustar abrazaderas	Destornilladores	18 min	

Tabla 51

Estandarización de la limpieza, inspección y lubricación – Alineador de ruedas al paso (línea combinada y mixta)

Mantenimiento Autónomo:		Estandarización de limpieza, inspección y lubricación			Equipo:	Alineador de ruedas (Línea C y M)	Elaborado por:	Jefe de mantenimiento	
							Aprobado por:	Ingeniero mecánico colegiado	
Tipo de actividad	Frecuencia	Categoría	Punto de inspección, lubricación y limpieza	Criterios	Métodos de identificar	Acciones correctivas	Herramientas y materiales	Tiempo	Firma del responsable
Limpieza general de equipo (aceites, arena y barro)	Diario	Limpieza	Superficie externa del equipo	Suciedad	Visual	Limpieza con escoba y trapo húmedo	Trapo industrial, aspiradora	10 min	
Estándar de limpieza, inspección y lubricación	Compruebe todos los pernos de fijación si están sueltos o no	Mensual	Inspección	Partes externas del equipo	Pernos sueltos	ajuste	Torquear los pernos	Llaves de boca y de corona	15 min
	Verifica la placa de liberación y la placa deslizante si regresan normalmente	Mensual	Inspección	Superficies deslizantes	Acumulación de tierra en las superficies	Visual	Aspirar la tierra	Aspiradora y escoba	20 min
	Compruebe la forma de deslizamiento y las bolas rodantes si se han desgastado	Trimestral	Inspección	Parte interna del equipo	Bolas salpicadas	Visual	Reemplazar	Llaves y trapo industrial	30 min
	Limpie los elementos diversos de la forma deslizante y agregue el aceite lubricante	Trimestral	Limpieza / inspección	Parte interna del equipo	Falta de lubricante	Visual	Lubricar los elementos móviles	Trapo industrial	18 min
	Compruebe el sensor si se a desplazado	Trimestral	Inspección	Parte interna del equipo	Holgura	Visual	Calibrar	Calibrador de laminas	22 min
	Revise el sensor líder	Trimestral	Inspección	Parte interna del equipo	Funcionamiento	Datos erróneos	Comprobar	Multímetro	15 min
	Compruebe todos los cables principales si se están deteriorados	Semestral	Inspección	Cables internos y externos	Cables deteriorados	Visual	Aislar o reemplazar	Cinta aislante, alicate de corte	30 min

Nota. La estandarización de los procesos de limpieza, inspección y lubricación son tanto para los equipos críticos de la línea combinada como mixta.

Fase IV: Inspección y monitoreo

Para implementar esta IV fase, se necesita la participación activa de los responsables de cada equipo con sus respectivos formatos de inspección que ayuden a evaluar las condiciones actuales de los equipos. Estas acciones de inspección tienen que ser rutinarias y continuas porque de no ser así, es posible que se incremente el número de fallas. A continuación, se muestra el diseño de los formatos para llevar a cabo las inspecciones generales en los equipos críticos:

Tabla 52

Formato de inspección del Frenómetro de rodillos (Línea combinada y mixta)

Mantenimiento autónomo: Inspección y monitoreo ITEM de inspección	Empresa: ORTEV S.A.C Equipo: Frenometro		Responsable:
	Conforme	No conforme	Observación
Las tapas externas del equipo y protectores de los sensores externos no presentan fisuras, rupturas o doblado		X	Tapa externa derecha esta doblada
El sistema de cableado de la fuente de alimentación a los motores eléctricos se encuentran en óptimas condiciones	X		
La cadena tiene un desgaste normal	X		
Los sensores externos no presentan ruidos, ni sesgos en la lectura	X		
Los engranajes se encuentran en buen estado, sin ningún tipo de oxido, corrosión, rupturas o fatiga	X		
Las mangueras neumáticas, abrazaderas, se encuentran en buen estado, sin fisuras o rupturas	X		
Los amortiguadores, guías, asientos de neumáticos están en perfectas condiciones	X		

Tabla 53
Formato de inspecciones del banco de suspensiones (Línea combinada y mixta)

Mantenimiento autónomo: Inspección y monitoreo	Empresa: ORTEV S.A.C		Responsable:
	Equipo: Banco de suspensiones		
ITEM de inspección	Conforme	No conforme	Observación
Los puntos de apoyo a la pared (topes, pernos) se encuentran en buen estado	X		
EL cableado eléctrico u otros elementos eléctricos conectados a los motores trifásicos se encuentran en buenas condiciones	X		
El estado físico del equipo y estructura de protección a los sensores externos están en buen estado, sin grietas, o rupturas que puedan afectar su funcionamiento	X		
Los pistones, rodamientos, bolas de acero o otros componentes móviles están en buen estado	X		
Los motores eléctricos, no presenta recalentamientos u olores extraños		X	Quemado de la bobina magnética
Las mangueras neumáticas, abrazaderas, se encuentran en buen estado, sin fisuras o rupturas	X		

Tabla 54
Formato de inspecciones del detector de holguras (Línea combinada y mixta)

Mantenimiento autónomo: Inspección y monitoreo	Empresa: ORTEV S.A.C		Responsable:
	Equipo: Detector de holguras		
ITEM de inspección	Conforme	No conforme	Observación
El estado físico del equipo es adecuado sin grietas, rupturas que puedan afectar su funcionamiento	X		
EL cableado eléctrico, toma corrientes, cables de conexión, tableros entre otros se encuentran en buenas condiciones sin cables expuestos	X		
Los soportes, puntos de anclaje, puntos de sostenimiento entre otros se encuentran en buen estado		X	Puntos de sostenimiento o de apoyo en mal estado
Los accesorios, partes salientes, desfogues, drenajes están en buen estado	X		
El equipo no presenta fugas hidráulicas, goteo, pérdida o aumento de presiones que afecten el funcionamiento	X		
Los sistemas de mangueras, cableados, niveles de aceite se encuentran en buen estado, sin fisuras o rupturas	X		

Tabla 55

Formato de inspecciones de alineador de ruedas al paso (Línea combinada y mixta)

Mantenimiento autónomo: Inspección y monitoreo ITEM de inspección	Empresa: ORTEV S.A.C Equipo: Alineador de ruedas		Responsable:
	Conforme	No conforme	Observación
El estado físico del equipo es adecuado sin grietas, rupturas que puedan afectar su funcionamiento	X		
Los elementos eléctricos y electrónicos que incluye cables de conexión, sensores entre otros se encuentran en perfectas condiciones	X		
Los pernos de puntos de anclaje no están oxidados ni robados el hilo milimétrico están en buen estado	X		
Las bolas de acero no presentan desgaste, ni gritos que hasta resistente al deslizamiento de la placa	X		
Los rieles que se desplazan las bolas de acero están buen estado		X	Los rieles que se desplazan las bolas de acero están quiñados
Estructura de protección a los sensores están en buenas condiciones, no presentan fisuras o rupturas	X		

Fase V: Mantenimiento visual

La implementación de esta fase es fundamental porque servirá para identificar puntos de mantenimiento preventivo y para proporcionar instrucciones detalladas cuando las responsabilidades del cuidado de inspección se trasfiere a los operadores del equipo. Por ejemplo, cuando se desconoce de los niveles de aceite una etiqueta de lubricación puede ayudar significativamente al operador a detectar con facilidad cuando los niveles de aceite son muy altos o bajos. No obstante, los controles visuales facilitan la detección temprana de los problemas potenciales. Por ello, en los equipos de la planta de inspección se proponen las siguientes etiquetas que será de gran ayuda para el encargado del equipo:

Figura 56

Etiqueta de medidor de aceite

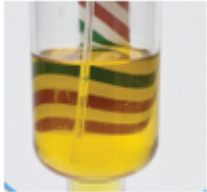
	Indicador de nivel de aceite en el detector de holguras	El uso de esta etiqueta de franjas verdes y rojas colocadas de tras de los visores de tubos permitirá a los operadores verificar si el nivel de aceite está bien
---	---	--

Figura 57

Etiqueta de vibraciones

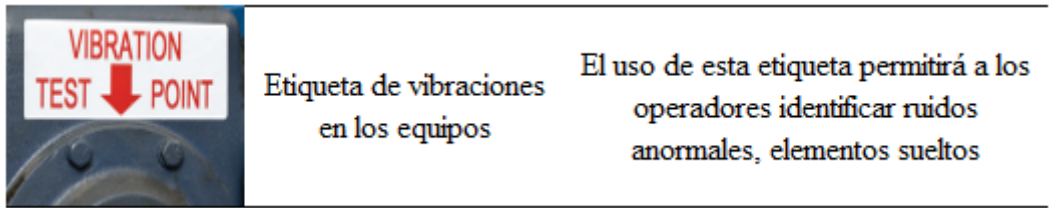


Figura 58

Etiqueta de medidor de presión de aceite

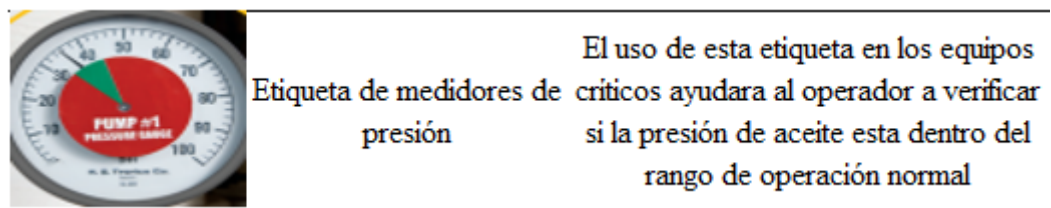
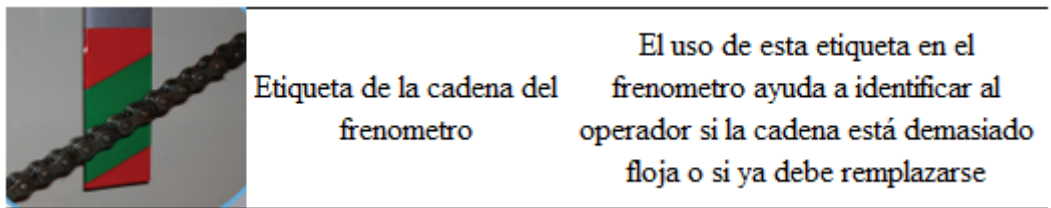


Figura 59

Etiqueta de tensión de cadena



Así mismo, para asegurar una configuración eficiente luego de un proceso de reparación o mantenimiento de un equipo se debe señalar el cableado a través de etiquetas. De tal manera, que cuando se conecte los cables a su lugar de origen no haya equivocaciones y se provoque corto circuitos o una mala configuración en el sistema.

Por otra parte, para la implementación de las fases IV y V se necesita mayor experiencia y conocimientos más sólidos sobre sistemas, partes que conforman al equipo, procesos para intervenir los equipo en casos de emergencia, principios de neumática, hidráulica, electricidad y mecánica, por lo que se tiene que capacitar y entrenar el personal a cargo constantemente. Una vez adquirido estas habilidades se puede prevenir

anormalidades con facilidad o solucionar problemas encontrados. Es así que se presenta el siguiente plan de adiestramiento:

Tabla 56

Plan de formación y entrenamiento para la IV Y V fase

Plan de formación y entrenamiento			
Mecánica	Duración	Teoría	Práctica
Conocimiento de partes mecánicas	115 min	55 min	45 min
Montaje y desmontaje de componentes	65 min	30 min	40 min
Rozamiento y lubricación	65 min	40 min	35 min
Rodamientos	110 min	55 min	40 min
Hidráulica			
Presiones hidráulicas	30 min	50 min	55 min
Caudales hidráulicos	40 min	40 min	45 min
Limpieza y sustitución de filtros	30 min	60 min	55 min
Neumática			
Presiones neumáticas	25 min	15 min	25 min
Purgas de aire comprimido	30 min	20 min	10 min
Herramientas adecuadas	20 min	10 min	15 min
Electricidad			
Motores eléctricos	50 min	20 min	25 min
Líneas eléctricas	40 min	25 min	20 min
Portafusibles y fusibles, resistencias	30 min	15 min	15 min
Aislamientos	25 min	20 min	10 min

Fase VI: Mejora continua

Siempre se tiene que estar refinando los procesos de limpieza, inspección y lubricación de mantenimiento, esto porque los equipos cambian día a día, en ese sentido, se recomienda a la empresa tener una planificación de formación constante de información actualizada para sus trabajadores, a fin de fortalecer su conocimiento y que ellos mismos creen nuevas metodologías o herramientas de perfeccionamiento. Para implementar esta fase es fundamental también la coordinación de todos los miembros del departamento de mantenimiento y depende mucho de los resultados de las inspecciones diarias, estadísticas

y tiempos de paro. Además, se tiene que tener a la mano un formato de mejora continua para evaluar las condiciones de los equipos de un antes y un después de la mejora:

Figura 60

Proceso de mejora continua del MP

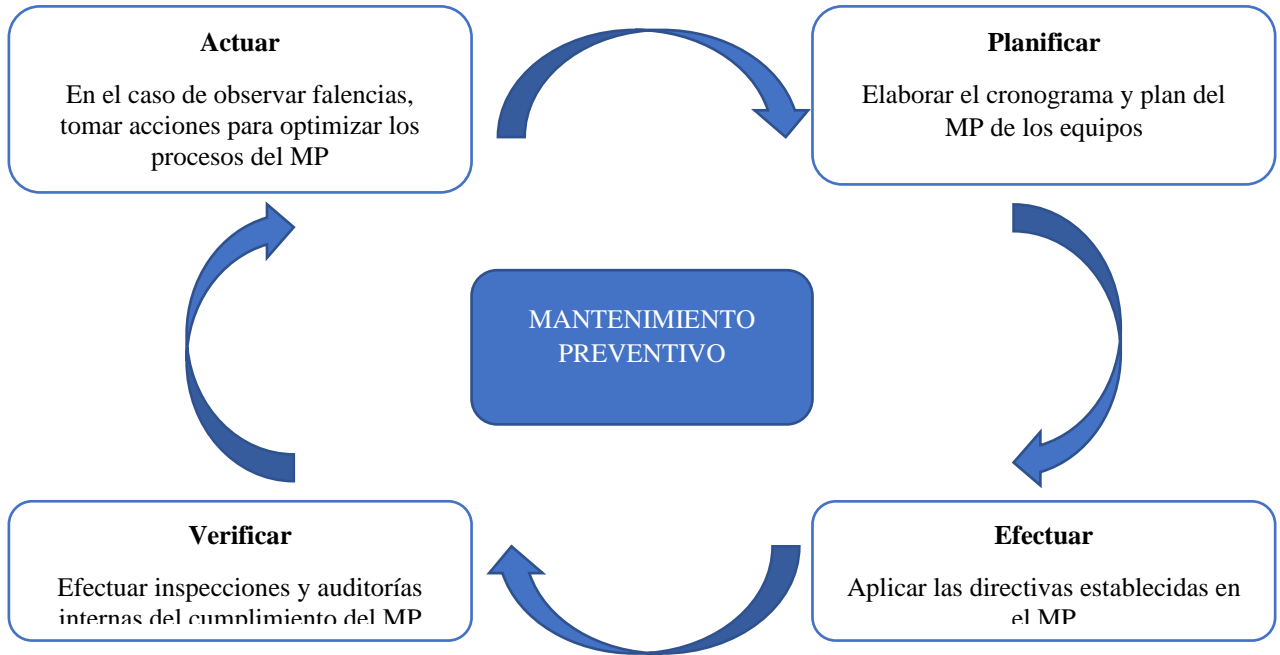


Figura 61

Formato de mejora continua

Fecha		N° de formato	
Responsable:			
Empresa ORTEV S.A.C Mejora continua			
Proyecto de mejora: _____			
En donde se aplica la mejora _____		Aprobación gerencial <input type="checkbox"/> Si	
Dpto que se aplica la mejora _____		Aprobación del jefe de man Nd <input type="checkbox"/> No	
Departamento al que se le atribuye la mejora _____			
Detalles del estado anterior a que se aplica la mejora			
_____		_____	
Detalles del estado actual al momento de aplicar la mejora			
_____		_____	
Actividades que se implementaron para llevar a cabo la mejora			
Actividades		Participante	Status
_____		_____	_____
_____		_____	_____
En caso de shorro monetario, poner un estimado			
¿Esto nos deja algunas lecciones aprendidas?		SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Ambiente y/o seguridad <input type="checkbox"/>		¿En qué rubro se aplica la mejora?	
En el proceso y/o calidad <input type="checkbox"/>		_____	
En orden y limpieza <input type="checkbox"/>		Explica el impacto que tuvo la mejora en el Si	
La autorización por parte del ingeniero mecánico colegiado			

