



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE SIETE CARGADORES FRONTALES
MODELO WA470-6R PERTENECIENTES A UNA COMPAÑÍA MINERA, A
TRAVÉS DE LA EMPRESA DE SERVICIOS KOMATSU CHILE S.A.**

Proyecto de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de
Ingeniero de Ejecución en Mantenimiento Industrial

Profesor guía: Sr. Osvaldo Durán Artigas

Javier Hernán Campusano Sepúlveda

Álvaro Antonio Olave Calabaceros

Copiapó, Chile 2023

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, Wilson Campusano, Ana Sepúlveda, Viviana Campusano y a mi abuela Margarita Abarcia por el apoyo y motivarme a seguir creciendo en el ámbito de los estudios y apoyarme en mi vida para convertirme en profesional.

Atte.

Javier Hernán Campusano Sepúlveda.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Iris Calabaceros, Augusto Olave que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores los cuáles me han ayudado a seguir adelante y obtener todos mis objetivos y metas dedicatorias para mi hijo Álvaro Olave Reinoso y pareja Silvia Reinoso Rojas por todo el tiempo, comprensión y motivación para nunca rendirme y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

Atte.

Álvaro Antonio Olave Calabaceros.

DEDICATORIA

A mi familia papá Wilson Campusano, mamá Ana Sepúlveda, hermana Viviana Campusano, Abuela Margarita Abarcia. Por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis metas.

Atte.

Javier Hernán Campusano Sepúlveda.

DEDICATORIA

A mis Padres, Hermanos, esposa y profesores de la Universidad de Atacama (UDA) que fueron parte de mi proceso formativo, muchas gracias por su vocación y profesionalismo en el conocimiento entregado.

Atte.

Álvaro Antonio Olave Calabaceros.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes Generales	1
1.2. Fundamento.....	2
1.3. Descripción del Proyecto	3
1.4. Importancia	4
1.5. Posible Cambio o Mejora.....	5
1.6. Objetivos del Proyecto de Título	5
1.6.1. Objetivo General	5
1.6.2. Objetivos Específicos.....	6
1.7. Alcance del Proyecto.....	6
1.8. Metodología	6
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. El Mantenimiento, Confiabilidad y la Disponibilidad	8
2.1.1. El Concepto de Mantenimiento.....	8
2.1.2. El Objetivo del Mantenimiento	9
2.1.3. La Evolución del Mantenimiento en el Tiempo.....	9
2.1.4. Fundamentos de la Confiabilidad	11
2.1.4.1. Teoría de la Confiabilidad.....	11
2.2. Técnicas de Gestión de Mantenimiento	12
2.2.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)	12
2.2.1.1. Análisis de Modo y Efecto de Falla (FMECA).....	14
2.3. Estrategias de Mantenimiento	17
2.3.1. Mantenimiento Correctivo	17
2.3.2. Mantenimiento Restaurativo/Correctivo Planificado.....	18
2.3.3. Mantenimiento Mejorativo	19
2.3.4. Mantenimiento Preventivo	20
2.3.4.1. Mantenimiento Preventivo a Edad Constante	20

2.3.4.2. Mantenimiento Preventivo a Fecha Constante.....	21
2.3.4.3. Mantenimiento Preventivo Basado en la Condición.....	22
2.3.4.4. Mantenimiento Predictivo.....	22
2.3.4.4.1. El Intervalo P-F.....	23
CAPÍTULO III.....	28
METODOLOGÍA.....	28
3.1. Tipo de Investigación Proyecto de Título.....	28
3.2. Población y Muestra.....	28
3.3. Materiales, Instrumentos y Métodos.....	28
3.3.1. Materiales.....	28
3.3.2. Instrumentos.....	29
3.3.3. Métodos.....	29
3.4. Procedimiento.....	31
3.5. Aspectos Técnicos.....	32
CAPÍTULO IV.....	33
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	33
4.1. Diagnóstico Actual del Mantenimiento de los Cargadores Frontales.....	33
4.1.1. Problemas Presentados.....	36
4.1.2. Diagnóstico con Ishikawa.....	37
4.2. Diseño del Plan de Mantenimiento de los Cargadores Frontales WA470-6R.....	47
4.2.1. Determinación de la Política de Mantención.....	49
4.2.2. Determinación de la Política de Mantención.....	50
4.2.3. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento.....	51
4.2.4. Plan de mantenimiento para el cargador frontal.....	52
4.2.5. Programación.....	53
4.2.6. Diagrama para la aplicación del mantenimiento preventivo.....	55
4.2.7. Ejecución.....	60
4.2.8. Informe Técnico de Mantenimiento Preventivo.....	60
4.2.9. Plan de Capacitación.....	62
4.3. Evaluación de las posibles mejoras en la disponibilidad de los equipos luego del diseño.....	63

4.4. Análisis Económico del Plan de Mantenimiento en la empresa Komatsu Chile S.A.....	67
4.4.1. Costos de Mantenimiento Preventivo	67
4.4.2. Ahorro con el Plan de Mantenimiento Preventivo	71
4.4.3. Inversión.....	71
4.4.4. Indicadores Económicos	72
4.4.4.1. El Valor Actual Neto (VAN)	72
4.4.4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)	73
4.4.4.3. Período de Recuperación de la Inversión (Payback)	75
4.4.5. Flujo de Caja	75
CAPÍTULO V.....	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
5.1. Conclusiones	78
5.2. Recomendaciones.....	79
BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXOS	84
A.1. Reportes de Fallas.	84
A.2. Plan de Mantenimiento del Cargador Frontal.	86
A.3. Catálogo Cargador Frontal WA470-6R.	89
A.4. Plan de Capacitaciones.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1. Diagrama de evolución de las políticas de mantenimiento por generación.	10
Figura N° 2.2. Flujograma de implementación de la técnica FMECA.	14
Figura N° 2.3. Esquema temporal de mantenimiento preventivo a edad constante.....	20
Figura N° 2.4. Mantenimiento preventivo a fecha constante.....	21
Figura N° 2.5. Esquema de Diagrama PF.	24
Figura N° 2.6. Intervalo PF neto con una frecuencia baja de inspección (1 mes).	25
Figura N° 2.7. Intervalo PF neto con una frecuencia alta de inspección.	25
Figura N° 2.8. Intervalos PF característicos de distintas técnicas predictivas o según condición.	26
Figura N° 2.9. Intervalos PF característicos de distintas técnicas predictivas o según condición.	27
Figura N° 3.1. Diagrama de Ishikawa.	29
Figura N° 3.2. Plan de mantenimiento.	30
Figura N° 4.1. Cargador frontal WA470-6R.....	35
Figura N° 4.2. Diagrama de Ishikawa.	39
Figura N° 4.3. Diagrama de Pareto de la baja disponibilidad mecánica.	43
Figura N° 4.4. Equipo esperando reparación.	48
Figura N° 4.5. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento preventivo.	51
Figura N° 4.6. Diagrama para la aplicación del mantenimiento preventivo.	55
Figura N° 4.7. Capacitaciones a los trabajadores de la empresa.	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 4.1. Frecuencia de problemas.	36
Gráfico N° 4.2. Disponibilidad mecánica actual de los equipos.	45
Gráfico N° 4.3. Mejora de la disponibilidad de los cargadores frontales.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 3.1. Identificación de la mejora.	31
Tabla N° 4.1. Especificaciones técnicas Cargador Frontal WA470-6R.	36
Tabla N° 4.2. Cronograma de mantenimiento 2019.	40
Tabla N° 4.3. Plan de cumplimiento de capacitación.	41
Tabla N° 4.4. Resumen de los reportes de fallas.	44
Tabla N° 4.5. Tareas de mantenimiento.	54
Tabla N° 4.6. Filtros y lubricantes para el cargador frontal.	56
Tabla N° 4.7. Tipos de mantenimientos realizados según la frecuencia.	56
Tabla N° 4.8. Tipos de mantenimientos realizados según el horómetro.	59
Tabla N° 4.9. Filtros y lubricantes para el mantenimiento del cargador frontal.	59
Tabla N° 4.10. Tareas programadas.	60
Tabla N° 4.11. Informe técnico.	61
Tabla N° 4.12. Análisis teórico del impacto en la utilidad de la empresa.	63
Tabla N° 4.13. Componente teórico de la disponibilidad.	64
Tabla N° 4.14. Resumen de los indicadores actuales.	65
Tabla N° 4.15. Mejora de la disponibilidad.	65
Tabla N° 4.16. Costos de Mantenimiento preventivo en MUS\$.	67
Tabla N° 4.17. Ahorro de cotos con mantenimiento preventivo en MUS\$.	71
Tabla N° 4.18. Costo de inversión para mantenimiento preventivo en MUS\$.	71
Tabla N° 4.19. Flujo de caja en MUS\$.	76

RESUMEN

El presente proyecto de título denominado diseño de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la flota de 7 cargadores frontales modelo WA470-6R de la compañía minera a través de la empresa de servicios Komatsu Chile S.A., tiene como objetivo diseñar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de estos cargadores frontales, se han establecido objetivo general y específicos, que fueron, realizar el diagnóstico actual del mantenimiento, diseño del plan de mantenimiento preventivo, evaluar las posibles mejoras en la disponibilidad de los cargadores frontales luego del diseño y realizar el análisis económico de la implementación del plan de mantenimiento preventivo. La investigación fue aplicada, cuantitativo, porque solo se limitó a describir la realidad tal y como se encuentra, relación y no experimental. El diagnóstico de la situación actual determinó que el problema principal que afecta a los equipos WA470-6R es la baja disponibilidad promedio que es 78% estando por debajo del target establecido por la empresa que es 90%. El plan de mantenimiento preventivo de los equipos WA470-6R consiste en la elaboración de políticas, diagrama de flujo del proceso, ficha de mantenimiento preventivo, programación de mantenimientos, diagrama de aplicación de mantenimientos, informe técnico de mantenimientos y plan de capacitaciones hacia los diversos mantenedores del área. Con el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo la disponibilidad de los cargadores frontales se incrementa a un 90% llegando al Target, por otra parte, menciono que dicho proyecto de título es posible su realización, ya que tiene un tasa interna de retorno (TIR) de 158%, un valor actual neto (VAN) de 65.827 MUS\$, una relación promedio Beneficio/Costo 3,8 US\$ y un período de recuperación de la inversión (PRI) o Payback de 2 años.

PLAN DE MANTENIMIENTO – DISPONIBILIDAD - TIEMPO MEDIO DE
REPARACIÓN (MTTR) - TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF)

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes Generales

Gran cantidad de las empresas que no tienen incorporado un estándar de operación bajo los parámetros modernos de calidad o que están en su fase inicial/media de crecimiento; tienden a asociar el concepto de mantenimiento sólo a realizar intervenciones correctivas ante averías inesperadas de una cierta máquina o equipo.

Esta visión ha ido evolucionando durante el tiempo en la búsqueda de garantizar una mayor y más eficiente productividad de las empresas. Se busca tener una menor probabilidad de fallos en la planta productiva teniendo así una mayor capacidad de producción y un menor costo de ineficiencia. Los actuales departamentos de mantención no sólo tienen como misión rectificar anomalías en los equipos sino que también gestionan la cantidad de “Spare Parts” necesarias para un determinado equipo, analizan la aplicabilidad de someter un equipo a inspecciones preventivas/predictivas, evalúan recursos necesarios versus recursos disponibles, que posee la compañía.

Desde el inicio de la vida humana las herramientas fabricadas por el hombre se han perfeccionado día con día, debido a que éstas le permiten conseguir sus objetivos. Durante la primera revolución industrial, se consideró que, para fabricar un producto cualquiera era necesario emplear 90% de mano de obra y el resto lo proporcionaban las máquinas. Conforme el tiempo pasó y a través de los esfuerzos por mejorar su función, haciendo las máquinas más rápidas y precisas, en la actualidad se consigue obtener un producto o servicio con máquinas que se encargan de elaborar más de 90% de éste, lo cual ha sido posible por la dedicación que la humanidad le ha puesto al desarrollo de las labores de cuidado a sus recursos físicos, materia a la que desde sus inicios se llamó mantenimiento.

Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y un entorno variable, donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho nuestra capacidad de respuesta. En este panorama estamos inmersos y vale la pena

considerar algunas posibilidades que siempre han estado, pero ahora cobran mayor relevancia.

El mantenimiento industrial es uno de los ejes fundamentales dentro de la industria, está cuantificado en la cantidad y calidad de la producción.

El mantenimiento ha sufrido transformaciones con el desarrollo tecnológico; a los inicios era visto como actividades correctivas para solucionar fallas. Las actividades de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las máquinas, con el desarrollo de las máquinas se organizan los departamentos de mantenimiento, no solo con el fin de solucionar fallas sino de prevenirlas, actuar antes que se produzca la falla, en esta etapa se tiene ya personal dedicado a estudiar en qué período se produce las fallas, con el fin de prevenirlas y garantizar eficiencia para evitar los costes por averías.

Actualmente el mantenimiento busca aumentar y confiabilizar la producción; aparece el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo, el mantenimiento proactivo, la gestión de mantenimiento asistido por software y el mantenimiento basado en la confiabilidad.

1.2. Fundamento

Komatsu Chile S.A., es una empresa de origen Japonés, perteneciente al Holding Komatsu Cummins Chile Limitada, establecidos en Chile en el año 1999. Provedora de equipos, repuestos y servicios para las industrias minería, construcción y forestal, logrando una importante presencia de marca en las grandes mineras chilenas.

Dentro de los lineamientos entregados por Komatsu Ltda. Japón, se establece que las unidades locales tengan un crecimiento constante dentro de los mercados que abastecen, mantengan un posicionamiento claro y una cartera de proyectos estable.

Además, el área lleva a cabo un control de gestión básico, pues considera solamente la medición de indicadores financieros y no hay indicadores relacionados con los procesos

y recursos. Respecto a indicadores de clientes, maneja una cantidad reducida de indicadores sobre las ofertas. Esto se refleja en la falta de seguimiento de las necesidades de los clientes y la falta de establecimiento de una relación fluida que permita que las oportunidades de mercado disponibles sean materializadas.

Esto, aunado a la inexistencia de un análisis estratégico (interno y externo) que permita alinear la operación con sus objetivos impide realizar un control adecuado y brindar dirección a las operaciones diarias de la unidad de negocio y por consiguiente obtener mayores tasas de crecimiento.

1.3. Descripción del Proyecto

El objetivo del presente proyecto de título es diseñar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de siete cargadores frontales modelo WA470-6R pertenecientes a una compañía minera a través de la empresa de servicios Komatsu Chile S.A., para ello se establecen objetivos específicos que permiten realizar el diagnóstico actual del mantenimiento, diseñar el plan de mantenimiento preventivo, evaluar las posibles mejoras en la disponibilidad de los siete cargadores frontales luego del diseño y realizar el análisis económico del plan de mantenimiento. La investigación será aplicada hacia los siete cargadores frontales y de carácter cuantitativo considerando diversos datos de la gestión del mantenimiento proporcionados por la compañía minera, porque solo se limitó a describir la realidad tal y como se encuentra, relación y no experimental. La población fue igual a la muestra correspondiente a 7 cargadores frontales. El diagnóstico de la situación determina que el problema principal que afecta a los equipos es la baja disponibilidad, estando por debajo del target establecido por la empresa. El plan de mantenimiento de los equipos WA470-6R consiste en la elaboración de políticas, diagrama de flujo del proceso, ficha de mantenimiento preventivo, programación de mantenimientos, diagrama de aplicación de mantenimientos, informe técnico de mantenimientos y plan de capacitaciones. Con el plan de mantenimiento preventivo, la disponibilidad de los siete cargadores frontales debería de incrementar al target establecido por la compañía minera correspondiente a un 90%.

El estudio económico considerará indicadores relevantes para la toma de decisiones tales como: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación de la Inversión (PRI) más conocido como Payback.

1.4. Importancia

En estos días, a menudo escuchamos que todas las empresas buscan constantemente un diseño más eficiente de sus procesos. Las empresas necesitan obtener una ventaja competitiva que les proporcione mejores condiciones que sus competidores, atrayendo así a más clientes.

La gestión del mantenimiento es muy importante para las empresas que utilizan máquinas. Si las empresas no mantienen y administran adecuadamente sus equipos, no podrán operar sus equipos y se producirán muchas pérdidas. Prevenir es mejor que reparar, afirman, cuando el proceso cuenta con equipos. Por esta razón, se dice que en lugar de descuidar la corrección, el foco debe estar en la prevención, lo que puede reducir el tiempo de mantenimiento en comparación con la prevención. No debe haber fallas y deben ser resueltas de manera complementaria antes de que ocurran las fallas. El mantenimiento, por su parte, es un conjunto de actividades que prolonga la vida útil de las plantas y maquinarias y aumenta el rendimiento de los activos de acuerdo con sus horas de operación.

La gestión de mantenimiento y reparación de equipos pesados de carretera sigue procedimientos de seguridad aprobados por los Procedimientos Operativos Estándar de Mantenimiento (POE) y utiliza inspecciones preventivas. Los formatos de control de dispositivos se implementaron antes del inicio de la jornada laboral. En el área de mantenimiento, estamos aumentando nuestras observaciones diarias de los dispositivos a medida que realizamos los trabajos preventivos y correctivos pertinentes.

El desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo para los siete cargadores frontales en la compañía minera estipula que el personal de servicio técnico necesita una mayor capacitación en los sistemas electrónicos de inyección de combustible. La

adquisición de piezas de repuesto tiene por objeto aumentar las expectativas de pedidos de los proveedores y mejorar la capacidad de mantenimiento de los equipos

El proyecto de título muestra una disponibilidad inicial de un 83% para la compañía minera al aplicar diversas estrategias de mantenimiento y el plan de mantenimiento preventivo que propone dicho proyecto de título, la disponibilidad de los siete cargadores frontales modelo WA470-6R pertenecientes a la compañía minera llegaría aproximadamente a un 96%.

En este contexto, el parque de máquinas de la compañía minera presenta una baja disponibilidad para realizar trabajos específicos en la minera, lo que se traduce en niveles por debajo del 90%, objetivo fijado por la compañía minera y que se busca incrementar a través de la empresa de servicios Komatsu Chile S.A.

1.5. Posible Cambio o Mejora

El diseño de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de siete cargadores frontales modelo WA470-6R de la compañía minera, provocará una mejora en la disponibilidad, llegando al Target teórico definido por la compañía minera correspondiente a un 90%, esto se llevará a cabo a través de la contratación de la empresa de servicios Komatsu Chile S.A.