3.3. Estimación de la disponibilidad de equipos de inspección después del diseño

Posterior al diseño del mantenimiento preventivo se estimaron las mejoras de las variables de estudio, pero para efectuar esta estimación se revisaron teorías y aplicaciones de este campo de estudio, con ello se realizaron las siguientes proyecciones:

3.3.1. Mejora de la variable independiente – Gestión del Mantenimiento preventivo

Dimensión: Procesos

Para el análisis del cumplimiento de los procesos después de aplicar la propuesta de mejora, se empleó la misma guía de observación del Anexo 5, y se estimaron las mejoras que podrían darse con el cumplimiento de los procesos usando los formatos y diagramas de flujo diseñados para el mantenimiento de los equipos críticos en ambas líneas, además de ello se analizaron los resultados obtenidos en la investigación de Nacarino (2022), ya que tras efectuar la implementación del plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos médicos de un hospital en Cajamarca, pudo evidenciar una mejora del cumplimiento de los procesos y tareas desarrolladas en el control de los equipos de un 0.00% en el pretest, hasta un 85% de cumplimiento en el post test. En ese sentido se observa que, si es posible la mejora de los procesos y actividades programadas para la inspección de los equipos de una entidad sin importar su rubro, en base a ello se efectuó la siguiente estimación de mejora:

Tabla 57

Cumplimiento de procesos con la mejora

Procesos	Cumplimiento	Incumplimiento	Observación
Diagrama DOP: Cambiado de cadena del frenometro	X		
Diagrama DOP: Cambiar amortiguadores de rodillos	X		
Diagrama DOP: Cambiar rodaje		X	Un mal manejo en almacén
Diagrama DOP: Cambiar resorte	X		
Diagrama DOP: Cambiado de manguera de presión hidráulica	X		
Diagrama DOP: Cambio de pistas de ejes deslizantes	X		
Diagrama DOP: Cambiar billas de acero	X		
Diagrama DOP: Cambiar aguja	X		
Diagrama DOP: Cambiar termostato	X		
Diagrama DOP: Cambiar faja de alternador	X		
Total	9	1	

La Tabla 57 muestra que 9 DOP si cumplieron y 1 no se cumplió, con ello, la tasa de porcentaje de cumplimiento de mejora que se obtendría es:

$$\% \text{ de cumplimiento de los procesos} = \frac{\text{Procesos cumplidos}}{\text{Total de procesos}} * 100\%$$

$$\% \text{ de cumplimiento de los procesos} = \frac{9 \text{ cumplidos}}{10 \text{ procesos}} * 100\%$$

$$\% \text{ de cumplimiento de los procesos} = 90\%$$

Con lo propuesto, se pronostica que la tasa de cumplimiento de los procesos es del 90%, además, el 10% de incumplimiento se da por casos excepcionales del personal.

Dimensión: Planificar

Así mismo, para la estimación de las mejoras de la planificación del mantenimiento programado después de la aplicación de la propuesta del mantenimiento preventivo, se analizó la investigación de Pillado et al. (2022) en la que, tras implementar la metodología del mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de los equipos de una empresa fabricante de artículos médicos, evidenció que con la aplicación de esta

metodología se tendrían 205 horas por mes disponibles para efectuar el plan de mantenimiento, es así que se tiene la siguiente proyección:

Mantenimiento programado

Después de lo sugerido, se procedió a analizar los nuevos mantenimientos programados para todos los equipos durante los próximos meses: setiembre, octubre, noviembre, diciembre del año 2022, y enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio del año 2023:

Tabla 58

Mantenimiento programado para los equipos de la línea combinada con la mejora

PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO															
Equipos (Línea combinada)	Horas Mantto	Área responsable	Respo	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Regloscopio con luxómetro	3	Mantenimiento	Elver		■				■					■	
Medidor de alineación de ruedas al paso	14	Mantenimiento	Julio	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Frenómetro de rodillos livianos	16	Mantenimiento	William	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Detector de holguras	12	Mantenimiento	José	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Banco de pruebas de suspensiones	14	Mantenimiento	Wilmer	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Analizador de gases	3	Mantenimiento	Elver			■					■				■
Opacímetro	3	Mantenimiento	Elver	■				■					■		
Profundímetro	2	Mantenimiento	Elver			■						■			
Retroreflectómetro	1	Mantenimiento	Elver					■							
Sonómetro	1	Mantenimiento	Nerio			■									
Torre de inflado de llanta	2	Mantenimiento	Nerio				■					■			
Grupo electrógeno	6	Mantenimiento	Nerio		■			■			■				
Módulo 1	1	Mantenimiento	Elver							■					
Módulo 2	1	Mantenimiento	Elver			■									
Módulo 3	1	Mantenimiento	Elver												■
Total	80														

La cantidad de horas se determina a través del siguiente indicador:

Indicador = N° de horas de mantenimiento programado.

Indicador = 80 horas.

En la línea combinada se espera obtener una programación de 80 horas de mantenimiento preventivo para que los equipos no sufran paradas imprevistas.

Por otra parte, para la línea mixta se tiene:

Tabla 59

Mantenimiento programado para los equipos de la línea mixta con la mejora

				PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
Equipos (Línea mixta)	Horas Mantto	Área responsable	Resp	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Regloscopio con luxómetro	3	Mantenimiento	Elver		■				■					■	
Medidor de alineación de ruedas al paso	14	Mantenimiento	Julio	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Frenómetro de rodillos pesados	16	Mantenimiento	William	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Detector de holguras	12	Mantenimiento	José	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Banco de pruebas de suspensiones	14	Mantenimiento	Wilmer	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Analizador de gases	3	Mantenimiento	Elver			■					■			■	
Opacímetro	3	Mantenimiento	Elver	■				■					■		
Profundímetro	2	Mantenimiento	Elver			■						■			
Retroreflectómetro	1	Mantenimiento	Elver					■							
Sonómetro	1	Mantenimiento	Nerio			■									
Torre de inflado de llanta	2	Mantenimiento	Nerio				■					■			
Grupo electrógeno	6	Mantenimiento	Nerio		■			■			■	■			
Módulo 1	1	Mantenimiento	Elver							■					
Módulo 2	1	Mantenimiento	Elver			■									
Módulo 3	1	Mantenimiento	Elver												■
Total	80														

La cantidad de horas se determina a través del siguiente indicador:

Indicador = N° de horas de mantenimiento programado.

Indicador = 80 horas.

En la línea mixta se esperaría obtener una programación de 80 horas de mantenimiento preventivo para que los equipos no sufran paradas imprevistas.

El promedio, para ambas líneas (combinada y mixta) **es de 80 horas** de mantenimiento preventivo, esto se lograría gracias a la implementación de un área de mantenimiento en la empresa ORTEV. La intención de esta propuesta es crear un plan efectivo, es decir, ser estrictos en su seguimiento, control y evaluación de los planes, a fin de minimizar los fallos recurrentes que eventualmente se presentan en los equipos.

Dimensión: Operatividad de los equipos

Para estimar la mejora de la operatividad de los equipos, se efectuó el análisis de la investigación de Díaz y Velaochaga (2019) en la cual demostraron que con la aplicación del mantenimiento preventivo en equipos del proyecto especial Chincas se incrementa la operatividad de éstos, de un 93.43% hasta en un 98.57%, evidenciando un aumento positivo de esta dimensión, con ello se planteó la mejora que podría darse en la operatividad de los equipos con el uso de los formatos descritos en el diseño de la propuesta, es así que se consideró una proyección en los meses de setiembre, octubre, noviembre, diciembre del 2022 y enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio del año 2023. Para lo cual se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{Operatividad} = \frac{\text{Equipos operativos} \times 100}{\text{Total de equipos}}$$

Donde:

O: Operativos

N: No operativos

Tabla 60

Línea combinada: Operatividad de los equipos con la mejora

Operatividad de los equipos del año 2022 al 2023										
Equipos y máquinas	Se	Oc	No	Di	En	Fe	Ma	Ab	Ma	Ju
	t	t	v	c	e	b	r	r	y	n
Regloscopio con luxómetro	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Medidor de alineación de ruedas al paso	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Frenómetro de rodillos livianos	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Detector de holguras	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Banco de pruebas de suspensiones	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Analizador de gases	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Opacímetro	O	O	N	O	O	O	O	O	O	O
Profundímetro	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Retroreflectómetro	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Sonómetro	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Torre de inflado de llanta	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Grupo electrógeno	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 2	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 3	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Equipos operativos	15	15	14	15	15	15	15	15	15	15

Según la estimación de mejoras de la Tabla 60, de los 15 equipos presentes en la línea combinada, 14 estarían operativos al 100% durante el periodo setiembre 2022 y junio 2023, representado una operatividad del 93.33%.

Tabla 61

Línea mixta: Operatividad de los equipos con la mejora

Operatividad de los equipos del año 2022 al 2023										
Equipos y máquinas	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Regloscopio con luxómetro	O	O	O	O	N	O	O	O	O	O
Medidor de alineación de ruedas al paso	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Frenómetro de rodillos pesados	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Detector de holguras	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Banco de pruebas de suspensiones	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Analizador de gases	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Opacímetro	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Profundímetro	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Retroreflectómetro	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Sonómetro	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Torre de inflado de llanta	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

Grupo electrógeno	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 01	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 02	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Módulo 03	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Equipos operativos	15	15	15	15	14	15	15	15	15	15

La Tabla 61 expresa la estimación de la mejora de la disponibilidad de los equipos de la línea mixta con la aplicación de la propuesta, es así que para el periodo setiembre 2022 hasta junio 2023, de los 15 equipos, 14 estarían operativos durante todo el tiempo de análisis, representando el 93.33% de operatividad.

En consecuencia, para ambas líneas (combinada y mixta) la operatividad de los equipos con la mejora llegará al **93.33%**, sin embargo, pese a la mejora significativa que se ha logrado, aun no se ha cumplido con el Reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares que obliga que los equipos estén 100% operativos, para brindar un servicio de calidad y confiable de inspecciones técnicas.

Dimensión: Utilización de los equipos críticos

Si se cumple al 100 % con la ejecución de todas las fases del mantenimiento preventivo y autónomo diseñados en la presente investigación, se pronostica que se mejoraría la tasa de utilización de los equipos. Para su análisis, es necesario determinar nuevamente las horas operativas de inspección técnica, a través del método del pronóstico lineal y en base a la cantidad de vehículos ingresados por mes a la planta, además, para estimar las mejoras en el índice de utilización de los equipos críticos se analizó la investigación de Alcántara (2021) en la cual aplicó el mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos de una empresa manufacturera, logrando evidenciar un incremento del índice de utilización de los equipos críticos entre un 25% hasta un 44%, demostrando que la implementación del MP si influye en el incremento de la utilización del equipamiento de la empresa. Con ello se tiene el siguiente resultado:

Tabla 62

Línea combinada: Horas operativas de inspección técnica con la mejora

Mes	Vehículos Ingresados a planta	Duración del proceso (10 min)	Horas operativas durante el mes	Horas programadas durante el mes	Horas disponibles por utilizar durante el mes
Setiembre	608	6078	101	208	107
Octubre	611	6113	102	208	106
Noviembre	615	6147	102	208	106
Diciembre	618	6182	103	216	113
Enero	622	6217	104	208	104
Febrero	625	6252	104	192	88
Marzo	629	6286	105	216	111
Abril	632	6321	105	200	95
Mayo	636	6356	106	216	110
Junio	639	6391	107	208	101
Total			1039		

En la Tabla 62 se precisa las horas operativas por mes. La suma de estas horas es de **1039 horas** operativas. Es decir, los equipos funcionaran 1039 horas durante los 10 meses. Sin embargo, estas horas operativas no dejan de ser interrumpidas por algunas fallas imprevistas en los equipos, por lo tanto, se le tiene que restar las horas perdidas por reparación a las horas operativas para obtener el tiempo real trabajado de cada equipo. El resultado obtenido se suma y se obtiene el tiempo real trabajado de cada equipo durante los próximos 10 meses consecutivos, tal y como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 63

Trabajo real del equipo con la mejora

Equipos	Horas operativas - tiempo por reparación										Horas reales trabajadas	Horas operativas
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun		
Frenometro de rodillos livianos	93	92	92	93	94	93	97	97	102	100	953	1039
Banco de pruebas de suspensiones	92	92	93	94	93	94	97	99	103	101	958	1039
Detector de holguras	96	95	95	96	98	97	99	100	101	104	981	1039
Medidor de alineación de ruedas al paso	95	97	94	97	96	98	99	100	99	103	978	1039

Por lo tanto, se predice, que en los próximos 10 meses el tiempo de funcionamiento real sería de **953 horas** para el Frenómetro de rodillos livianos, **958 horas** para el banco de suspensiones, **981 horas** para el detector de holguras y **978 horas** para el medidor de alineación de ruedas al paso. Con estos datos se procede a determinar la tasa de utilización para cada equipo crítico en base a la siguiente formula:

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Horas reales trabajadas} \times 100}{\text{Horas operativas de inspección}}$$

Línea combinada

Equipo: Frenómetro de rodillos livianos

$$\text{Utilización} = \frac{953 \times 100}{1039}$$

$$\text{Utilización} = 92\%$$

Se pronostica que la tasa de utilización para el Frenómetro llegue al 92%.

Equipo: Banco de pruebas de suspensiones

$$\text{Utilización} = \frac{958 \times 100}{1039}$$

$$\text{Utilización} = 92\%$$

Se pronostica que la tasa de utilización para el banco de suspensiones llegue al 92%, valor cercano al target de la empresa.

Equipo: Detector de holguras

$$\text{Utilización} = \frac{981 \times 100}{1039}$$

$$\text{Utilización} = 94\%$$

Se pronostica que la tasa de utilización para el detector de holguras llegue al 94%.

Equipo: Medidor de alineación de ruedas al paso

$$\text{Utilización} = \frac{978 \times 100}{1039}$$

$$\text{Utilización} = 94\%$$

Se espera que la tasa de utilización para el medidor de alineación de ruedas al paso llegue al 94%.

Los valores obtenidos están muy cercanos al target de la empresa que es del 95%, con ello el promedio de la tasa de utilización para los cuatro equipos críticos de la línea combinada es de **93%**.