1.6. Objetivos del Proyecto de Título

1.6.1. Objetivo General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de 7 cargadores frontales modelo WA470-6R, pertenecientes a una compañía minera, a través de su cliente de servicios Komatsu Chile S.A.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico actual del mantenimiento de los 7 cargadores frontales de la empresa minera, como cliente de Komatsu Chile S.A.
- Diseñar el plan de mantenimiento preventivo para los 7 cargadores frontales modelo WA470-6R, pertenecientes a la compañía minera.
- Evaluar las posibles mejoras en la gestión del mantenimiento de los cargadores frontales, luego del diseño del plan de mantenimiento preventivo.
- Realizar un análisis económico exhaustivo de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la compañía minera, calculando diversos indicadores económicos clave, entre ellos el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) y la Razón Beneficio-Costo. Este análisis permitirá evaluar la viabilidad financiera del plan de mantenimiento y brindará información relevante para la toma de decisiones en cuanto a la inversión y los beneficios esperados.”

1.7. Alcance del Proyecto

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo que permita sentar las bases de una correcta gestión del mantenimiento mediante el uso de diversas metodologías y buenas prácticas laborales que transiten hacia la minimización de costos por esta materia y que permita a la compañía minera aumentar sus niveles de rentabilidad en el mediano y largo plazo.

1.8. Metodología

La metodología a utilizar en el proyecto es en base a ciertas herramientas que mencionaremos a continuación:

- Análisis de Ishikawa (causa-efecto).
- Diagrama de Pareto (80/20).
- Pautas de Mantenimiento (Fabricante).

Lo anterior, en base al análisis que se realizará a través del desarrollo de los capítulos del presente proyecto de título que se mencionan a continuación:

- Introducción.
- Marco Teórico.
- Metodología.
- Análisis de Resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. El Mantenimiento, Confiabilidad y la Disponibilidad

2.1.1. El Concepto de Mantenimiento

El mantenimiento es un proceso de gestión integral asociado al manejo de los diversos activos fijos de una industria a lo largo de todo su ciclo de vida. La preservación de activos en un determinado sector productivo para satisfacer los estándares de calidad, seguridad o servicio. Estas acciones incluyen la combinación de las diferentes técnicas operacionales y administrativas existentes.

Según la norma francesa AFNOR NF 60.010. mantenimiento se define como “el conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un bien a un estado especificado o a la capacidad de asegurar un servicio determinado”.

Todas las decisiones tomadas en relación a un activo como parte de un sistema productivo de bienes o servicios tienen inevitablemente algún impacto en su desempeño, por ende dentro del concepto de mantenimiento se incluyen todas las actividades operacionales tales como: comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones necesarias para mantener cierta unidad funcional del proceso productivo.

Desde el punto de vista contable también se incluye este factor; ya que dentro del flujo de caja de una empresa se incluyen las depreciaciones de los bienes del activo de una empresa, los cuales corresponden al menor valor que tiene un bien, producto de su uso o desgaste. Se asume la depreciación como un gasto necesario para producir la renta y por ende reduce la utilidad antes de impuesto.

Cada tipo de activo presenta un distinto nivel de desgaste en el tiempo. Existen curvas teóricas que modelan el comportamiento del desgaste en el tiempo según el tipo de activo, sin embargo, para un análisis en detalle sirven sólo de referencia. Desde el punto de vista

financiero, también existe una estimación de la vida útil de un activo que el Servicio de Impuestos Internos (SII) dispone y nos entrega la cantidad de años de vida útil por tipo de activo.

2.1.2. El Objetivo del Mantenimiento

La finalidad a nivel industrial, es conseguir el mayor beneficio posible al evitar las pérdidas por menor producción o costo de ineficiencia, considerando el costo que el mantenimiento tiene asociado y teniendo siempre en cuenta las políticas de la empresa en lo que respecta a cuidados de la seguridad del personal y medio ambiente.

2.1.3. La Evolución del Mantenimiento en el Tiempo

El Mantenimiento y su gestión han tenido una clara evolución en cuanto a su interpretación/ejecución en el tiempo.

El concepto ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos al momento de fallar, hasta la concepción actual que contempla las funciones de prevenir, inspeccionar, y modelar los equipos, a fin de optimizar su disponibilidad y disminuir su costo global.

Para el autor Juan Díaz Navarro en su Libro “Técnicas de mantenimiento industrial”; la historia del mantenimiento se divide en los siguientes 4 periodos.

1a Generación: La más larga, desde la revolución industrial (mediados del siglo XVIII) hasta después de la Segunda Guerra Mundial (década del 50). El Mantenimiento se ocupa sólo de arreglar las averías, es el mantenimiento correctivo.

2a Generación: Entre la Segunda Guerra Mundial (década del 50) y finales de los años 70. Se descubre la relación entre edad de los equipos y probabilidad de su fallo. Se comienza a hacer sustituciones preventivas, es el mantenimiento preventivo.

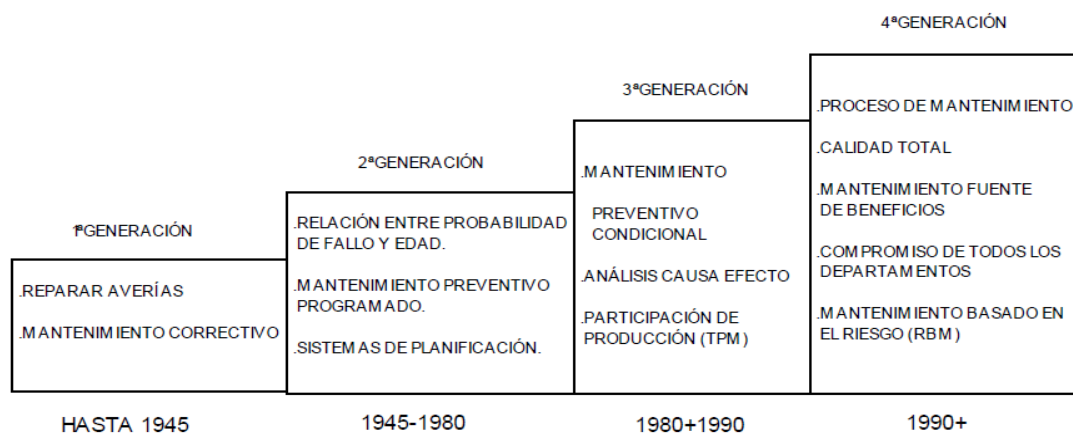
3a Generación: Surge a principios de los años 80. Se comienza a realizar estudios causa- efecto para averiguar el origen de los problemas, es el mantenimiento predictivo ó detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. Se comienza a hacer partícipe a producción en las tareas de detección de fallos.

4a Generación: Aparece en los primeros años de la década de los 90. El Mantenimiento se contempla como una parte del concepto de calidad total. Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al mismo tiempo que se reducen los costos, es el mantenimiento basado en el riesgo (MBR).

Se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como fuente de beneficios frente al antiguo concepto de mantenimiento. La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar.

A continuación, la figura N° 2.1 representa la evolución de las políticas en el tiempo por las generaciones referidas.

Figura N° 2.1. Diagrama de evolución de las políticas de mantenimiento por generación.



Fuente: [3].

Dependiendo de la estrategia de negocio y los estándares de calidad de las diferentes empresas, se pueden encontrar industrias que operen bajo políticas de mantenimiento antiguas (1a o 2a generación), pero se destaca que, a nivel global, se ha roto el paradigma de que el mantenimiento es sólo un servicio para la reparación de averías o fallas, sino que también persigue anticiparse a las fallas aplicando métodos de análisis para evitar su ocurrencia o mitigar sus consecuencias. Este cambio de concepto ha sido forzado por la necesidad de cumplir con las expectativas actuales de producción en el mercado.

2.1.4. Fundamentos de la Confiabilidad

Durante las últimas décadas los requerimientos del mercado han sido cada vez más exigentes y cambiantes. Esto ha conllevado a que las empresas deben implementar nuevas técnicas de gestión en sus operaciones; teniendo como resultado una mayor productividad, aumento de la calidad, etc.

Esta evolución productiva ha dado como resultado que la ocurrencia de una falla genera un alto costo global, siendo los costos por pérdida operacional los más preponderantes.

A continuación, se entrega un breve resumen de los conceptos y herramientas necesarias para poder modelar y minimizar los efectos de las fallas de o los equipos dentro de un sistema productivo.

2.1.4.1. Teoría de la Confiabilidad

La confiabilidad de un equipo, componente, sistema, etc. en función del tiempo; se define como la probabilidad de que éste mantenga sus nivel de operación, es decir, que no falle durante un período determinado de tiempo, bajo condiciones estándares de operación (un ambiente constante donde se desenvuelva).

Existen dos estados de funcionamiento fundamental, el de buen funcionamiento, y el de funcionamiento defectuoso; a cualquier elemento se le puede asociar la probabilidad de encontrarse en uno u otro estado.

Para la cuantificación de esta probabilidad es necesario:

- Establecer de manera clara el criterio que determina si el elemento funciona o no.
- Establecer el contexto o medio ambiente donde el elemento se desempeñará.
- Definir el intervalo de tiempo en el cual se requiere que el elemento funcione.

2.2. Técnicas de Gestión de Mantenimiento

2.2.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad, desde ahora RCM, es una metodología de análisis sistemático objetivo, que se usa para determinar las actividades de mantenimiento de mayor importancia dentro de un sistema productivo o equipo específico.