Además, para la línea mixta se tiene la siguiente proyección de mejora:

Tabla 64

Línea mixta: Horas operativas de inspección técnica con la mejora

Mes	Vehículos Ingresados a planta	Duración del proceso (12 min)	Horas operativas durante el mes	Horas programadas durante el mes	Horas disponibles por utilizar durante el mes
Setiembre	521	6256	104	208	104
Octubre	518	6220	104	208	104
Noviembre	515	6183	103	208	105
Diciembre	512	6147	102	216	114
Enero	509	6111	102	208	106
Febrero	506	6074	101	192	91
Marzo	503	6038	101	216	115
Abril	500	6001	100	200	100
Mayo	497	5965	99	216	117
Junio	494	5929	99	208	109
Total			1015		

Tabla 65

Trabajo real de cada equipo con la mejora

Equipos	Horas operativas- tiempo por reparación											Horas reales trabajadas	Horas operativas
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul		
Frenometro de rodillos pesados	98	100	94	94	93	95	96	93	94	95		952	1015
Detector de holguras	95	98	89	93	91	93	94	95	94	96		938	1015
Medidor de alineación de ruedas al paso	97	96	93	92	92	92	93	94	95	94		938	1015

Se espera, que en los próximos 10 meses el tiempo real trabajado llegue a **952 horas** para el Frenómetro de rodillos pesados, **938 horas** para el detector de holguras y **978 horas** para el medidor de alineación de ruedas al paso. Con estos parámetros se procede a determinar la tasa de utilización para cada equipo crítico:

Línea mixta

Equipo: Frenómetro de rodillos pesados

$$\text{Utilización} = \frac{952}{1015} \times 100$$

$$\text{Utilización} = 94\%$$

Se espera que la tasa de utilización para el Frenómetro de rodillos pesados llegue al 94%.

Equipo: Detector de holguras

$$\text{Utilización} = \frac{938}{1015} \times 100$$

$$\text{Utilización} = 92\%$$

Se pronostica que la tasa de utilización para el detector de holguras llegue al 92%.

Equipo: Alineador de ruedas al paso

$$\text{Utilización} = \frac{938}{1015} \times 100$$

$$\text{Utilización} = 92\%$$

Se espera que la tasa de utilización para el alineador de ruedas al paso llegue al 92%.

El promedio de la tasa de utilización de los tres equipos críticos de la línea mixta es de 93%, valor cercano al target de la empresa que es del 95%.

El promedio de la tasa de utilización para ambas líneas (combinada y mixta) es de **93%**, esto explica que el 2% de los equipos críticos de la planta de inspecciones aún están fuera de funcionamiento por razones de mantenimiento o restauración del mismo, con ello,

se puede concluir que con una adecuada implementación y ejecución del mantenimiento autónomo se mejoraría significativamente la tasa de utilización de cada equipo crítico en ambas líneas.

Dimensión: Reparaciones correctivas de los equipos críticos

Para estimar las mejoras de esta dimensión se analizó la investigación de Apaza (2021), en la que implementó el mantenimiento preventivo en los equipos de una empresa de transportes y demostrar su influencia para disminuir los costos operacionales y la reducción de los tiempos de reparaciones, es así que tras la aplicación de la mejora evidenció en los 4 primeros meses de implementación que la horas de reparaciones de los equipos críticos redujeron en un 33.23% con la proyección a seguir aumentando este índice, es así que para minimizar el tiempo muerto de reparaciones de los equipos críticos en ambas líneas (combinada y mixta) se planteó un mantenimiento preventivo siguiendo las instrucciones del manual de fabricante, además de eso se propone contratar un jefe de mantenimiento. La contratación de este profesional será clave, porque será el encargado de diagnosticar y solucionar problemas lo más antes posible en coordinación y asignación con los técnicos de acuerdo a sus responsabilidades, sin generar cuellos de botella en el proceso de inspección técnica, es decir, si se presenta una falla imprevista.

Con lo mencionado, en base a la fase III de estandarización de limpieza, inspección y lubricación, se procedió a analizar el nuevo tiempo muerto o tiempo transcurrido que demora los trabajos de mantenimiento o reparación de una maquina en ambas líneas (combinada y mixta) en los próximos meses de setiembre, octubre, noviembre, diciembre del año 2022 y enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio del año 2023.

$$\textit{T tiempo muerto} = \textit{T total de horas operativas} - \textit{T total de horas reales trabajadas}$$

Tabla 66

Línea combinada: Tiempo muerto de los equipos críticos con la mejora

Equipos críticos (Línea combinada)	Horas reales trabajadas (10 meses)	Horas operativas (10 meses)	Horas por reparación (10 meses)
Frenómetro de rodillos livianos	953	1039	86
Banco de pruebas de suspensiones	958	1039	81
Detector de holguras	981	1039	58
Medidor de alineación de ruedas al paso	978	1039	61
Promedio			72

La Tabla 66 muestra a los equipos críticos de la línea combinada, donde el Frenómetro de rodillos livianos tendría un tiempo de inactividad de **86 horas**, el banco de pruebas de suspensiones **81 horas**, el detector de holguras **58 horas** y el medidor de alineación de ruedas al paso **61 horas**. Haciendo un promedio de **72 horas**, lo cual explica que se ha reducido casi a la mitad el tiempo perdido por reparación respecto al diagnóstico anterior.

Tabla 67

Línea mixta: Tiempo muerto de los equipos críticos con la mejora

Equipos críticos (Línea mixta)	Horas reales trabajadas (10 meses)	Horas operativas (10 mese)	(Horas por reparación)
Frenómetro de rodillos pesados	952	1015	63
Detector de holguras	938	1015	77
Medidor de alineación de ruedas al paso	938	1015	77
Promedio			72

En la Tabla 67 se muestra a los equipos críticos de la línea mixta, donde el Frenómetro de rodillos pesado tendría un tiempo de inactividad de **63 horas**, el detector de holguras y el medidor de alineación de ruedas al paso **77 horas**. Haciendo un promedio de **72 horas**, lo cual explica que se ha reducido casi la mitad el tiempo perdido por reparación.

El tiempo promedio de ambas líneas (combinada y mixta) de reparaciones correctivas es de **72 horas**. Como se redujo significativamente el tiempo muerto por reparación, se esperaría que los ingresos sean mayores para la empresa.

3.3.2. Mejora de la variable dependiente – Disponibilidad

De acuerdo a la propuesta del mantenimiento preventivo y autónomo, se tiene que analizar los datos para determinar los resultados de mejora producto de las acciones realizadas, en este caso, se procede analizar el tiempo medio entre fallas (MTBF), el tiempo medio de reparación (MTTR) y la disponibilidad de cada equipo crítico con la mejora.

Dimensión: Fiabilidad de equipos los equipos críticos

Para estimar la mejora en la fiabilidad de los equipos se observó la investigación de Quispe (2022) en la que aplicó el mantenimiento preventivo en equipos de servicio hidráulico, demostrando que la propuesta de mejora si incrementó el tiempo medio entre fallas (MTBF) hasta en un 68.29%, evidenciando que el plan del MP influye positivamente en la confiabilidad de los equipos. En tal sentido, con el uso de los formatos de inspecciones y auditorías, se procedió a estimar la mejora con el cálculo de la fiabilidad de los equipos críticos durante los próximos 10 meses consecutivos (setiembre 2022 a junio 2023).

Línea combinada

$$MTBF = \frac{\text{Horas operativas} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de fallas}}$$

Tabla 68

Horas operativas por equipo con la mejora

Equipos	Horas operativas de inspección										Total
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
Frenometro de rodillos livianos	101	102	102	103	104	104	105	105	106	107	1039
Banco de pruebas de suspensiones	101	102	102	103	104	104	105	105	106	107	1039
Detector de holguras	101	102	102	103	104	104	105	105	106	107	1039
Medidor de alineación de ruedas al paso	101	102	102	103	104	104	105	105	106	107	1039

Nota. La tabla muestra las horas de trabajo real de cada equipo desde setiembre 2022 a junio 2023.

Tabla 69

Tiempo de inactividad por equipo con la mejora

Equipos	Horas de inactividad por reparación										
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total
Frenometro de rodillos livianos	8	10	10	10	10	11	8	8	4	7	86
Banco de pruebas de suspensiones	9	10	9	9	11	10	8	6	3	6	81
Detector de holguras	5	7	7	7	6	7	6	5	5	3	58
Medidor de alineación de ruedas al paso	6	5	8	6	8	6	6	5	7	4	61

Nota. La tabla muestra el tiempo que la maquina está en mantenimiento o reparación desde setiembre 2022 a junio 2023.

Tabla 70

Número de fallas por equipo con la mejora

Equipos	Nº de fallas										
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total
Frenometro de rodillos livianos	4	5	5	6	5	5	2	3	1	2	38
Banco de pruebas de suspensiones	3	4	5	4	5	5	4	3	1	2	36
Detector de holguras	2	4	4	4	3	4	3	2	2	1	29
Medidor de alineación de ruedas al paso	3	3	4	4	3	4	3	2	2	1	29

Nota. La tabla muestra el número de fallas de cada equipo desde setiembre 2022 a junio 2023.

Tabla 71

Tiempo medio entre fallas con la mejora

Equipos	Total de horas operativas	Total de tiempo de inactividad (hrs)	Tota de fallas de cada equipo	MTBF	
Frenometro de rodillos livianos	1039	86	38	25	Horas
Banco de pruebas de suspensiones	1039	81	36	27	Horas
Detector de holguras	1039	58	29	34	Horas
Medidor de alineación de ruedas al paso	1039	61	29	34	Horas

En los próximos 10 meses se esperaría obtener un nuevo tiempo medio entre fallas de **25 horas** para el Frenómetro, de **27 horas** para el banco de pruebas de suspensiones y

de **34 horas** para el detector de holguras y el medidor de alineación de ruedas al paso. El tiempo promedio para la línea combinada del tiempo medio entre fallas sería de **30 horas**.

Línea mixta

Tabla 72

Horas operativas con la mejora

Equipos	Horas operativas de inspección										
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total
Frenometro de rodillos pesados	104	104	103	102	102	101	101	100	99	99	1015
Detector de holguras	104	104	103	102	102	101	101	100	99	99	1015
Medidor de alineación de ruedas al paso	104	104	103	102	102	101	101	100	99	99	1015

Nota. La tabla muestra las horas de trabajo real de cada equipo desde setiembre 2022 a junio 2023.

Tabla 73

Tiempo de inactividad por equipo con la mejora

Equipos	Horas de inactividad por reparación										
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total
Frenometro de rodillos pesados	6	4	9	8	9	6	5	7	5	4	63
Detector de holguras	9	6	14	9	11	8	7	5	5	3	77
Medidor de alineación de ruedas al paso	7	8	10	10	10	9	8	6	4	5	77

Nota. La tabla muestra el tiempo en que el equipo está en mantenimiento o reparación desde setiembre 2022 a junio 2023.

Tabla 74

Número de fallas por equipo con la mejora

Equipos	Nº de fallas										
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total
Frenometro de rodillos pesados	2	4	4	5	3	3	2	2	2	2	29
Detector de holguras	2	3	5	4	5	4	5	3	3	1	35
Medidor de alineación de ruedas al paso	4	3	4	4	4	4	3	3	2	2	33

Tabla 75

Tiempo medio entre fallas con la mejora

Equipos	Total de horas de operación	Total de tiempo de inactividad (hrs)	Total de fallas de cada equipo	MTBF	
Frenómetro de rodillos pesados	1015	63	29	33	Horas
Detector de holguras	1015	77	35	27	Horas
Medidor de alineación de ruedas al paso	1015	77	33	28	Horas

En los próximos 10 meses se esperaba obtener un nuevo tiempo medio entre fallas de **33 horas**, para el Frenómetro de **27 horas**, para el detector de holguras y de **28 horas** para el medidor de alineación de ruedas al paso. El tiempo promedio para la línea mixta del tiempo medio entre fallas sería de **29 horas**.

El tiempo medio entre fallas para ambas líneas (combinada y mixta) en los siguientes 10 meses sería de **30 horas**.

Dimensión: Mantenibilidad de equipos de los equipos críticos

En el caso de la mantenibilidad, se analizó la investigación de Maco y Palomino (2022) en la que tras aplicar el plan del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad del montacargas en una empresa metalmecánica, evidenciaron la disminución del índice de mantenibilidad (MTTR) de 15 horas a solo 2 horas, representado una mejora del 86.67%, con ello se analizó el tiempo medio de reparación durante los próximos 10 meses seguidos en la empresa (setiembre 2022 a junio 2023).

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo de inactividad por reparación}}{\textit{Número de fallas}}$$

Línea combinada

Equipo: Frenómetro de rodillos livianos

$$MTTR = \frac{86 \textit{ horas}}{38 \textit{ fallas}}$$

$$MTTR = 2 \textit{ horas/falla}$$

Se espera que el tiempo medio de reparación para el Frenómetro de rodillos sea de 2 horas por falla en los próximos 10 meses para devolverle la funcionalidad al equipo.

Equipo: Banco de pruebas de suspensiones

$$MTTR = \frac{81 \text{ horas}}{36 \text{ fallas}}$$

$$MTTR = 2 \text{ horas/falla}$$

Se espera que el tiempo medio de reparación para el banco de pruebas de suspensiones sea de 2 horas por falla en los próximos 10 meses para devolverle la funcionalidad al equipo.

Equipo: Detector de holguras

$$MTTR = \frac{58 \text{ horas}}{29 \text{ fallas}}$$

$$MTTR = 2 \text{ horas/falla}$$

Se espera que el tiempo medio de reparación para el detector de holguras sea de 2 horas por falla en los próximos 10 meses para devolverle la funcionalidad al equipo.

Equipo: Medidor de alineación de ruedas al paso

$$MTTR = \frac{61 \text{ horas}}{29 \text{ fallas}}$$

$$MTTR = 2 \text{ horas/falla}$$

Se espera que el tiempo medio de reparación para el medido de alineación de ruedas al paso sea de 2 horas por falla en los próximos 10 meses para devolverle la funcionalidad al equipo.

El promedio del tiempo medio de reparación de la línea combinada es de **2 horas**.

Línea Mixta

Equipo: Frenómetro de rodillos pesados

$$MTTR = \frac{63 \text{ horas}}{29 \text{ fallas}}$$

$$29 \text{ fallas}$$

$$MTTR = 2 \text{ horas/falla}$$

Se espera que el tiempo medio de reparación para el Frenómetro de rodillos pesados sea de 2 horas por falla en los próximos 10 meses para devolverle la funcionalidad al equipo.

Equipo: Detector de holguras

$$MTTR = \frac{77 \text{ horas}}{35 \text{ fallas}}$$

$$35 \text{ fallas}$$

$$MTTR = 2 \text{ horas/falla}$$

Se espera que el tiempo medio de reparación para el detector de holguras sea de 2 horas por falla en los próximos 10 meses para devolverle la funcionalidad al equipo.

Equipo: Medidor de alineación de ruedas al paso

$$MTTR = \frac{77 \text{ horas}}{33 \text{ fallas}}$$

$$33 \text{ fallas}$$

$$MTTR = 2 \text{ horas/falla}$$

Se espera que el tiempo medio de reparación para el medidor de alineación de ruedas al paso sea de 2 horas por falla en los próximos 10 meses para devolverle la funcionalidad al equipo.

El promedio del tiempo medio de reparación de la línea mixta sería de **2 horas**.

El promedio del tiempo medio de reparación para ambas líneas (combinada y mixta) se espera que sea de **2 horas**, es decir, ese es el tiempo en promedio que demora la

corrección de una falla para que el equipo crítico vuelva a su funcionamiento normal para lo cual ha sido diseñado.