Nace en la década de los sesentas, sin embargo, como cualquier técnica, fue modificándose al pasar de los años. La temprana aplicación de esta metodología en la industria aeronáutica permitió una rápida depuración y perfeccionamiento de la técnica.

Cabe mencionar que el mantenimiento de grupo directo (MSG3) es el mismo que el RCM sólo que dentro de la industria de la aviación se le denominó con esa sigla.

La claridad metodológica propuesta por el RCM, llevó a que la sociedad americana de ingenieros automotrices publicara en el año 1999 la norma SAE JA1011, la cual describe y estandariza los criterios de evaluación para los procesos de mantenimiento centrados en la garantía de funcionamiento.

En la actualidad, el RCM es un proceso ampliamente usado para determinar qué debe hacerse para asegurar que todo bien físico continúe funcionando como los usuarios lo deseen en el presente del contexto operativo.

Para facilitar la identificación de las necesidades de una organización la metodología RCM plantea responder siete preguntas básicas de mantenimiento.

Las preguntas a responder son las siguientes:

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de rendimiento asociados de los activos en su contexto operacional presente?
2. ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
3. ¿Cuáles son las posibles causas de estas fallas? (modos de falla)
4. ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas? (de sus modos de falla)
5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer si no se puede encontrar una tarea predictiva o preventiva adecuada?

Para responder a estas interrogantes se debe tener claridad del contexto operativo, identificando las circunstancias en las que operan los equipos o componentes. Debe existir claridad del uso que se le dará al activo, la disponibilidad de repuestos, la disponibilidad de mano obra, etc.

De manera adicional, es de destacar que en muchas compañías existen protocolos ya definidos de manera corporativa en cuanto a las mínimas actividades preventivas a ejecutar.

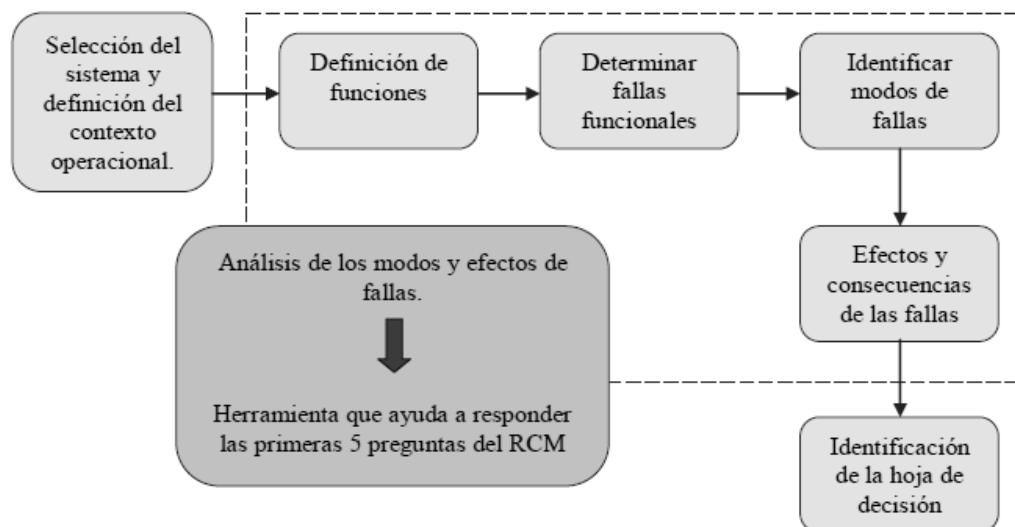
Una vez identificado el contexto se utiliza como herramienta complementaria la metodología de análisis FMECA. Esta técnica permite responder las siete interrogantes de la metodología RCM de una manera simple, clara y objetiva.

2.2.1.1. Análisis de Modo y Efecto de Falla (FMECA)

Herramienta de análisis enfocada en poder identificar los modos de falla, causas de fallas, sus efectos y consecuencias al ocurrir durante el proceso de operación. Esta herramienta puede ser usada en sistemas, equipos o componentes, por lo que puede ser usada también para jerarquizar activos.

A continuación, la figura N° 2.2 muestra el esquema que representa al flujograma de implementación de la técnica FMECA

Figura N° 2.2. Flujograma de implementación de la técnica FMECA.



Fuente: [10].

Según John Moubray la metodología FMECA se divide en las siguientes etapas principales. Estos se resumen a continuación.

1. Definición de funciones

Esta etapa consta en definir la o las funciones que realizan los activos dentro de su contexto normal de funcionamiento. Apunta en definir claramente la funcionalidad específica que aporta el activo al sistema. Puede que un activo cumpla más de una función en el sistema.

2. Descripción de fallas funcionales

Una falla se define como la incapacidad de un activo para cumplir con su funcionamiento esperado, por ende, basta con que un activo pierda eficiencia como para ser considera en estado de falla. Cualquier alteración de la función previamente definida debe ser detallada en esta etapa.

3. Identificar los modos de falla

Aquí comienza el análisis de modo y efecto de falla (análisis FMECA) propiamente tal, luego de definir e identificar las funciones y las fallas funcionales, el siguiente paso es identificar todos los eventos o factores que puedan provocar el estado de falla. Estos eventos son los llamados modos de falla.

Los modos de falla pueden incluir averías causadas por deterioro debido a condiciones ambientales, desgaste por uso vida útil, así como también, fallas causadas por errores humanos (por operadores y mantenedores) y de diseño, es decir, se debe identificar todo aquello que pueda causar que el equipo falle.

4. Describir los efectos de los modos de fallas identificados

Cada modo de falla tiene su respectiva consecuencia en la gestión del mantenimiento. Dentro de los efectos más recurrentes se destacan los que impliquen un tiempo de

inactividad en el proceso productivo, aquellos que afecten la calidad del producto, aquellos que inhabiliten el sistema por seguridad, etc.

La experiencia y conocimiento de los equipos facilita en gran medida describir los posibles efectos de los modos de falla identificados.

5. Determinar las consecuencias de un modo de falla

El determinar y tener claridad de las consecuencias de los diferentes modos de falla es de vital importancia para poder seleccionar las acciones de mantenimiento a aplicar.

Dentro de la metodología RCM se recalca que es más importante mitigar las posibles consecuencias que pueda producir un modo de falla que las propias características técnicas de la falla. El real objetivo aplicado de la metodología no es evitar las fallas sino que es reducir las consecuencias de éstas.

Las consecuencias pueden clasificarse en los siguientes tipos:

- a) Consecuencias hacia la seguridad de las personas y/o el medio ambiente.
- b) Consecuencias operacionales (detención de producción, costo ineficiencia).
- c) Consecuencias no operacionales (costos de reparación).

6. Determinación de las actividades de mantenimiento

Una vez obtenida la evaluación de las consecuencias de los modos de falla se debe realizar un análisis acerca de qué estrategia de mantenimiento logra prevenir o predecir de mejor manera el modo de falla.

2.3. Estrategias de Mantenimiento

Existen diversas maneras de aplicar criterios de mantenimiento a un elemento. Algunas buscan prevenir la falla realizando intervenciones con detención que permiten prolongar el tiempo de buen funcionamiento, otras buscan monitorear condiciones que permitan predecir una falla y otras buscan minimizar los tiempos de reparación. A estas distintas maneras de buscar evitar o minimizar los efectos de una falla se les denomina estrategias de mantenimiento.

La evolución de estas estrategias ha sido progresiva a través de los años, sin embargo, dependiendo de las condiciones de la instalación, costos asociados a pérdida de producción, costos asociados al mantenimiento, grado de tecnología de los elementos, configuración lógica, etc.; se selecciona la estrategia más eficiente en términos de costos globales. Una estrategia de mantenimiento compleja no implica que sea más eficiente. }

A continuación se detalla las principales estrategias de mantenimiento empleadas en la actualidad, sus principales características, ventajas y desventajas.

2.3.1. Mantenimiento Correctivo

Esta estrategia de mantenimiento consiste en la reparación de averías u fallos funcionales a medida que se van produciendo; es decir solo se corrige lo que ya no funciona. Es una acción reactiva no programada. Genera órdenes de trabajo por rotura, en dónde el elemento ya ha perdido toda su funcionalidad.

En esta estrategia de mantención el encargado de detectar la avería es mayoritariamente personal de producción (operadores), los cuales reportan la avería a personal especializado en realizar su reparación.

El priorizar que los equipos se sometán al mantenimiento correctivo; genera la necesidad de contar con excesivo personal de mantenimiento y dificulta la planificación de los trabajos. Un problema recurrente es que para volver de manera rápida el equipo a

su condición de buen funcionamiento, se privilegia el tiempo de reparación por sobre la calidad de ésta.

Otra arista importante, es que el mantenimiento correctivo dificulta bastante la confección de presupuestos del área de mantención, debido a la aleatoriedad de los fallas. Esto genera escaso control de costos, nivel del servicio y capacidad organizacional.

La cualidad positiva de esta estrategia es que necesita poca planificación. Lo cual simplifica la gestión del mantenimiento.

Se destaca que muchos componentes electrónicos tienen este patrón de falla. Inesperadamente dejan de funcionar y en muchos de estos casos sin posibilidad de reparación. Para muchos de estos equipos es recomendable esta estrategia de mantenimiento; teniendo un nivel de stock de repuesto si es que fuesen componentes críticos (vitales para el funcionamiento de la máquina, lenta adquisición, etc.)

2.3.2. Mantenimiento Restaurativo/Correctivo Planificado

También conocido como mantenimiento correctivo planificado. Esta estrategia se basa en reconocer los elementos que presentan cierta sintomatología a provocar una falla y corregirlos.