Dimensión: Disponibilidad de equipos de los equipos críticos

Con la aplicación de la propuesta del diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo (formatos, diagramas y fichas de funciones) aunado al mantenimiento autónomo en el área de inspección técnica vehicular, se estimó la mejora de la disponibilidad de los equipos críticos, además se observó el artículo científico de Ypanaqué et al. (2017) que, tras la aplicación del mantenimiento preventivo para una grúa de 50 toneladas, demostraron un incremento en la disponibilidad de la maquinaria, del 98.92% a un 98.96%, evidenciando que la aplicación de una metodología en la gestión del mantenimiento si influye positivamente en la disponibilidad de los equipos, con ello se efectuó la estimación de la mejora de la disponibilidad de los equipos críticos empleando la siguiente fórmula:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

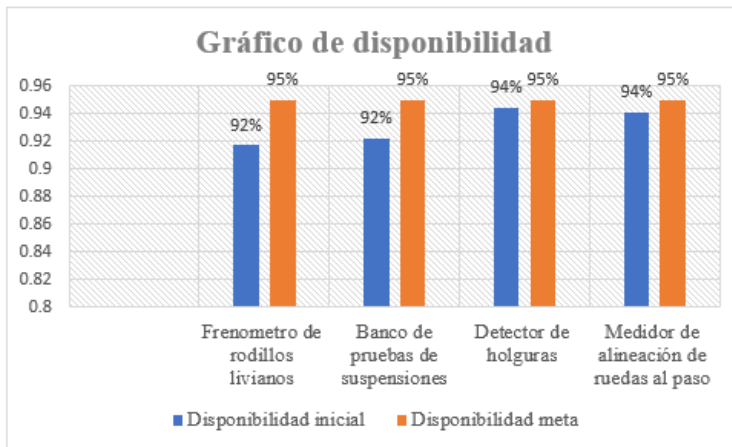
Tabla 76

Línea combinada con la mejora MTBF Y MTTR

Equipos criticos	MTBF	MTTR
Frenometro de rodillos livianos	25	2
Banco de pruebas de suspensiones	27	2
Detector de holguras	34	2
Medidor de alineación de ruedas al paso	34	2

Figura 62

Disponibilidad de los equipos críticos línea combinada con la mejora



En los próximos 10 meses se espera que el Frenómetro de rodillos livianos y el banco de pruebas de suspensiones llegue a tener una disponibilidad de 92%, el detector de holguras y el medidor de alineación de ruedas al paso una disponibilidad de 94%. Con un promedio de **93%** para los cuatro equipos.

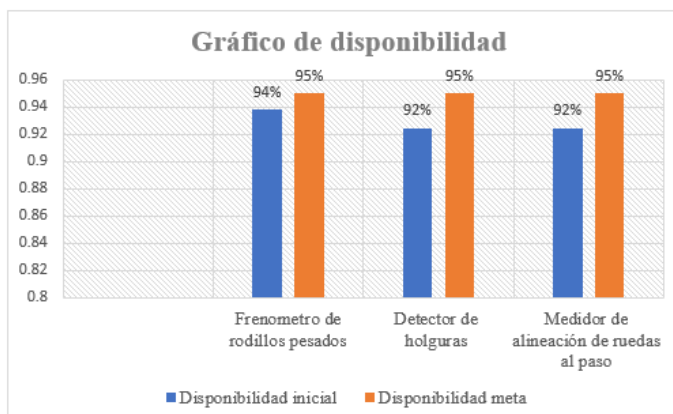
Tabla 77

Línea Mixta con la mejora del MTBF Y MTTR

Equipos	MTBF	MTTR
Frenómetro de rodillos pesados	33	2
Detector de holguras	27	2
Medidor de alineación de ruedas al paso	28	2

Figura 63

Disponibilidad de los equipos críticos línea mixta con la mejora



Se espera que el Frenómetro de rodillos livianos tenga una disponibilidad de 94% en los próximos 10 meses, el detector de holguras y el medidor de alineación de ruedas al paso 92%. Con un promedio de **93 %** para los equipos críticos de la línea mixta.

Se espera que el promedio de disponibilidad para ambas líneas (combinada y mixta) sea de **93%** los próximos 10 meses siguientes, lo cual explica que se está cerca de la disponibilidad meta que es de 95% establecido por la empresa.

3.3.3. Comparación de los resultados antes y después de la propuesta de mejora

Con los resultados obtenidos en el diagnóstico y en la estimación de mejoras del mantenimiento y de la disponibilidad de los equipos críticos, se procedió a efectuar una comparación y estimar los porcentajes de mejora.

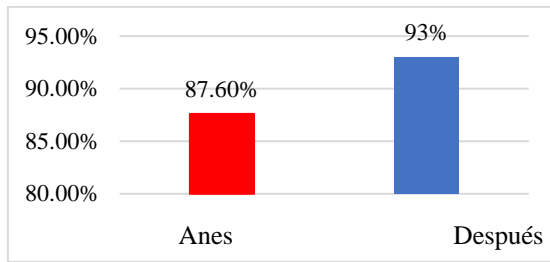
Tabla 78

Comparación de resultados iniciales con la mejora

Variables	Dimensiones	Indicadores	Diagnóstico	Post test	Mejora
Sistemas de gestión de mantenimiento preventivo	Procesos	Porcentaje de cumplimiento de los procesos	70.00%	90%	20%
	Planificar	Nº de horas de mantenimiento programado	6 horas	80 horas	74 horas
	Operatividad de los equipos	Porcentaje de operatividad de los equipos	60.00%	93.33%	33.33%
	Utilización de los equipos críticos	Porcentaje de utilización de los equipos	86.00%	93.00%	7.00%
	Reparaciones correctivas de los equipos críticos	Tiempo muerto (horas)	142 horas y 30 minutos	72 horas	70.5 horas
	Fiabilidad de equipos los equipos críticos	Tiempo (horas) medio entre fallas (MTBF)	20 horas y 7 minutos	30 horas	9.88 horas
	Disponibilidad	Mantenibilidad de los equipos críticos	Tiempo (horas) medio de reparación (MTTR)	3 horas	2 horas
Disponibilidad de los equipos críticos		Porcentaje de disponibilidad	87.60%	93.00%	5.40%

Figura 64

Mejora de la disponibilidad de los equipos críticos



Con la Tabla 64, en resumen, se puede decir que la disponibilidad de los equipos se incrementó en un 5.4% tras la estimación de la aplicación de la propuesta de mejora del mantenimiento preventivo sobre los equipos críticos, con ello se puede decir que el sistema de gestión del mantenimiento preventivo si incrementa la disponibilidad operativa de los equipos de inspección en la empresa ORTEV SAC, Cajamarca 2023.

3.4. Evaluación económica de la propuesta de mejora

3.4.1. Inversión para implementar la propuesta de mejora

Para la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo en la empresa ORTEV SAC, se estimaron los costos necesarios para invertir en la propuesta de mejora, estos se subdividieron en activos tangibles e intangibles:

Tabla 79

Tangibles

Desarrollo	Descripción	Costo (S/)
Artículos de oficina	Útiles y artículos en general	1500.00
	Escritorio	250.00
	Silla ergonómica	149.00
	PC Core i5 11va GEN	2199.99
	Impresora Multifuncional	699.00
Obras civiles	Mantenimiento de áreas	2800.00
	Mejora de la zanja de holguras	4000.00
Materiales	EPP'S y artículos de limpieza	3900.00
	Pistola engrasadora	650.00
	Aceitera	125.90

	Equipo de aire a presión	2600.00
Imprevistos 5%	Gastos extras	943.69
Total		19817.58

Nota. Costos estimados al año.

Tabla 80

Intangibles

Desarrollo	Descripción	Costo (S/)
Jefe de mantenimiento	Salario	38940.00
Operario de limpieza vehicular	Salario	17688.00
Auditoría Externa	Inspecciones	12000.00
Talleres	Preparación de reuniones	250.00
	Capacitador	1800.00
Difusión	Publicaciones internas	300.00
Inventariado	Registro de existencias del almacén	650.00
Imprevistos 5%	Gastos extras	3581.40
Total		75209.40

Nota. Costos estimados al año.

Tabla 81

Inversión total

Detalle	Costos (S/)
Tangibles	19817.58
Intangibles	75209.40
Total	95026.98

Nota. Costos estimados al año.

Como se observa en la Tabla 81, el costo total para implementar el sistema de gestión del mantenimiento preventivo en la empresa ORTEV SAC asciende a un total de S/ 95 026.98.

3.4.2. Ganancias por implementar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo

Para estimar las ganancias por implementar la propuesta del diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo en la empresa ORTEV SAC, se consideró al incremento de la disponibilidad de los equipos que fue del 5.4% (Tabla 78), con ello se

efectuó una proyección de ingresos por el incremento de servicios de inspección para los próximos 10 meses.

Tabla 82

Ingresos por el incremento de servicios de inspección vehicular

Periodo	Ingresos por ventas (S/)
Noviembre 2021 - Agosto 2022	783370.50
Setiembre 2022 - Junio 2023 (5.4%)	825672.507
Ganancia (S/)	42302.01

Nota. Ver el detalle del ingreso por ventas en el periodo noviembre 2021 – agosto 2022 en el Anexo 10.

La tabla 82 muestra que con la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo en la empresa ORTEV SAC, se obtendría un incremento en las ventas por servicio de inspección en los próximos 10 meses de hasta S/ 42 302.01, además, asumiendo que con el nuevo sistema de mantenimiento ya no se darían las penalizaciones por reprogramaciones y cancelaciones de inspecciones (Tabla 37), entonces, esto generaría un ahorro de: S/ 63 275.00. En consecuencia, las ganancias generadas por implementar la propuesta de mejora serían las siguientes:

$$\text{Ganancias} = \text{Ingreso extra por ventas} + \text{Ahorro de las penalizaciones}$$

$$\text{Ganancias por implementar} = \text{S/ } 42\,302.01 + \text{S/ } 63\,275.00$$

$$\text{Ganancias por implementar} = \text{S/ } 105\,577.01$$

Es así que las ganancias totales ascienden a un total de S/ 105 577.01

3.4.3. Flujo de caja económico

Luego de realizar la estimación de los costos de inversión de la propuesta de mejora, se efectuó un flujo de caja considerando 5 años de recuperación, para ello se estimó como egresos a la inversión, S/ 95 026.98, y como ingresos a las ganancias generadas por contar con una gestión de mantenimiento preventivo, S/ 105 577.01, es así que se tienen el siguiente cálculo:

Tabla 83

Flujo de caja

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Egresos (S/)						
Inversión	95026.98					
Artículos de oficina		1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	1500.00
Mantenimiento de impresora		200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Mantenimiento PC		400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
Mantenimiento de áreas		2800.00	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00
Mantenimiento de pistola engrasadora		450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
Mantenimiento de equipo de aire a presión		650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
Materiales, EPP'S, otros		3900.00	3900.00	3900.00	3900.00	3900.00
Jefe de mantenimiento		38940.00	38940.00	38940.00	38940.00	38940.00
Operario de limpieza vehicular		17688.00	17688.00	17688.00	17688.00	17688.00
Talleres		250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
Inventariado		650.00	650.00	650.00	650.00	650.00
Ingresos (S)						
Ganancias por la implementación		105577.01	105577.01	105577.01	105577.01	105577.01
Flujo de Caja (S/)	-95026.98	38149.01	38149.01	38149.01	38149.01	38149.01

Nota. Los importes de las ganancias y de los egresos después del año 1 se consideraron iguales para cada año.

3.4.4. Análisis de los indicadores económicos

Con el flujo de caja estructurado para la empresa ORTEV SAC, se determinaron los indicadores económicos como el VAN, la TIR y el B/C, para ello se consideró un costo de

oportunidad (COK) a la tasa de interés del sistema financiero peruano para empresas del rubro PYME que es del 17.35% (SBS, 2022):

Tabla 84

Análisis económico

Periodo	Ingreso (S/)	Egreso (S/)	Flujo Efectivo Neto (S/)	Tasa de actualización	Ingresos actualizados	Egresos actualizados	Valor actual neto	Valor actual neto acumulado
0		95026.98	-95026.98	1.000	0	95026.98	-95026.98	-95026.98
1	105577.01	67428.00	38149.01	0.852	89967.63	57458.88	32508.74	-62518.24
2	105577.01	67428.00	38149.01	0.726	76666.06	48963.68	27702.38	-34815.86
3	105577.01	67428.00	38149.01	0.619	65331.12	41724.49	23606.63	-11209.23
4	105577.01	67428.00	38149.01	0.527	55672.02	35555.59	20116.43	8907.20
5	105577.01	67428.00	38149.01	0.449	47441.01	30298.76	17142.25	26049.45
	527885.05	432166.98	95718.07		335077.83	309028.38	26049.45	

Nota. Los datos fueron procesados en el programa Microsoft Excel Versión 2019.

Valor Presente Neto (VAN)

La Tabla 84 indica que el valor presente neto obtenido es de S/ 26 049.45, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + k)^t} - I_0$$

Ya que el resultado es positivo se asume que la implementación del sistema de gestión del mantenimiento preventivo es viable para la empresa ORTEV SAC.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para obtener la TIR se utilizó la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ actualización = (1 + Tasa)^{año}$$

Con la aplicación de las fórmulas en la Tabla 84 por medio del programa Microsoft Excel, la TIR resultante es de 28.8%, al ser mayor que el COK de 17.35%, entonces se

puede decir que la implementación del sistema de gestión del mantenimiento preventivo es rentable en la empresa ORTEV SAC.

Costos Beneficio (B/C)

Para el cálculo del costo beneficio, se desarrolló la división de los ingresos actualizados entre los egresos actualizados de la Tabla 84:

$$B/C = \frac{335077.83}{309028.38}$$

$$B/C = 1.10$$

Por ende, como el B/C es mayor que 1, se asume que la propuesta es rentable para la empresa ORTEV SAC, es así que, por cada S/ 1.00 invertido en la implementación del sistema de gestión del mantenimiento preventivo, la empresa ganará S/ 0.10.

Tabla 85

Indicadores económicos

VAN	26049.45	Se acepta
TIR	28.8%	Se acepta
B/C	1.10	Se acepta

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Según los resultados mostrados se discute:

Con respecto al primer objetivo específico, diagnosticar la situación actual de la gestión del mantenimiento preventivo y la disponibilidad de los equipos de inspección, se analizó el área de inspección técnica vehicular de la empresa por medio de la observación y del análisis documental, encontrando que 10 causas raíz incidían más en la baja disponibilidad de los equipos las cuales fueron: Constantes mantenimientos correctivos, fallas frecuentes, falta de capacitaciones, falta de stock de repuestos, repuestos alternativos escasos, poca vida útil, falta de combustible, mala operación de equipos, falta de planificación y deficiencias en las calibraciones, luego se determinó que los equipos más críticos fueron el Frenómetro de rodillos livianos, el banco de pruebas de suspensión, el detector de holguras y el medidor de alineación de ruedas al paso, para la línea combinada, mientras que para la línea mixta fueron el Frenómetro de rodillos pesados, el detector de holguras y el medidor de alineación de ruedas al paso. Posteriormente, con la guía de observación, se obtuvo que el cumplimiento de los procesos llegó al 70%, la planificación de mantenimiento solo fue de 6 horas, la operatividad de los equipos en ambas líneas alcanzó el 91%, la utilización de los equipos críticos llegó al 86% para ambas líneas y las reparaciones correctivas comprendieron 142 horas y 30 minutos, además, la disponibilidad de los equipos críticos, en ambas líneas, solo llegó al 87.6%, valor por debajo del mínimo esperado por la empresa que es del 95%, estos resultados evidenciaron las deficiencias encontradas en la gestión del mantenimiento lo cual repercutía en la rentabilidad ya que se registraron en el 2022, pérdidas de S/ 110 106.90. Estos resultados concuerdan con la investigación de Aldana (2019), que tras diagnosticar por medio de la observación la situación de la gestión del mantenimiento de equipos mineros en una empresa constructora,

encontró que la baja disponibilidad se daba por la falta de métodos para las inspecciones de los equipos electrónicos, no se tienen cronogramas de mantenimiento, falta de repuestos, entre otros, todo ello perjudicando el flujo de actividades de transporte del material ya que se manifestaban paradas por las fallas presentes. Así mismo Girón y Montoya (2019) en su investigación tras evidenciar deficiencias en el mantenimiento de minicargadores, determinaron que las fallas en la gestión provocaban una baja disponibilidad de los equipos que llegó al 78.96%, evidencia de que no tener bien definidos los parámetros de mantenimiento ni contar con los métodos que permitan optimizar la utilización de los equipos, perjudica significativamente el cumplimiento de las actividades productivas.