Es una acción reactiva programada. Una buena analogía para esta estrategia es que es igual a un mantenimiento correctivo, pero de manera planificada, es decir, se puede prever tiempos de detención del elemento, costos asociados a: mano de obra, repuestos, asegurar disponibilidad de personal, tener el conocimiento de los documentos técnicos del equipo para realizar el trabajo de manera correcta, etc.

Para reaccionar restaurativamente ante una posible falla; es necesario contar con alguna estrategia de mantenimiento, que nos permita acercar al personal especializado con el monitoreo de ciertos parámetros de funcionamiento en los equipos.

Estos serán los encargados de verificar su estado y por ende definir la necesidad de intervenir.

Cualquier estrategia de monitoreo previo al estado de funcionamiento de un equipo, nos puede permitir el uso de esta estrategia.

Sus principales ventajas son que minimiza los costos de ineficiencia permitiendo programar las detenciones en fechas u horarios que no afecten la producción de la planta, dando además planificación en su ejecución lo cual reduce posibles problemas de puesta en marcha.

Su principal desventaja es que necesita que exista un modelo de gestión del mantenimiento más avanzado contando con inspecciones programadas para evitar la falla y técnicos más especializados en ciertas áreas.

2.3.3. Mantenimiento Mejorado

Se busca optimizar el proceso productivo, eliminar los fallos crónicos o bien aumentar la confiabilidad o mantenibilidad de los activos, modificándolos de alguna manera.

Estos rediseños suelen ser el resultado a Análisis de fallas realizados por personal especializado en las áreas de análisis.

Los rediseños más frecuentes que surgen de las reuniones de análisis de fallas son: cambio masivo de componentes, cambio de sistemas, modificación al plan maestro de mantenimiento, mejora en los procesos de operación o inclusive mejorar el grado de capacitación de las personas.

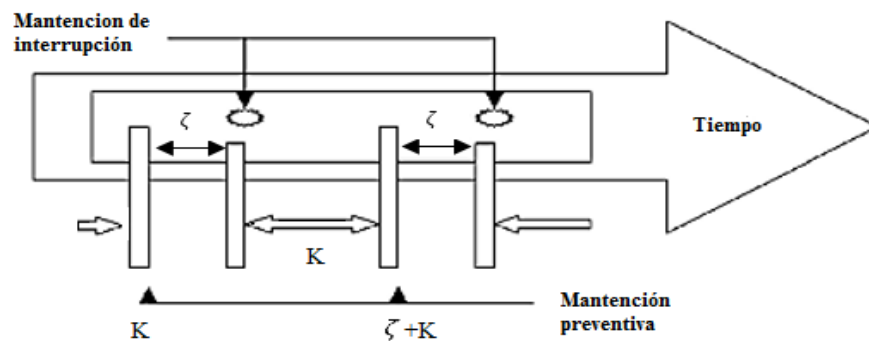
2.3.4. Mantenimiento Preventivo

2.3.4.1. Mantenimiento Preventivo a Edad Constante

Esta política de mantenimiento se basa en realizar una determinada actividad a una frecuencia de tiempo K , previniendo así la falla del componente, sin embargo, considera la posibilidad de que éste presente menos duración de la estimada.

A continuación, la figura N° 2.3 representa el esquema temporal bajo una política de estrategia de mantenimiento preventivo a edad constante. La ejecución de cada mantenimiento preventivo a una frecuencia K , no sólo depende de la intervención preventiva anterior, sino también, de la última intervención correctiva realizada.

Figura N° 2.3. Esquema temporal de mantenimiento preventivo a edad constante.



Fuente: [4].

A continuación, en la figura N° 2.4 se aprecia que la frecuencia para la ejecución del mantenimiento preventivo es de K , no obstante, el elemento presenta falla antes del tiempo $2K$ (Mantenimiento de interrupción). Para facilitar el análisis, se le denomina a este tiempo ζ . En el tiempo ζ se hizo una mantención correctiva. Una vez terminada la intervención se debe planificar el próximo cambio preventivo al tiempo $\zeta + K$; por lo que los tiempos en los que se realiza una mantención preventiva se deben re planificar.

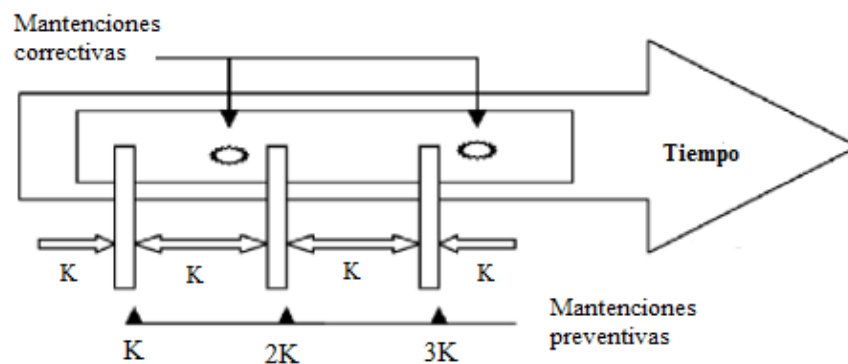
En resumen, siempre el período de sustitución K transcurrirá desde la última intervención; sea ésta preventiva o correctiva.

2.3.4.2. Mantenimiento Preventivo a Fecha Constante

Esta política de mantenimiento se basa en realizar una determinada actividad a una determinada frecuencia, la cual, además tiene la cualidad de ser inalterable.

De esto se deduce que lo que sucede entre cada una de las intervenciones preventivas, no es considerado relevante, ya que no suspende ni aplaza la ejecución de la próxima intervención preventiva.

Figura N° 2.4. Mantenimiento preventivo a fecha constante.



Fuente: [4].

Cada mantención preventiva se realiza a un tiempo múltiplo de K , sin importar los sucesos que ocurran entre cada intervalo. Esto quiere decir, que en una línea de tiempo se realizarán las actividades preventivas programadas en los tiempos K , $2K$, $3K$, $4K$, etc.; no importando que hayan fallas del componente a tiempos distintos de aquellos.

Este modelo se destaca por su simplicidad en la ejecución; en dónde más que nada importa establecer óptimamente el valor de la frecuencia K para realizar las sustituciones.

La frecuencia óptima K se obtiene buscando el mínimo costo total de mantenimiento.

2.3.4.3. Mantenimiento Preventivo Basado en la Condición

Esta estrategia de mantenimiento busca detectar las fallas antes de que se produzca una rotura u otra detención en la producción.

Se basa en la realización de inspecciones, mediciones y/o control de nivel del status de los equipos.

Su enfoque es detectar la mayor cantidad de fallas potenciales, no obstante, sólo es capaz de monitorear variables que emiten señales claras de deterioro (fugas, caídas de presión, roturas, etc.).

A diferencia de los tipos de mantenimiento preventivo anteriormente descritos; esta metodología permite planificar la ejecución de ciertas actividades de mantenimiento en función del monitoreo de condiciones en tiempo real a cada máquina o componente. Puede basarse en síntomas como en estimaciones estadísticas de ciertas variables.

Esta política busca realizar actividades preventivas de reparaciones, cambios, desarmes, etc. a un tiempo cercano a la falla funcional del elemento.

Es una política preventiva bastante usada debido a que; permite evitar el sobre mantenimiento y excesivo reemplazo de componentes; siendo más eficiente en cuanto a costos de reparación.

2.3.4.4. Mantenimiento Predictivo

La estrategia de mantenimiento predictivo se basa; al igual que el mantenimiento preventivo según condición, en monitorear ciertos estados de operación de los equipos en tiempo real de manera prematura para evitar su desperfecto o falla funcional.

Se diferencian por sobre todo en el tipo de señal que pueden monitorear. En el mantenimiento preventivo según condición se realizan inspecciones de fallas más

detectables y por ende visibles de un equipo, en cambio el mantenimiento predictivo busca monitorear señales de parámetros ocultos en cuanto a posibles fallas de los equipos.

Al ser señales menos detectables, la ejecución de esta estrategia no es sencilla. Se requiere adquirir la tecnología adecuada (instrumentos de un nivel medio/alto de inversión) y capacitar a los mantenedores en su uso e interpretación de información.

Se presume que ciertos objetos técnicos dan señales antes de fallar (falla potencial). Según John Moubray una falla potencial es una condición identificable que indica que una falla funcional está por ocurrir o en su proceso.

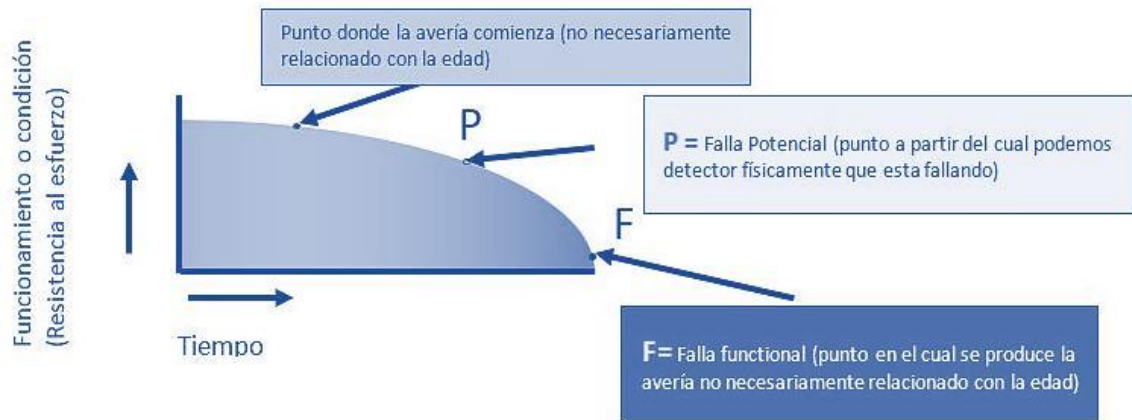
A partir de la detección de la falla potencial, es posible estimar el tiempo de vida hasta la falla operacional y por ende planificar con tiempo suficiente su reemplazo o reparación.