Con respecto al segundo objetivo específico, diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, tras el diagnóstico inicial y determinar las falencias en la gestión y la baja disponibilidad de los equipos críticos, se efectuó el diseño del sistema de gestión del mantenimiento preventivo para los equipos más críticos del área de inspección técnica vehicular, para ello se elaboraron los objetivos del diseño, el alcance, la difusión y las políticas del diseño, todo ello basado en las directivas del mantenimiento preventivo (Wang et al, 2020). Luego se propuso la implementación del departamento de mantenimiento para de esta forma poder gestionar todas las funciones de inspección, aunado a ello se estructuraron formatos de funciones para los responsables del mantenimiento, formatos para las etapas de planificación del mantenimiento, un cronograma de mantenimiento de los equipos críticos en base al manual del fabricante para la etapa de programación y un diagrama de flujo para la fase de ejecución, además, se diseñaron formatos para las inspecciones y auditorías, diagramas de flujo para optimizar las actividades de mantenimiento de cada equipo crítico y como complemento se tomó en cuenta el diseño de la gestión de repuestos y del mantenimiento autónomo. Todo ello con la finalidad de incrementar la disponibilidad de los equipos críticos tanto para línea

combinada como para la línea mixta del área de inspección vehicular. Este diseño concuerda con la investigación de Chuquilin y Castillo (2020), ya que tras evidenciar una baja disponibilidad de los equipos de las unidades móviles de un radio patrulla, diseñó un sistema de mantenimiento preventivo elaborando las políticas y directivas de la gestión, elaborando diagramas de flujo para mejorar las actividades de mantenimiento de los equipos críticos, formatos de inspección, fichas de funciones nuevas de mantenimiento y cronogramas según los estándares de cada equipo, todo ello gestionado por el área de mantenimiento propuesto en el diseño. Del mismo modo Manay y Tello (2020) coinciden en que la elaboración de un sistema de gestión del mantenimiento preventivo tiene que tener una estructura basada en formatos y diagramas estandarizados cuya aplicación y mejora haya sido comprobada sin importar el rubro de la organización.

Con referencia al tercer objetivo específico, estimar la disponibilidad de los equipos de inspección después del diseño de mejora, se observaron diversas investigaciones en las que se demostró que la aplicación de la gestión del mantenimiento preventivo si incrementa la disponibilidad de los equipos, con ello se efectuaron las estimaciones y posibles mejoras de la disponibilidad de los equipos críticos de las línea mixta y combinada, es así que para el cumplimiento de los procesos, según la guía de observación, se estimó que podría aumentar de un 70% hasta un 90%, ya que con la aplicación de los formatos de procesos y el rediseño de los flujogramas de actividades de mantenimiento, se mejoró la calidad del servicio y la agilidad para corregir los defectos ya sea por ausencia de repuestos o por desconocimiento del proceso, además, para la planificación de las horas de mantenimiento se proyectó que con el empleo del manual de fabricante y de las fichas de entradas y salidas, las horas aumentarían de 6 a 80 horas de mantenimiento entre setiembre del 2022 y junio del 2023, la operatividad de los equipos se incrementaría del 91% hasta en un 96.5%, la utilización de los equipos críticos se incrementaría del 86% hasta en un 93%

y las reparaciones correctivas se reducirían de 142 horas y 30 minutos hasta en 72 horas, todo ello influenciando en la mejora de la disponibilidad de los equipos críticos del área de inspección técnica vehicular, ya que se proyectó una mejora del 87.6% hasta un 93% en los próximos 10 meses, estimándose una mejora del 5.40%, con ello se aceptó la hipótesis de que el sistema de gestión del mantenimiento preventivo si incrementará la disponibilidad de los equipos de inspección técnica vehicular en la empresa ORTEV SAC. Estos resultados concuerdan con la investigación de Flores y Chuquipoma (2021) ya que tras aplicar la implementación del mantenimiento preventivo en la maquinaria pesada de una empresa de servicios demostraron que la disponibilidad de los equipos críticos se incrementó en un 5.96%, del mismo modo Bucay y Carillo (2018), expresaron en su investigación que la aplicación de metodologías de mantenimiento reconocidas internacionalmente, como el mantenimiento preventivo, influye significativamente en la operatividad, utilización y disponibilidad de equipos tanto de servicios como manufactureros, ya que en una pruebas demostraron que la disponibilidad de equipos de pintura industrial aumentó hasta en un 27.23%. En tal sentido se puede decir que las investigaciones citadas coinciden en que si existe una relación positiva entre el MP y la disponibilidad de los equipos.

Con respecto al cuarto objetivo específico, realizar la evaluación económica para la viabilidad de la propuesta de mejora del MP, en primer lugar, se estimó la inversión necesaria para implementar las herramientas del mantenimiento preventivo que ascendió a un total de S/ 95 026.98, entre los activos tangibles e intangibles, además, se estimaron las ganancias por implementar la propuesta del MP que ascendieron a un total de S/ 105 577.01, este importe fue considerado según la proyección de ingresos por ventas en los próximos 10 meses y el ahorro de las penalizaciones por contar con el sistema de gestión del MP, es así que se efectuó un flujo de caja con un periodo de 5 años estimando como

ingresos a las ganancias por implementar y como egresos a la inversión para la implementación del MP, con ello se obtuvieron los valores de los indicadores económicos como el VAN de S/ 26 049.45, una TIR de 28.8% y un B/C de 1.10, estos valores al ser positivos demostraron que la propuesta del diseño del sistema de gestión del MP es viable y rentable económicamente para ser implementado en la empresa ORTEV SAC. Estos resultados concuerdan con la investigación de Leiva y Zegarra (2022) ya que tras aplicar el MP para incrementar la disponibilidad de las máquinas de una empresa metalmecánica, evaluaron la viabilidad económica de la propuesta obteniendo un VAN de S/ 149 103.96, una TIR de 34% y un B/C de 1.72, de esta forma se demuestra que la aplicación de herramientas de mejora en el área del mantenimiento no solo genera una mejor disponibilidad de los equipos, además de ello, genera ingresos rentabilizando la operatividad de la empresa.

4.2. Conclusiones

Se diagnosticó la situación de la gestión del mantenimiento de la empresa obteniendo un bajo cumplimiento de los procesos, exceso de horas en las reparaciones de los equipos críticos, todo ello repercutiendo en que la disponibilidad de los equipos fuese de un 87.6%, generando pérdidas de hasta S/ 110 106.90, concluyendo en que la empresa no tiene un sistema de gestión del MP perjudicando la disponibilidad de los equipos y la estabilidad económica de la empresa.

Se diseñó un sistema de gestión del MP para la empresa ORTEV SAC por medio de formatos de funciones, diagramas de flujo para optimizar las operaciones de mantenimiento, fichas de inspección y auditorías, cronogramas, capacitaciones y el diseño de la gestión de repuestos y del mantenimiento autónomo, con ello se concluyó en que el diseño del sistema de gestión del MP es viable técnicamente en la empresa ORTEV SAC.

Se estimó la disponibilidad de los equipos de inspección después del diseño por medio de estudios y antecedentes en los que se demostraron que la aplicación del MP si incrementa la disponibilidad de los equipos y máquinas, es así que en la empresa ORTEV SAC se incrementaría la disponibilidad de los equipos hasta en un 5.40%, concluyendo en que el diseño del sistema de gestión del MP influye positivamente en la disponibilidad de los equipos de inspección.

Se evaluó la viabilidad económica de la propuesta del diseño del MP, obteniendo un VAN de S/ 26 049.45, una TIR de 28.8% y un B/C de 1.10, concluyendo en que implementar la propuesta de mejora, es viable económicamente para la empresa ORTEV SAC, ya que por cada S/ 1.00 que se invierte en la propuesta se ganaría S/ 0.10.

Se recomienda no dejar desabastecidos el almacén de repuestos para no ocasionar demoras en los procesos de mantenimiento y lograr su cumplimiento. Por otro lado, se tiene

que cumplir con las programaciones, instruir al personal, aplicar todos los formatos diseñados, del mismo modo actualizarlos cada cierto periodo de tiempo. Por último, determinar periódicamente los indicadores de gestión como el de la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad para evaluar la gestión del mantenimiento, sino para corregir errores.

Referencias

- Alcántara, M. (2021). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar los índices de confiabilidad en la Empresa Kusimayu S. A. C.* Lima - <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11571>: Universidad Continental.
- Aldana, C. (2019). *Gestión del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras S.A.* Lima - <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4374>: Universidad Nacional del Callao. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4374/aldana%20gallo%20fime%20maestria%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Apaza, H. (2021). *Implementación de gestión de mantenimiento preventivo para disminuir los costos operacionales en una empresa de transporte, Callao 2021.* Lima - <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97093>: Universidad César Vallejo.
- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación* (3 ed.). México : Patria, S.A. de C.V. Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Benites, L., Villalb, K., Arias, D., Berrios, M., & Cano, S. (2021). Aula invertida en una plataforma virtual para el desarrollo de competencias. Caso de estudio: curso de investigación aplicada. *Revista Campus Virtuales*, 185-193 - Doi: <http://www.uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/889>.

Bucay, J., & Carrillo, M. (2018). *Optimización de la gestión del mantenimiento basado en la disponibilidad operacional de equipos en la planta de pintura de la Empresa*

Ciauto Ambato - Ecuador. Riobamba -

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9825>: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9825/1/25T00333.pdf>

Chuquilin, R., & Castillo, R. (2020). *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las unidades móviles del escuadrón*

de radio patrulla en la región policial de Cajamarca, 2020. Universidad Privada

Del Norte. Cajamarca - <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2806809>:

Universidad Privada del Norte. Obtenido de

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24369>

Díaz, L., & Velaochaga, J. (2019). *Incremento de disponibilidad operativa en equipos*

críticos a través de la mejora en gestión del mantenimiento preventivo - Proyecto

Especial CHINECAS, 2019. Chimbote -

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45415>: Universidad César Vallejo.

Fernández, E., & Gonzáles, R. (2018). *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y*

TPM. Asturias -

[https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=200A)

[20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=200A](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=200A)

[EBF3B44F0218A36FAB6968762602?sequence=1](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=200A): Universidad de Oviedo.

Obtenido de

[https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%C3%B3n?se](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%C3%B3n?sequence=1)

[quence=1](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%C3%B3n?sequence=1)

- Flores, N., & Chuquipoma, N. (2021). *PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA SERVICIOS GENERALES “VIVIANA E.I.R. L”, DISTRITO HUARMACA – PIURA*. Jaén - <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/419>: Universidad Nacional de Jaén. Obtenido de http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/419/1/Flores_DNW_Chquipoma_FN.pdf
- Gallo, C. (2019). *Gestión del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras SA*. Callao - <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4374>: Universidad Nacional del Callao.
- Gasca, M., Camargo, L., & Medina, B. (12 de Octubre de 2020). Gestión del mantenimiento para la confiabilidad operacional. *Revista Espacios*, 41(47), 250 - 261 - Doi: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n47/a20v41n47p18.pdf>. doi:10.48082/espacios-a20v41n47p18
- Gioda, A., Ventura, L., Oliveira, F., & Márcio, D. (2020). Inspection and maintenance programs for in-service vehicles: an important air pollution control tool. *Journal Sustainable Cities and Society*, 53 - Doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670719322164>.
- Girón, O., & Montoya, G. (2019). *Gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los minicargadores Wacker Neuson en la empresa JJC Maquinarias S.A.C – Lima, 2019*. Lima - <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53664>: Universidad César Vallejo. Obtenido de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53664/Gir%c3%b3n_LOJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guamán, K., Hernández, E., & Lloay, S. (2021). El proyecto de investigación: la metodología de la investigación científica o jurídica. *Revista Conrado*, 163-168 - Doi: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000400163. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Holguín, M., & Real, G. (Agosto de 2021). Gestión y planificación de mantenimientos en válvulas de dique flotante en base a su entorno. *Revista Dominio de las ciencias*, 7(4), 2253-2267 - Doi: <https://dominiodelasciencias.com/index.php/es/article/view/2261>. doi: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2261>

Huang, J., Chang, Q., & Arinez, J. (2020). Deep reinforcement learning based preventive maintenance policy for serial production lines. *Journal Expert Systems with Applications*, 160 - Doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095741742030525X>.

Leiva, E., & Zegarra, Y. (2022). *Diseño de un sistema de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de máquinas en el área de componentes en la Empresa Metal Industria HVA S.R.L - Cajamarca*. Cajamarca - <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30672>: Universidad Privada Del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30672>

Lescano, L. (2018). *METODOLOGÍA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS PARA ELEVAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS WARTSILA LNGD16V32 UBICADOS EN LA CENTRAL DE GENERACIÓN SECOYA*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE

CHIMBORAZO. RIOBAMBA -

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8379>: ESCUELA SUPERIOR

POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Obtenido de

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8379/1/20T01024.PDF>

Loffredo, A., Frigerio, N., Lanzarone, E., & Matta, A. (2021). Energy-efficient control policy for parallel and identical machines with availability constraint. *Journal IEEE Robotics and Automation Letters*, 5713-5719 - Doi: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9444636>.

Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CIENCIAMÉRICA: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

Maco, C., & Palomino, M. (2022). *Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de montacargas del área de revestimiento de caucho de una empresa metalmecánica en la ciudad de Lima, 2022*. Lima - <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32392>: Universidad Privada del Norte.

Manay, F., & Tello, J. (2020). *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de volquetes mercedes benz modelo actros 3344k en la Empresa Divemotor Cajamarca*. Cajamarca - <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24841>: Universidad Privada Del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24841>

Mora Gutiérrez, A. (2009). *Planeación, ejecución y control* (1 ed.). México: Alfaomega.

Nacarino, J. (2022). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos médicos del área de hospitalización del Hospital*

Simón Bolívar de Cajamarca - 2021. Cajamarca -

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32498>: Universidad Privada del Norte.

Pacheco, B. (2018). Propuesta de implementación de un sistema de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en RCM para la reducción de fallas de la maquinaria de la Empresa Hydro Pátapo S.A.C. *Repositorio Institucional*.

[Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, Tesis para optar el título de ingeniero industrial], Chiclayo, Perú. Obtenido de

<http://hdl.handle.net/20.500.12423/1353>

Pacheco, B., & Larissa, F. (2018). *Propuesta de implementación de un sistema de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en RCM para la reducción de fallas de la maquinaria de la Empresa Hydro Pátapo S.A.C.* [Universidad

Católica Santo Toribio De Mogrovejo, Tesis para optar el título de ingeniero

industrial]. Chiclayo - <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/1353>:

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Obtenido de

<http://hdl.handle.net/20.500.12423/1353>

Pillado, M., Castillo, V., & Riva, J. (2022). Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas. *RIDE*.

Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 24 - Doi:

<https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1218> .

Quispe, S. (2022). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos del taller de servicios oleo hidráulicos de la empresa Bullón Hidráulica SAC Lima.* Callao -

<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/7054>: Universidad Nacional del Callao.

- Redondo, P., & Fuentes, J. (2020). La investigación sobre el Aprendizaje-Servicio en la producción científica española: una revisión sistemática. *Revista complutense de educación*, 69-83 - Doi:
<https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/193369>.
- Saenz, M. (2022). *Empleo en el Perú cerró el 2022 con alta tasa de informalidad*. Lima - <https://rpp.pe/economia/economia/empleo-en-el-peru-cerro-el-2022-con-alta-tasa-de-informalidad-noticia-1455530#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20INEI%2C%20la%20informalidad,70%20%25%20de%20trabajadores%20son%20informales.:> Radio Programas del Perú.
- Sarbini, N., Ibrahim, I., Abidin, N., Yahaya, F., & Azizan, N. (2021). Review on maintenance issues toward building maintenance management best practices. *Journal of Building Engineering*, 44 - Doi:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221008433>.
- SBS. (2022). *TASA DE INTERÉS PROMEDIO DEL SISTEMA DE EMPRESAS DE CRÉDITOS*. Obtenido de <https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPortal/Paginas/TIActivaTipoCreditoEmpresa.aspx?tip=E>
- Statista. (13 de Abreil de 2022). *Número de turismos y vehículos ligeros vendidos en Estados Unidos en 2020 y 2021, según el fabricante*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/634261/estados-unidos-ventas-de-automoviles-por-fabricante-diciembre/>
- Tejada, J. (2019). *Propuesta de Modelo de Optimización de la Disponibilidad de Maquinaria y Equipo del Área de Maestranza de la Empresa FAMAI, Utilizando la Metodología del Mantenimiento Productivo Total –TPM*. Univesidad Tecnológica del Perú. Arequipa - <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2059>:

Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de

https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2059/Jhon%20Tejada_Tesis_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Wang, N., Ren, S., Liu, Y., Yang, M., Wang, J., & Huisingh, D. (2020). An active preventive maintenance approach of complex equipment based on a novel product-service system operation mode. *Journal of Cleaner Production*, 277 - Doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620334107>.

Ypanaqué, S., & Chucuya, R. E. (2017). Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de una grúa de 50 toneladas. *Revista INGnosis*, 309-322 - Doi: <https://doi.org/10.18050/ingnosis.v3i2.2045>.

Zhou, Q., Chen, R., Huang, B., Liu, C., Yu, J., & Yu, X. (2019). An automatic surface defect inspection system for automobiles using machine vision methods. *Journal Sensors*, 644 - Doi: <https://doi.org/10.3390/s19030644>.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
V.I. Sistemas de gestión de mantenimiento preventivo	Es un conjunto de procedimientos o etapas que se diseñan para hacer seguimiento a los activos físicos de una empresa, a través de la supervisión constante a los planes, acciones y tareas de mantenimiento, con el único propósito de mantenerlos en funcionamiento (Callirgos, 2021).	Procesos	Porcentaje de cumplimiento de los procesos	
		Planificar	N° de horas de mantenimiento programado	
		Operatividad de los equipos	Porcentaje de operatividad de los equipos	
		Utilización de los equipos críticos	Porcentaje de utilización de los equipos	
V.D. Disponibilidad	Es la probabilidad de que un equipo este a disposición de los operadores para cumplir su función para lo cual fue diseñado. Este indicador mucho depende de cuán frecuente se produzcan los fallos y de cuánto tiempo se requiere para corregirlo (Aldana, 2019).	Reparaciones correctivas de los equipos críticos	Tiempo muerto (horas)	
		Fiabilidad de los equipos críticos	Tiempo (horas) medio entre fallas (MTBF)	
		Mantenibilidad de los equipos críticos	Tiempo (horas) medio de reparación (MTTR)	Razón
		Disponibilidad de equipos críticos	Porcentaje de disponibilidad	

Anexo 2


Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población
	Objetivo general:		Variable independiente	Tipo de investigación	Todas las áreas de la Empresa ORTEV S.A.C, noviembre 2021 a agosto 2022.
	Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de equipos de inspección técnica vehicular de la Empresa ORTEV S.A.C. – 2020.		Sistemas de gestión de mantenimiento preventivo	Según su propósito: Aplicada	Muestra
¿En qué medida el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo incrementará la disponibilidad de equipos de inspección técnica vehicular en la Empresa ORTEV SAC?	Objetivos específicos	Con el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo se incrementará significativamente la disponibilidad de equipos de inspección técnica vehicular en la Empresa ORTEV SAC.	Variable dependiente	Según su enfoque: Cuantitativa	La muestra está expresada por el proceso del mantenimiento en la Empresa ORTEV S.A.C, noviembre 2021 a agosto 2022.
	. Diagnosticar la situación actual de la Empresa en cuanto a la gestión de mantenimiento preventivo y la disponibilidad de los equipos de inspección.		Disponibilidad	Diseño de investigación	
	. Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo en la Empresa ORTEV S.A.C.			No experimental	
	. Estimar la disponibilidad de equipos de inspección después del diseño de la Empresa.			Técnicas e instrumentos	
	. Realizar una evaluación económica para evaluar la viabilidad de la propuesta de mejora.			Observación directa - Guía de observación	

Encuesta -
Cuestionario de
priorización
Análisis
documental -
Manuales de los
equipos
Método de análisis
de datos
Inductivo -
deductivo

Anexo 3

Diagrama de análisis de operaciones del proceso de inspección vehicular (DAP)

Empresa	ORTEV SAC
Proceso	Inspección técnica vehicular
Área	Inspección
Descripción	
	Observaciones
Configuración de equipo	
Ingreso del vehículo a planta	
Digitar el kilometraje	
Prueba de gases	
Prueba de luz (alta y baja)	
Prueba de reflectividad	
Medir ranuras de neumáticos	
Prueba de sonómetro	
Inspección visual (interno y externo)	
Avanzar a la siguiente prueba	
Prueba de alineamiento delantero	
Avanzar a la siguiente prueba	
Prueba de alineamiento posterior	
Avanzar a la siguiente prueba	
Espera por avería	
Prueba de freno delantero	
Avanzar vehículo	
Prueba de freno posterior	
Avanzar a la siguiente prueba	
Prueba de suspensión delantera	
Avanzar vehículo	
Prueba de suspensión posterior	
Avanzar a la siguiente prueba	
Prueba de holgura eje delantero	
Avanzar vehículo	
Prueba de holgura eje posterior	
Fin de prueba	
	Total (minutos)

Anexo 4

Cuestionario de priorización de causas raíz

Empresa: ORTEV SAC

Área de aplicación: Inspección técnica vehicular

Problema: Baja disponibilidad de equipos

Marque con una “X” según su criterio la incidencia de cada causa raíz en el problema:

- 1 = **Nunca** generan baja disponibilidad
- 2 = **Casi nunca** generan baja disponibilidad
- 3 = **A veces** generan baja disponibilidad
- 4 = **Casi siempre** generan baja disponibilidad
- 5 = **Siempre** generan baja disponibilidad

Cuestionario priorización

CR	Descripción	Calificación				
		1	2	3	4	5
CR 1	Deficiencias en las calibraciones de los equipos					
CR 2	Condiciones ambientales desfavorables					
CR 3	Falta de planificación					
CR 4	Falta de estructuración de procedimientos					
CR 5	Trabajos de reparación mal realizados					
CR 6	Falta de capacitaciones y experiencia					
CR 7	Mal uso de herramientas					
CR 8	Constantes mantenimientos correctivos					
CR 9	Poca vida útil					
CR 10	Fallas frecuentes					
CR 11	Mala operación de equipos					
CR 12	Falta de combustible					
CR 13	Repuestos alternativos escasos					
CR 14	Falta de stock de repuestos					
CR 15	Retraso de llegada de materiales					

Anexo 5

Guía de observación de los diagramas DOP de los procesos

Empresa: ORTEV SAC

Área: Inspección Técnica Vehicular

Observador: Investigador

Cumplimiento

Procesos	Cumplimiento	Incumplimiento	Observación
Diagrama DOP: Cambiado de cadena del Frenómetro			
Diagrama DOP: Cambiar amortiguadores de rodillo			
Diagrama DOP: Cambiar rodaje			
Diagrama DOP: Cambiar resorte			
Diagrama DOP: Cambiado de manguera de presión hidráulica			
Diagrama DOP: Cambio de pistas de ejes deslizantes			
Diagrama DOP: Cambiar billas de acero			
Diagrama DOP: Cambiar aguja			
Diagrama DOP: Cambiar termostato			
Diagrama DOP: Cambiar faja de alternador			

Anexo 6

Desarrollo de la Guía de observación de los diagramas DOP de los procesos

Procesos	Cumplimiento	Incumplimiento	Observación
Diagrama DOP: Cambiado de cadena del frenometro		X	Engranaje de cadena deteriorada y no hay repuesto
Diagrama DOP: Cambiar amortiguadores de rodillos	X		
Diagrama DOP: Cambiar rodaje		X	Herramienta extractora se rompió
Diagrama DOP: Cambiar resorte	X		
Diagrama DOP: Cambiado de manguera de presión hidráulica	X		
Diagrama DOP: Cambio de pistas de ejes deslizantes		X	Eje en mal estado y no hay repuesto
Diagrama DOP: Cambiar billas de acero	X		
Diagrama DOP: Cambiar aguja	X		
Diagrama DOP: Cambiar termostato	X		
Diagrama DOP: Cambiar faja de alternador	X		Quemaduras en el cuerpo
Total	7	3	

Anexo 7

Cuestionario de Percepción de la gestión de mantenimiento en la empresa ORTEV

SAC

Área: Inspección técnica vehicular

Encargado: Ingeniero Supervisor

El presente cuestionario está dirigido a usted por su implicancia en el desarrollo de las actividades de mantenimiento de los equipos de inspección del área de Inspección técnica vehicular de la empresa, por ello se le solicita su colaboración para responder las siguientes preguntas según su percepción sobre la gestión actual de mantenimiento.

A continuación, se le presenta la escala valorativa y los ítems correspondientes:

Ponderaciones

1	2	3	4
Muy en desacuerdo	Desacuerdo	De acuerdo	Muy en de acuerdo

A. Cuestionario dirigido a los operarios encargados del mantenimiento de la empresa

ORTEV SAC

Encuesta, marcar con una “X”, donde crea conveniente:

N°	Ítems	Escala valorativa			
		1	2	3	4
1	¿La empresa tiene un Plan de mantenimiento preventivo?				
2	¿La empresa cuenta con un proceso de mantenimiento establecido?				
3	¿Los encargados de mantenimiento están capacitados para resolver cualquier tipo de falla o avería?				
4	¿Se realiza inspección periódica a los equipos?				
5	¿Cuentan con registro de los repuestos que se usan en las reparaciones de los equipos?				
6	¿La empresa mantiene registro preciso de fallas de sus equipos?				

- 7 ¿El tiempo de realización de actividades de mantenimiento es registrado y evaluado?
-
- 8 ¿La empresa utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?
-

B. Cuestionario dirigido al administrador e ingeniero supervisor de equipos de la empresa ORTEV SAC

Encuesta, marcar con una “X”, donde crea conveniente:

N°	Ítems	Escala valorativa			
		1	2	3	4
1	¿Cuál es su opinión actual respecto a la gestión de mantenimiento de los equipos de inspección técnica?				
2	¿Qué tipo de mantenimiento desarrollan en sus equipos?				
3	¿Cómo valora la capacidad de solución de los técnicos ante una avería o reparación?				
4	¿De qué manera la empresa les hace seguimiento a los costos de mantenimiento y reparación?				
5	¿Cómo evalúan los tiempos operativos y fuera de servicio de sus equipos?				
6	¿Qué herramientas o metodologías utilizan para facilitar los trabajos de mantenimiento?				
7	¿Cómo planifican, ejecutan y controlan las actividades de mantenimiento? ¿Quién lo hace?				
8	¿Cuáles son los principales problemas que tiene la empresa respecto al mantenimiento?				
9	Para usted, ¿De qué manera se podría mejorar la disponibilidad de equipos a fin de brindar un mejor servicio?				
10	¿Cómo cree que se debe evitar las fallas repetitivas?				

Gracias por su participación.

Anexo 8

Resultados de la aplicación de la encuesta realizada al personal operario del mantenimiento

N°	Ítems	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	Total
1	¿La empresa tiene un Plan de mantenimiento preventivo?	2	3	2	3	2	2	14
2	¿La empresa cuenta con un proceso de mantenimiento establecido?	2	3	2	2	2	3	14
3	¿Los encargados de mantenimiento están capacitados para resolver cualquier tipo de falla o avería?	2	2	3	1	2	1	11
4	¿Se realiza inspección periódica a los equipos?	2	2	3	2	3	3	15
5	¿Cuentan con registro de los repuestos que se usan en las reparaciones de los equipos?	2	1	3	2	1	2	11
6	¿La empresa mantiene registro preciso de fallas de sus equipos?	2	3	2	2	3	1	13
7	¿El tiempo de realización de actividades de mantenimiento es registrado y evaluado?	2	3	3	2	2	2	14
8	¿La empresa utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?	2	2	2	3	3	3	15

Nota. T: Técnico.

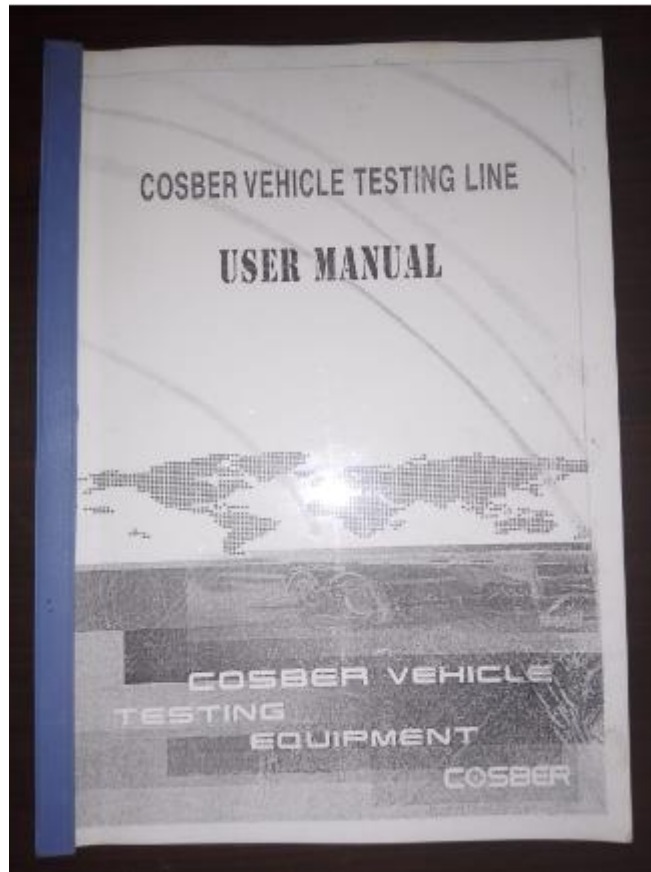
Resultados de la aplicación de la encuesta realizada al administrador y al ingeniero supervisor de equipos

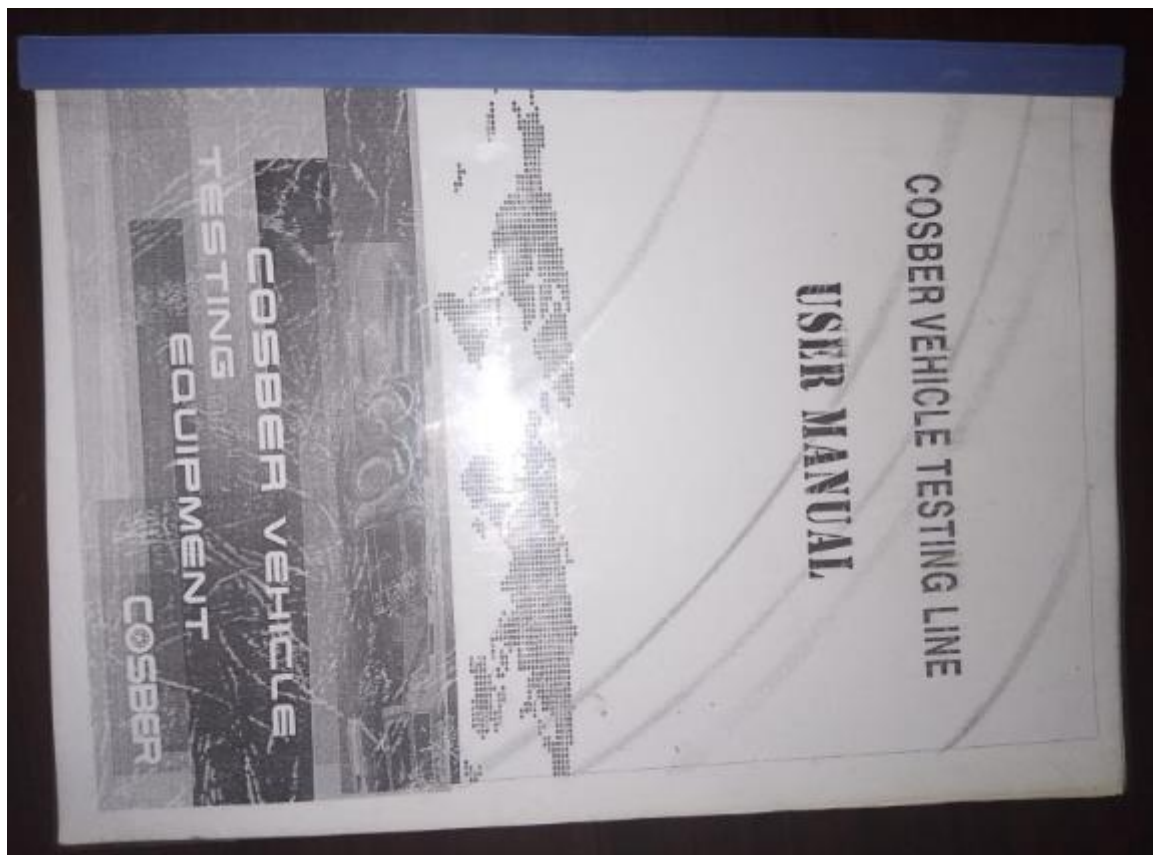
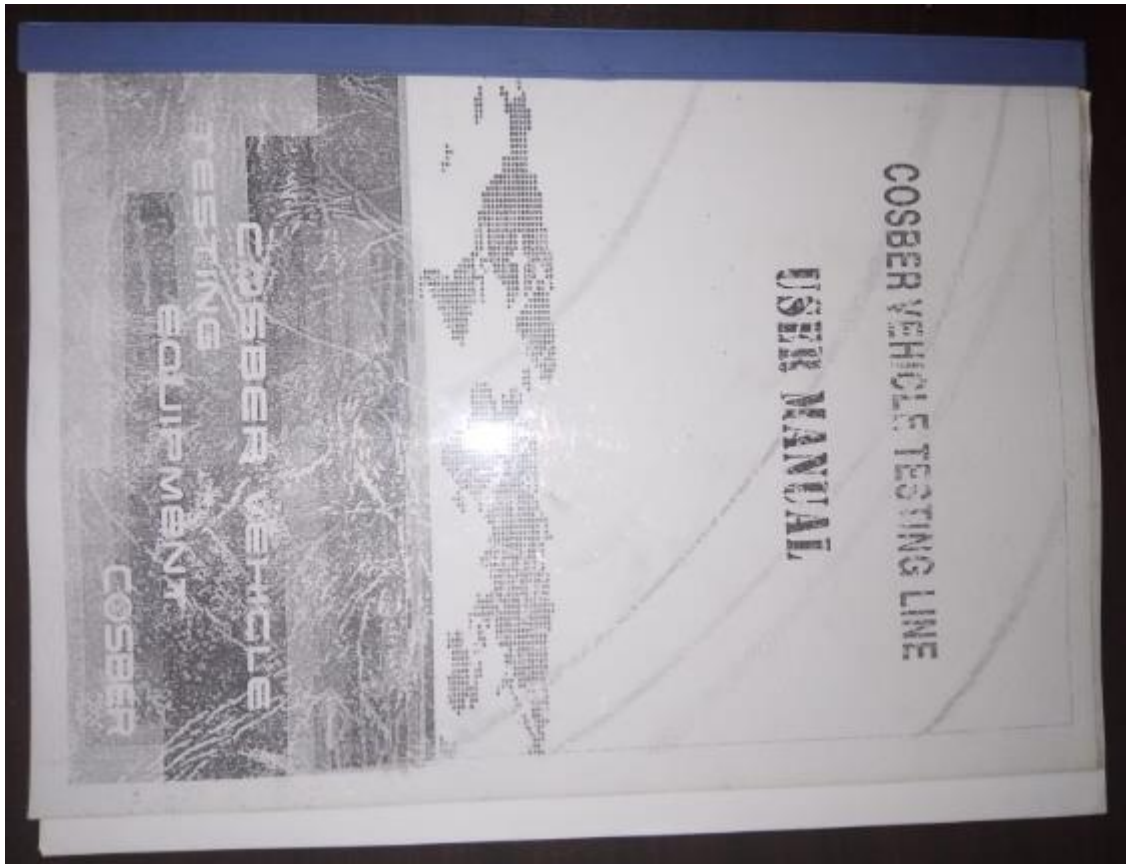
N°	Ítems	Administrado	Supervisor
1	¿Cuál es su opinión actual respecto a la gestión de mantenimiento de los equipos de inspección técnica?	Por mejorar.	Falta más métodos.
2	¿Qué tipo de mantenimiento desarrollan en sus equipos?	Correctivo.	Correctivo, reparaciones.
3	¿Cómo valora la capacidad de solución de los técnicos ante una avería o reparación?	Por mejorar.	Por mejorar.
4	¿De qué manera la empresa les hace seguimiento a los costos de mantenimiento y reparación?	Registros del área de inspección.	Datos y registros del mantenimiento.
5	¿Cómo evalúan los tiempos operativos y fuera de servicio de sus equipos?	No se tiene un método estándar	Se desarrolla de manera empírica.
6	¿Qué herramientas o metodologías utilizan para facilitar los trabajos de mantenimiento?	No se tiene un método estándar.	Se desarrolla según los equipos que fallas.
7	¿Cómo planifican, ejecutan y controlan las actividades de mantenimiento? ¿Quién lo hace?	Se revisan las fallas según el equipo.	Según el cronograma del fabricante, pero no se tiene uno específico.
8	¿Cuáles son los principales problemas que tiene la empresa respecto al mantenimiento?	Las paradas y fallas.	Paradas y fallas.

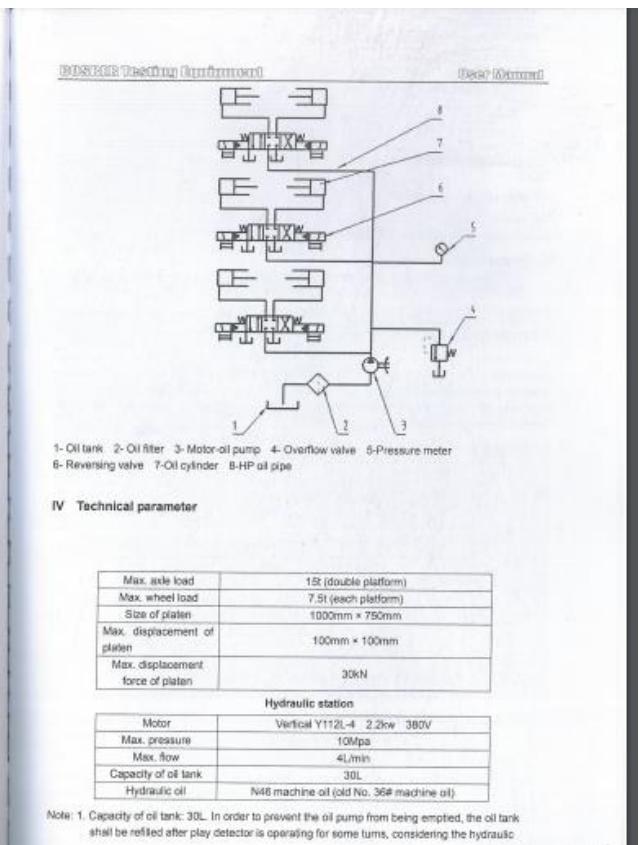
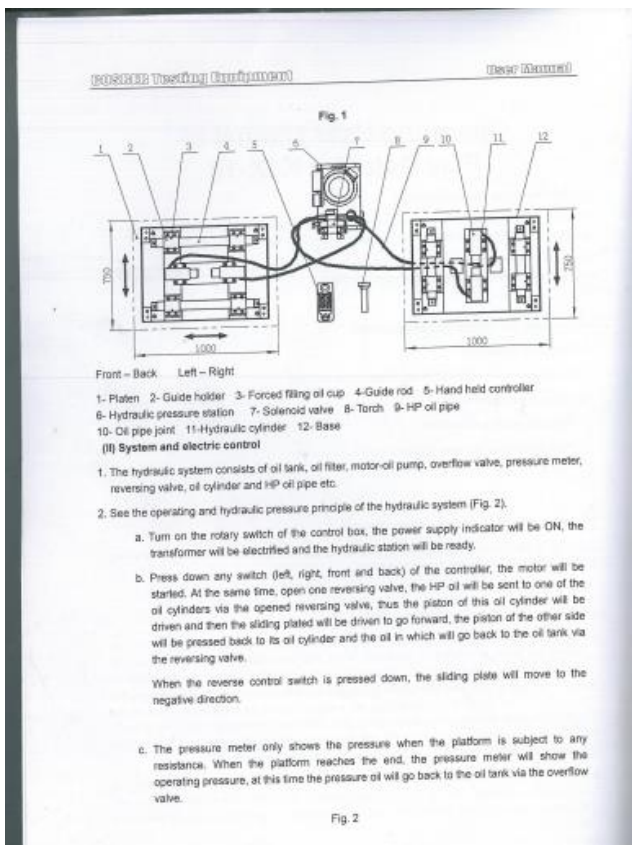
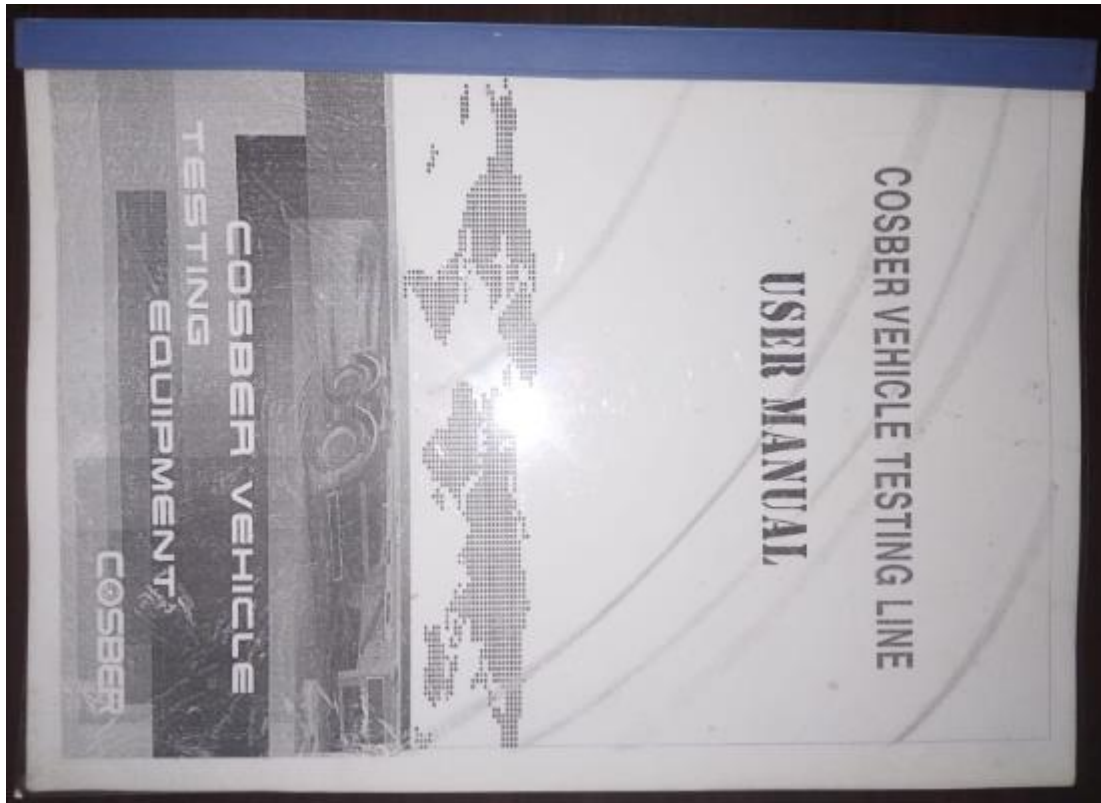
9	Para usted, ¿De qué manera se podría mejorar la disponibilidad de equipos a fin de brindar un mejor servicio?	Aplicando un método de mejora del área.	Implementando un sistema de gestión de mantenimiento.
10	¿Cómo cree que se debe evitar las fallas repetitivas?	Con un mantenimiento eficaz.	Aplicando métodos para prevenir la falla del equipo.