A diferencia de la estrategia de mantenimiento preventivo según condición el uso de cada una de las tecnologías predictivas tiene un costo mayor lo cual la hace menos eficiente desde el punto de vista de costos, sin embargo, entrega valores claros y confiables de las condiciones de los equipos, por lo cual, se recomienda el uso de estas tecnologías a equipos críticos de los procesos, en dónde el costo de la falla del equipo es más alto que la inversión en el monitoreo.

2.3.4.4.1. El Intervalo P-F

El intervalo P-F es el intervalo de tiempo que transcurre entre la aparición de una falla potencial y su degeneración en falla funcional. Estos intervalos son también conocidos como periodos de advertencia ya que representan el tiempo total en que una falla comienza a dar evidencia de su potencial hasta que finalmente se produce.

Figura N° 2.5. Esquema de Diagrama PF.



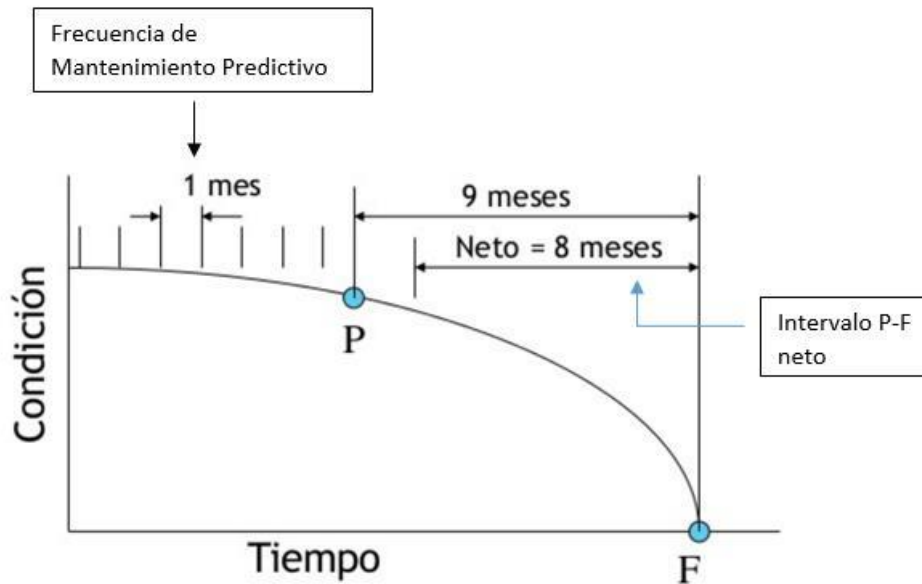
Fuente: [4].

En la figura N° 2.5 se aprecia la diferencia de tiempo entre los puntos P (falla potencial) y F (falla funcional). Este intervalo de tiempo entrega el tiempo total que se dispone para evitar la falla funcional. El tiempo real dispuesto para tomar acciones depende del tiempo en que se detecta la falla potencial, por ende, el determinar la frecuencia para cada una de las revisiones y/o monitoreos es de vital importancia para evitar las fallas funcionales.

Para garantizar el reconocimiento oportuno de las fallas potenciales, la frecuencia de inspección debe ser menor al intervalo P-F respectivo. El intervalo P-F neto es el intervalo real que se cuenta para evitar una falla funcional. La magnitud del intervalo P-F neto depende directamente de la frecuencia de inspección determinada.

A continuación, la figura N° 2.6 y la figura N° 2.7 demuestran de manera gráfica el impacto de asumir dos frecuencias diferentes de inspección en cuanto al tiempo disponible para evitar la falla (intervalo P-F neto).

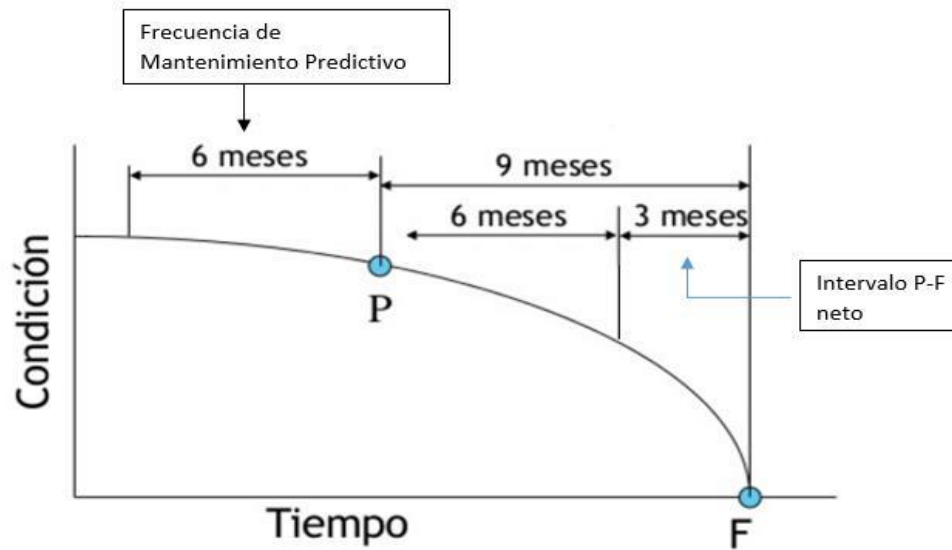
Figura N° 2.6. Intervalo PF neto con una frecuencia baja de inspección (1 mes).



Fuente: [5].

La frecuencia del intervalo PF nos ayuda determinar el estado de un activo para poder determinar su vida útil.

Figura N° 2.7. Intervalo PF neto con una frecuencia alta de inspección.



Fuente: [5].

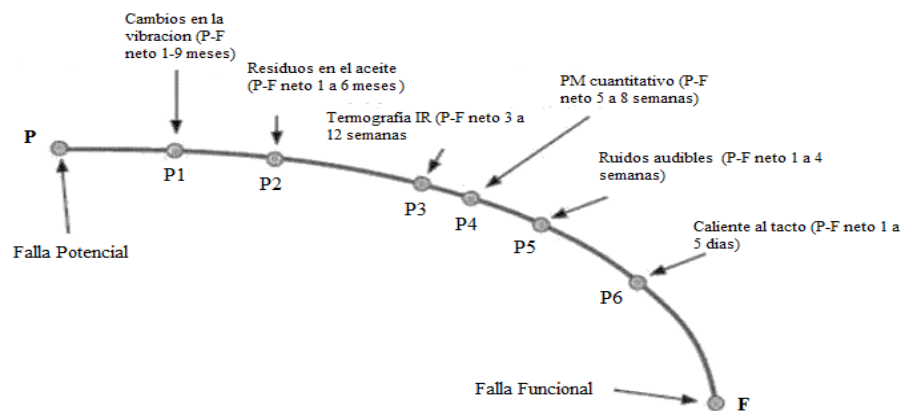
A continuación, la figura N° 2.5 se aprecia que al realizar un monitoreo predictivo con frecuencia de un mes, se logra obtener un intervalo P-F neto de ocho meses. Por el contrario, la figura N° 2.6 representa un monitoreo cada 6 meses, entregando así un intervalo P-F neto sólo de tres meses. Ambas figuras representan el caso menos favorable para cada una de las frecuencias determinadas, ya que se asume que la ejecución del mantenimiento predictivo anterior al punto P fue realizada en un tiempo que tiende a P, por lo cual no logra evidenciar el problema en ese monitoreo.

En ambos casos se logra detectar la falla potencial sólo que en el primer caso se cuenta con un mayor tiempo de reacción, asumiendo un mayor costo directo por la cantidad de intervenciones.

Dependiendo del contexto operativo del activo puede preferirse una alta o baja frecuencia.

Cada tecnología asociada a algún monitoreo predictivo tiene un determinado intervalo P-F teórico. A continuación, la figura N° 2.8 detalla los Intervalos P-F para cada una de las principales técnicas de mantenimiento preventivo.

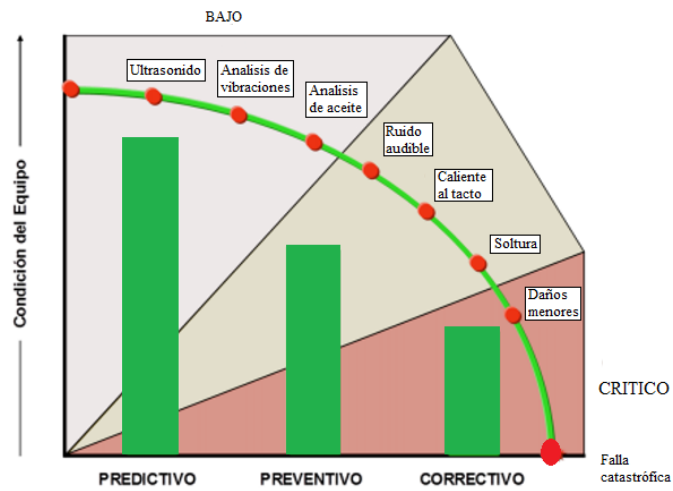
Figura N° 2.8. Intervalos PF característicos de distintas técnicas predictivas o según condición.



Fuente: [5].

A continuación, la figura N° 2.9 vincula algunas técnicas de monitoreo con la estrategias de mantenimiento dentro de un intervalo P-F genérico.

Figura N° 2.9. Intervalos PF característicos de distintas técnicas predictivas o según condición.



Fuente: [5].

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación Proyecto de Título

La investigación de acuerdo al fin que se persigue fue aplicada porque los conocimientos que se obtendrán sobre mantenimiento, tendrán una aplicación práctica inmediata.

Atendiendo al diseño de contrastación fue descriptivo-cuantitativo, porque solo se limitará a describir la realidad tal y como se encuentra.

Y por el grado de su relación de variables la investigación fue relacionada entre las variables gestión de mantenimiento y disponibilidad, además, el diseño de investigación utilizado fue un diseño de tipo no experimental, ya que el investigador no manipuló deliberadamente ninguna variable, solamente se observaron y describieron tal y conforme se presentaron.

3.2. Población y Muestra

Para el presente proyecto de título la población fue igual a la muestra por ser pequeña, en nuestro caso se trata de 7 cargadores frontales pertenecientes a una compañía minera.

3.3. Materiales, Instrumentos y Métodos

3.3.1. Materiales

- Histórico de reportes en correos.

- Órdenes de trabajo.

- Cuadernos de reporte.

- Equipos WA 470-6R.

3.3.2. Instrumentos

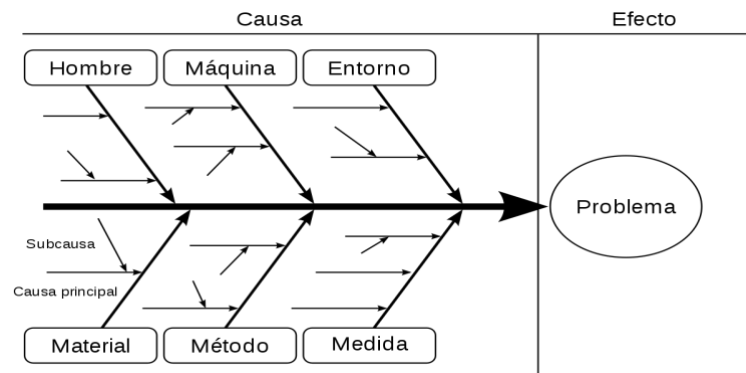
En esta investigación, se definieron los instrumentos que se utilizaron considerando los objetivos específicos y las técnicas descritas.

3.3.3. Métodos

Análisis de Ishikawa

Se identificaron las causas que originan el problema, este análisis consiste en representar gráficamente que muestra las causas y los sobretiempos en la ejecución. A través de este diagrama se enumeraron acciones correctivas para reducir el impacto de este problema. El esquema Ishikawa se muestra en la figura N° 3.1.

Figura N° 3.1. Diagrama de Ishikawa.



Fuente: www.google.com.

Método de Mantenimiento

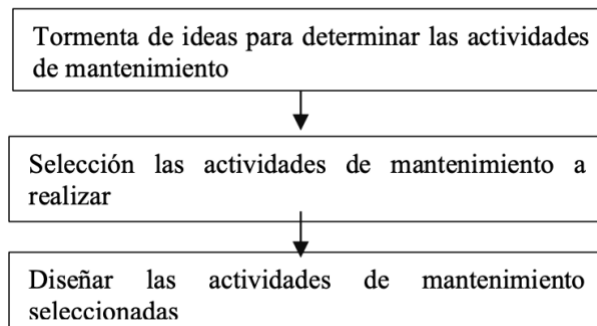
Esta metodología consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta “cero averías” en equipos.

Con la implementación de este mantenimiento se busca erradicar los problemas de los equipos de producción con acciones que priorizan en la eliminación de fallos en el proceso, eliminación de averías, aplicando la mejora continua, realización de acciones para evitar fallos recurrentes y utilizar la información extraída de cada diagnóstico.

Diseño del Plan de Mantenimiento

Considerando como mejora al plan de mantenimiento, se diseñó los elementos de mejora siguiendo la secuencia de la figura N° 3.2.

Figura N° 3.2. Plan de mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

Identificación de la Mejora

Se volvieron a medir los tiempos de ejecución después de diseñarse el plan de mantenimiento preventivo y se identificó el incremento de la disponibilidad mediante la siguiente tabla N° 3.1.

Tabla N° 3.1. Identificación de la mejora.

Tareas	Disponibilidad antes de la mejora	Disponibilidad después de la mejora	Incremento de la disponibilidad

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Procedimiento

Procedimiento de recogida de datos

Para análisis de documentos

Objetivo:

Se elaboró un proceso de interpretación y análisis de la información de los estudios para luego sintetizarlo.

Procedimiento:

- Se preparó el análisis de documentos.
- Se seleccionó partes del documento para representar el contenido.
- Se analizó los contenidos de los documentos.
- Se ordenó o dispuso el contenido.
- Secuencia del análisis de documentos.

- Se estudió la información que se va a tomar.
- Se interpretó a detalle para dar elaborar la tesis y se transformó el análisis teórico en la tesis.

3.5. Aspectos Técnicos

En la investigación se protegió la identidad de cada uno de los sujetos de estudio y se tomó en cuenta las consideraciones éticas pertinentes como:

- **Confidencialidad:** La información obtenida no será revelada ni divulgada para otro propósito que no sea académico.
- **Consentimiento informado:** se solicitó la autorización al supervisor de la empresa, para la realización del estudio y lograr su participación de manera voluntaria, además de resguardar la identidad de los trabajadores que intervinieron en este proyecto de título.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Diagnóstico Actual del Mantenimiento de los Cargadores Frontales

El cargador frontal WA470-6R también denominada cargadora, o pala cargadora, pala cargadora frontal, es un equipo tractor, montado en ruedas, que tiene una cuchara de gran tamaño en su extremo frontal, los cargadores son equipos de carga, acarreo y eventualmente de excavación en el caso de acarreo solo se recomienda realizarlo en distancias cortas el cual no debe exceder los 150 mts. La empresa Komatsu Chile S.A. cuenta con estos equipos.

Componentes:

- Cabina.

- Motor.

- Contrapesos.

- Diferencial posterior.

- Transmisión.

- Diferencial delantero.

- Cucharón.

- Varillas de inclinación del cucharón.

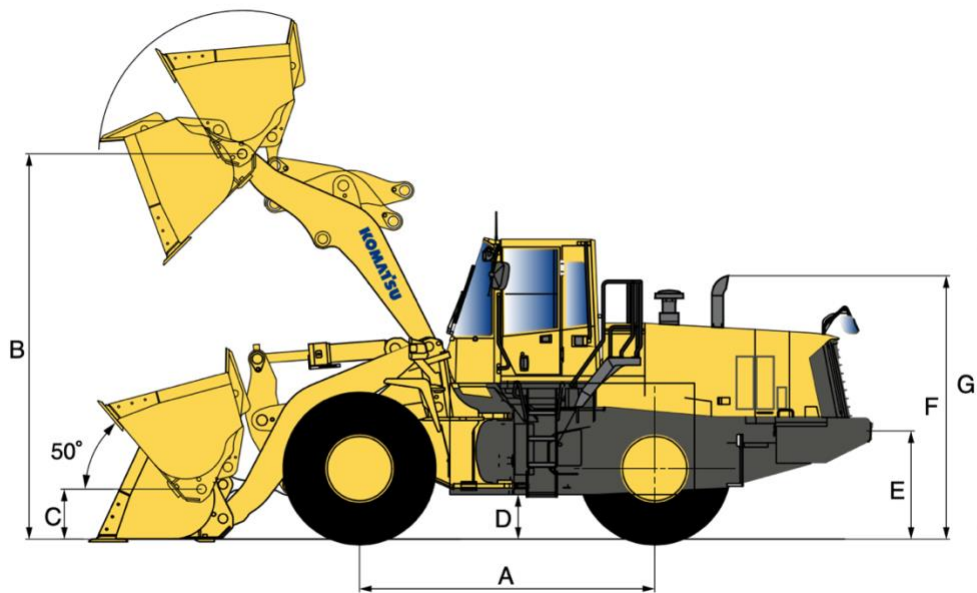
Especificaciones:

- Peso: 23,5 t.
- Neumáticos estándar: 26,5-25.
- Ancho cuchara: 3,22 m.
- Capacidad de la pala mínima: 3,5 m³.
- Capacidad de la pala máxima: 5,5 m³.
- Tipo de dirección: KL.
- Longitud de transporte: 9,03 m.
- Anchura transporte: 2,97 m.
- Altura de transporte: 3,55 m.
- Altura de vertido máxima: 3,18 m.
- Radio de torneado exterior: 6,68 m.
- Potencia de elevación: 194,7 kN.
- Fabricante del motor: Komatsu.
- Modelo de motor: Komatsu SAA6D125E-5.
- Rendimiento de motor: 171 kW.

Características de la Pala:

- Fuerza de arranque: 44.120 libra.
- Despeje sobre el suelo de descargas a máxima elevación: 3.100 mm.
- Ancho de la pala: 3.060 mm.
- Capacidad de pala colmada: 3,3 m³.