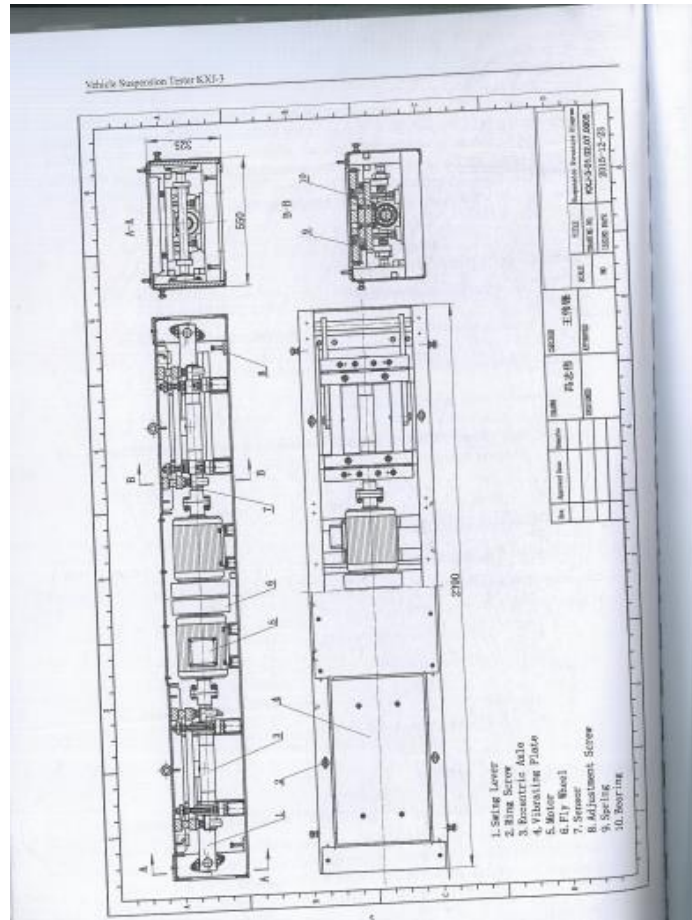
Anexo 9

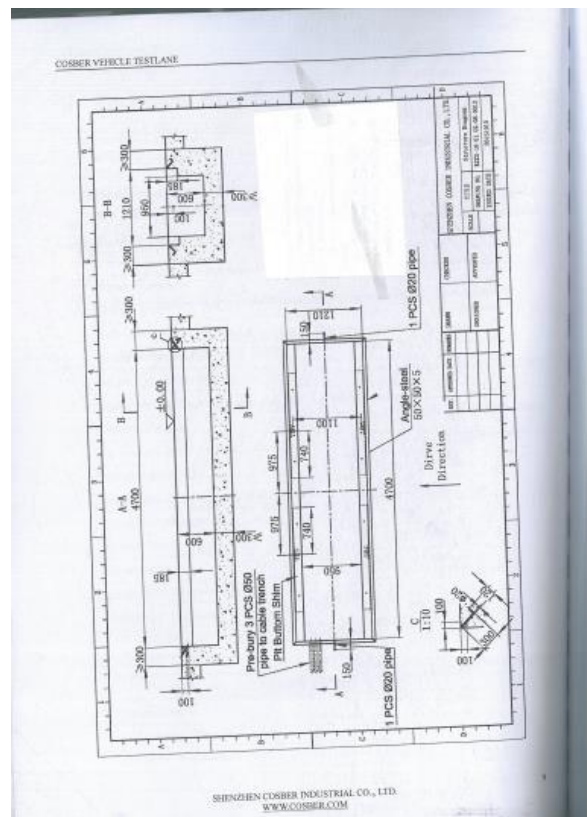
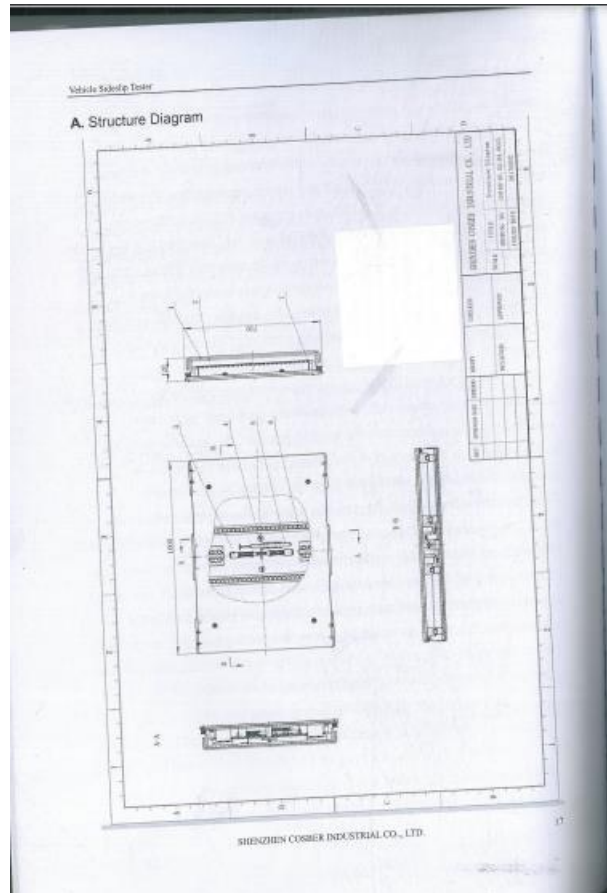
Análisis documental, revisión de los manuales de los equipos y máquinas presentes en las operaciones de inspección y mantenimiento de la empresa ORTEV SAC.













Anexo 10

Registro de costos extras por deficiencias en el mantenimiento, periodo noviembre

2021 – agosto 2022.

			
Estructura de costos Noviembre 2021 - Agosto 2022			
Concepto	Cantidad	C. Unitario (S/)	Costo total (S/)
Ingresos por ventas			
Servicios de inspección	6501	120.50	783370.50
Mano de obra extra			
Horas extras de operarios	1100	9.20	10120.00
Personal externo	4	4500.00	18000.00
Materiales			
Cadena de Frenómetro	7	190.00	1330.00
Amortiguadores de rodillos	9	278.40	2505.60
Rodajes	25	120.00	3000.00
Manguera	20	49.90	998.00
Pistas de ejes deslizantes	5	347.80	1739.00
Billa de acero	56	39.90	2234.40
Termostato	6	249.40	1496.40
Faja de alternador	8	301.00	2408.00
Herramientas	55	39.9	2194.50
Servicios			
Pago extra de electricidad	1300	0.62	806.00
Penalizaciones			
Reprogramaciones de inspecciones	101	250.00	25250.00
Cancelaciones de inspecciones	45	845.00	38025.00
Total (S/)			110106.90
Área responsable: Contable			
Visado por: Área Administrativa			
Responsables de reportes: Jefe del área de MTTO			
			

11 DE JULIO DEL 2023- REPORTE ECONOMICO - Excel

MTCA REPORTE ECONOMICO
FECHA: 11 JULIO DEL 2023
Responsable: MABEL NOVOA

INGRESOS

Placa	Cliente	Categoría	Tipo de Inspección	N° Hoja	Código del MTC	Costo del servicio S/.	Pago con voucher			Pago en efectivo		N° DE COMPROMISOS	Observación	
							Banco	Importe S/.	Fecha depósito	Clase validación	Con Boleta y Factura			Con Recibo de Ingresos
PKW-752	EMPRESA DE TRANSPORTES Y SERVICIOS MULTIPLES UNION SRL	PI2 INTERPRETO VINCIAL	Ordinaria + Complementaria	ZZ-098341	C-2023-213-325-006295	S/ 35.00					0.00	35.00	RD 015138	
W2N-751	GARCIA EUGENIO ERLINDO	MTCARICA	Ordinaria + Complementaria	ZZ-098342	C-2023-213-325-006296	S/ 60.00	ORTEV	60.00			0.00	0.00	RD 015139	
09N-573	BUCERFA FISCALIA LUZ LUISA	M1 PARTICULAR	Ordinaria	ZZ-098343	C-2023-213-325-006297	S/ 80.00					0.00	80.00	RD 015200	

REPORTE ECONOMICO

Sistema Integrado de Inspecciones Técnicas Vehiculares - Sitev

Inicio | Registro | Certificados | Información al Usuario | Zona de Inspección | Caja | Reportes | Ayuda

ACCESO RESTRINGIDO

Esta accediendo a un formulario para dep... de USO RESTRINGIDO Y EXCLUSIVO del Desarrollador.

Si continúa, estará aceptando los términos a continuación:

- Cualquier error en la información del Informe o Certificado producido del uso de este formulario, quedará bajo su entera responsabilidad.
- El uso de este formulario, anula automáticamente la garantía del software.
- Las operaciones realizadas quedarán registradas bajo su cuenta de Administrador.

Si está de acuerdo en continuar, marque la casilla mostrada más abajo.

Desarrollador: Licencia

SUCURSAL: Cajamarca

admin en Suspensión 11/07/2023

Control de Vehículos

C.T.V.	Placa	Línea
21022	MEY-085	META
21026	02F-054TY-100	META
21027	WPE-900	META
21028	WAP-043	META
21029	P10-74465-005	META
21030	PIC-085	META
21031	043-702	META
21032	AR-902	META
21033	WCC-309	META
21034	WAS-0243-390	META
21035	W00-043	META
21036	W00-007	META
21037	W00-766	META
21038	120-382	META

Estado de las Pruebas

Estación	Inicio	Fin	Total	Us...
Inspecciones	25			
Reinspecciones	1			
Total	26			

Anexo 11

Validación de la encuesta de percepción de la situación de la gestión del mantenimiento en la empresa ORTEV SAC.

VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS

Experto 1: Mg. Ing. Ricardo Fernando Ortega Mestanza

ITEMS		Relevancia				Coherente				Claridad				Sugerencias
Preguntas cerradas de la encuesta a trabajadores encargados de mantenimiento de la Empresa ORTEV S.A.C.														
N°	Items													
1	• ¿La empresa tiene un Plan de mantenimiento preventivo?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
2	• ¿La empresa cuenta con un proceso de mantenimiento establecido?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
3	• ¿Los encargados de mantenimiento están capacitados para resolver cualquier tipo de falla o avería?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
4	• ¿Se realiza inspección periódica a los equipos?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
5	• ¿Cuentan con registro de los repuestos que se usan en las reparaciones de los equipos?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
6	• ¿La empresa mantiene registro preciso de fallas de sus equipos?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
7	• ¿El tiempo de realización de actividades de mantenimiento es registrado y evaluado?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
8	• ¿La empresa utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
Preguntas abiertas de la encuesta al administrador y ingeniero supervisor de equipos.														
N°	Items													

1	• ¿Cuál es su opinión actual respecto a la gestión de mantenimiento de los equipos de inspección técnica?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
2	• ¿Qué tipo de mantenimiento desarrollan en sus equipos?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
3	• ¿Cómo valora la capacidad de solución de los técnicos ante una avería o reparación?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
4	• ¿De qué manera la empresa les hace seguimiento a los costos de mantenimiento y reparación? .	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
5	• ¿Cómo evalúan los tiempos operativos y fuera de servicio de sus equipos?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
6	• ¿Qué herramientas o metodologías utilizan para facilitar los trabajos de mantenimiento?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
7	• ¿Cómo planifican, ejecutan y controlan las actividades de mantenimiento? ¿Quién lo hace?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
8	• ¿Cuáles son los principales problemas que tiene la empresa respecto al mantenimiento?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
9	• Para usted, ¿De qué manera se podría mejorar la disponibilidad de equipos a fin de brindar un mejor servicio?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
10	• ¿Cómo cree que se debe evitar las fallas repetitivas?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3

Las alternativas de respuesta van de 1 al 4 y tienen las siguientes expresiones: (Este ítem variará según lo que el testista indique debe estar como alternativa en las respuestas de las preguntas planteadas).

1	2	3	4
Muy en desacuerdo	Desacuerdo	De acuerdo	Muy en de acuerdo

Firma del experto:



Ing. Ricardo Fernando Ortega Mestanza

Experto 2: Mg. Ing. Katherine del Pilar Arana Arana

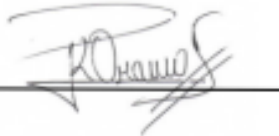
ITEMS		Relevancia			Coherente			Claridad			Sugerencias		
Preguntas cerradas de la encuesta a trabajadores encargados de mantenimiento de la Empresa ORTEV S.A.C.													
N°	Ítems												
1	• ¿La empresa tiene un Plan de mantenimiento preventivo?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
2	• ¿La empresa cuenta con un proceso de mantenimiento establecido?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
3	• ¿Los encargados de mantenimiento están capacitados para resolver cualquier tipo de falla o avería?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
4	• ¿Se realiza inspección periódica a los equipos?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
5	• ¿Cuentan con registro de los repuestos que se usan en las reparaciones de los equipos?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
6	• ¿La empresa mantiene registro preciso de fallas de sus equipos?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
7	• ¿El tiempo de realización de actividades de mantenimiento es registrado y evaluado?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
8	• ¿La empresa utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
Preguntas abiertas de la encuesta al administrador y ingeniero supervisor de equipos.													
N°	Ítems												

1	• ¿Cuál es su opinión actual respecto a la gestión de mantenimiento de los equipos de inspección técnica?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
2	• ¿Qué tipo de mantenimiento desarrollan en sus equipos?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
3	• ¿Cómo valora la capacidad de solución de los técnicos ante una avería o reparación?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
4	• ¿De qué manera la empresa les hace seguimiento a los costos de mantenimiento y reparación? .	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
5	• ¿Cómo evalúan los tiempos operativos y fuera de servicio de sus equipos?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
6	• ¿Qué herramientas o metodologías utilizan para facilitar los trabajos de mantenimiento?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
7	• ¿Cómo planifican, ejecutan y controlan las actividades de mantenimiento? ¿Quién lo hace?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
8	• ¿Cuáles son los principales problemas que tiene la empresa respecto al mantenimiento?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
9	• Para usted, ¿De qué manera se podría mejorar la disponibilidad de equipos a fin de brindar un mejor servicio?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X
10	• ¿Cómo cree que se debe evitar las fallas repetitivas?	0	1	2	X	0	1	2	X	0	1	2	X

Las alternativas de respuesta van de 1 al 4 y tienen las siguientes expresiones: (Este ítem variará según lo que el testista indique debe estar como alternativa en las respuestas de las preguntas planteadas).

1	2	3	4
Muy en desacuerdo	Desacuerdo	De acuerdo	Muy en de acuerdo

Firma del experto: _____



Experto 3: Mg. Ing. Fanny Emelina Piedra Cabanillas

ITEMS		Relevancia			Coherente			Claridad			Sugerencias			
Preguntas cerradas de la encuesta a trabajadores encargados de mantenimiento de la Empresa ORTEV S.A.C.														
N°	Items													
1	• ¿La empresa tiene un Plan de mantenimiento preventivo?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
2	• ¿La empresa cuenta con un proceso de mantenimiento establecido?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
3	• ¿Los encargados de mantenimiento están capacitados para resolver cualquier tipo de falla o avería?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
4	• ¿Se realiza inspección periódica a los equipos?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
5	• ¿Cuentan con registro de los repuestos que se usan en las reparaciones de los equipos?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
6	• ¿La empresa mantiene registro preciso de fallas de sus equipos?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
7	• ¿El tiempo de realización de actividades de mantenimiento es registrado y evaluado?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
8	• ¿La empresa utiliza órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento preventivo?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
Preguntas abiertas de la encuesta al administrador y ingeniero supervisor de equipos.														
N°	Items													

1	• ¿Cuál es su opinión actual respecto a la gestión de mantenimiento de los equipos de inspección técnica?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
2	• ¿Qué tipo de mantenimiento desarrollan en sus equipos?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
3	• ¿Cómo valora la capacidad de solución de los técnicos ante una avería o reparación?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
4	• ¿De qué manera la empresa les hace seguimiento a los costos de mantenimiento y reparación?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
5	• ¿Cómo evalúan los tiempos operativos y fuera de servicio de sus equipos?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
6	• ¿Qué herramientas o metodologías utilizan para facilitar los trabajos de mantenimiento?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
7	• ¿Cómo planifican, ejecutan y controlan las actividades de mantenimiento? ¿Quién lo hace?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
8	• ¿Cuáles son los principales problemas que tiene la empresa respecto al mantenimiento?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
9	• Para usted, ¿De qué manera se podría mejorar la disponibilidad de equipos a fin de brindar un mejor servicio?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
10	• ¿Cómo cree que se debe evitar las fallas repetitivas?	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	

Las alternativas de respuesta van de 1 al 4 y tienen las siguientes expresiones: (Este ítem variará según lo que el testista indique debe estar como alternativa en las respuestas de las preguntas planteadas).

1	2	3	4
Muy en desacuerdo	Desacuerdo	De acuerdo	Muy en de acuerdo

Firma del experto: _____