Figura N° 4.1. Cargador frontal WA470-6R.



Fuente: Catálogo cargador frontal Komatsu S.A.

A continuación, la tabla N° 4.1 describe las partes que conforman el cargador frontal WA470-6R (ver Anexo A.3. Pág. N° 89).

Tabla N° 4.1. Especificaciones técnicas Cargador Frontal WA470-6R.

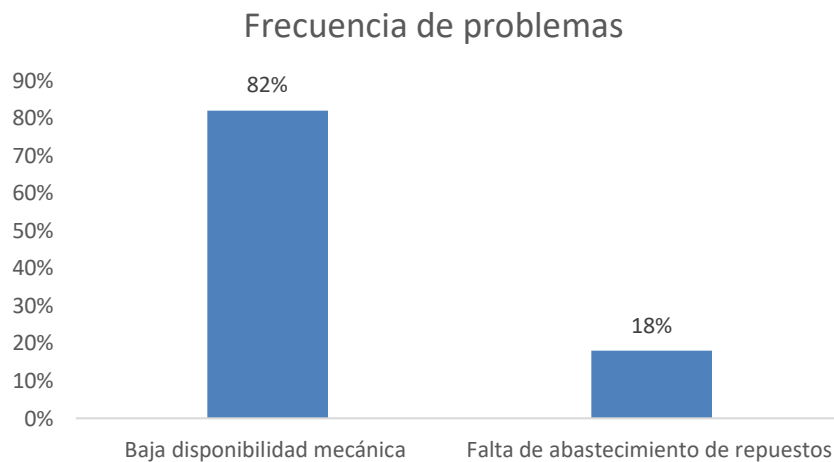
	Banda de Rodadura	2.300 mm
	Ancho sobre neumáticos	3.010 mm
A	Distancia entre ejes	3.450 mm
B	Altura máxima del pesador de bisagra	4.360 mm
C	Altura del pasador de bisagra, posición de transporte	585 mm
D	Distancia al suelo	525 mm
E	Altura de enganche	1.240 mm
F	Altura total, parte superior de pila	3.080 mm
G	Altura total de la cabina ROPS	3.500 mm

Fuente: Catálogo cargador frontal Komatsu S.A.

4.1.1. Problemas Presentados

Se han analizado todos los reportes de fallas del año 2019 (ver Anexo A.1. Pág. N° 84), el problema que tiene mayor impacto es la baja disponibilidad mecánica de estos equipos y se encuentran por debajo de los targets establecidos por la empresa, tal como se muestra en el gráfico N° 4.1.

Gráfico N° 4.1. Frecuencia de problemas.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N° 4.1, se presentan dos problemas que ocurren con mayor frecuencia en los equipos durante el año 2019, el 18% de los problemas en estos equipos son por la falta de abastecimiento de repuestos y el 82% de problemas son por la baja disponibilidad mecánica de los equipos, según la información proporcionada por la compañía minera.

Así mismo se hizo el análisis de las causas de la baja disponibilidad mecánica mediante el diagrama de Ishikawa.

4.1.2. Diagnóstico con Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, es una herramienta efectiva para realizar un diagnóstico en el contexto del mantenimiento preventivo de los cargadores frontales modelo WA470-6R, con el objetivo de aumentar su disponibilidad. Este diagrama se utiliza para identificar y visualizar las posibles causas raíz que pueden estar afectando el rendimiento y la disponibilidad de los equipos.

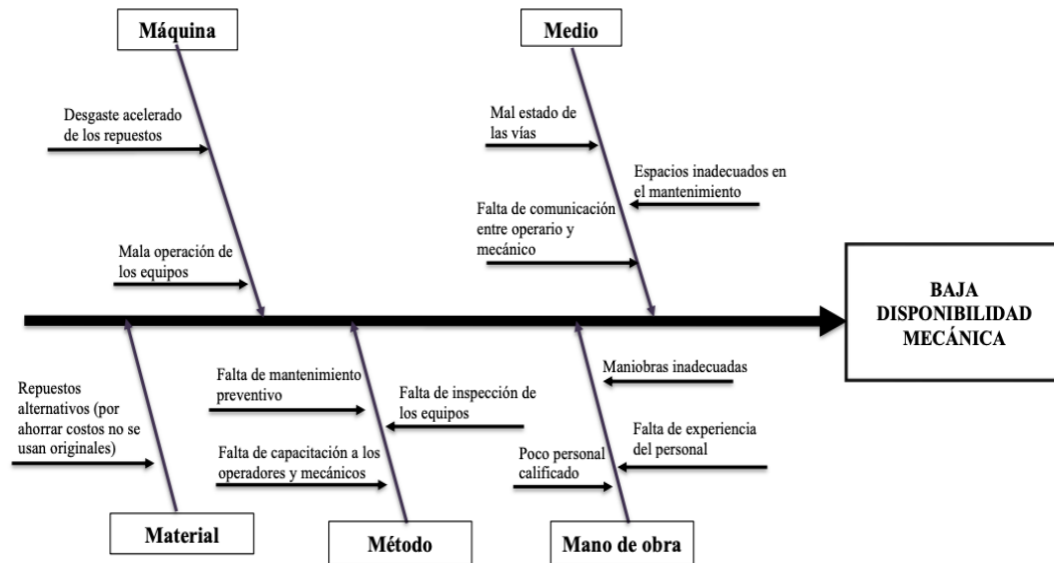
Pasos para realizar el diagnóstico con el diagrama de Ishikawa:

1. **Identificar el problema:** En este caso, el problema sería la baja disponibilidad de los cargadores frontales modelo WA470-6R debido a problemas relacionados con el mantenimiento preventivo.
2. **Crear el diagrama:** Dibuja un eje horizontal en el centro de la página y escribe el problema en el extremo derecho de este eje. Este eje representa el "espinazo del pescado".
3. **Identificar las categorías de causas:** A lo largo del eje horizontal, dibuja líneas inclinadas que representen las categorías de causas que podrían estar contribuyendo al problema. Algunas categorías comunes para el mantenimiento preventivo podrían ser: Personal, Procesos, Equipos, Materiales, Medio Ambiente y Métodos.

4. **Identificar las causas potenciales:** Ahora, junto con el equipo o el personal involucrado, identifica y registra en las líneas inclinadas las posibles causas que pueden afectar la disponibilidad de los cargadores frontales en cada categoría. Estas causas podrían incluir: falta de capacitación, inadecuada planificación de mantenimiento, falta de repuestos, condiciones ambientales adversas, etc.
4. **Analizar las causas:** Realiza una revisión detallada de cada una de las causas identificadas y trata de determinar su relevancia y posible impacto en la disponibilidad de los cargadores frontales.
5. **Priorizar las causas:** Ahora, prioriza las causas más significativas o probables que están afectando la disponibilidad de los cargadores frontales. Aquellas que tengan mayor impacto deben recibir mayor atención en el plan de mantenimiento preventivo.
6. **Desarrollar un plan de acción:** Con base en las causas priorizadas, desarrolla un plan de acción que incluya medidas correctivas y acciones preventivas para mejorar el mantenimiento preventivo de los cargadores frontales. Asegúrate de asignar responsabilidades y establecer un cronograma para su implementación.
7. **Seguimiento y mejora continua:** Monitorea y evalúa regularmente el progreso del plan de acción. Realiza ajustes y mejoras según sea necesario para garantizar que se alcancen los objetivos de aumentar la disponibilidad de los cargadores frontales.

Para determinar causas de los problemas que afectan la disponibilidad mecánica de los equipos, se utilizó el diagrama de Ishikawa. De acuerdo a los reportes del 2019 se tiene como problema principal la baja disponibilidad mecánica de estos equipos

Figura N° 4.2. Diagrama de Ishikawa.



Fuente: Elaboración propia.

Se determinaron 5Ms como causas del diagrama de Ishikawa y se detallan a continuación:

Medio:

- Mal estado de las vías: en la mina en estudio las vías no se encuentran en buen estado por falta de mantenimiento, esto afecta la operación de los equipos.
- Deficiencias en el mantenimiento: se evidencia que no se cumple con algunas tareas programadas.

Tabla N° 4.2. Cronograma de mantenimiento 2019.

Cronograma de mantenimiento 2019.

DATOS DE UNIDAD		AÑO 2019													Operado	Mecánico
CÓDIGO	EQUIPO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE			
1011	CARGADOR FRONTAL			ok			ok				ok			Operado r1	Mecánico o1	
1018	CARGADOR FRONTAL				ok				ok					Operado r2	Mecánico o2	
1112	CARGADOR FRONTAL			ok			ok				ok			Operado r3	Mecánico o1	
1114	CARGADOR FRONTAL				ok			ok				ok		Operado r4	Mecánico o2	
1117	CARGADOR FRONTAL				ok	ok		ok				ok		Operado r5	Mecánico o1	
1200	CARGADOR FRONTAL			ok					ok					Operado r6	Mecánico o2	
1314	CARGADOR FRONTAL				ok						ok			Operado r7	Mecánico o2	
1315	CARGADOR FRONTAL			ok					ok					Operado r8	Mecánico o1	

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se evidencia en la tabla N° 4.2, los equipos no cumplen con los mantenimientos programados, siendo el porcentaje de cumplimiento de un 62%, lo que conlleva a un desgaste mayor del activo. Falta de comunicación entre operario y mecánico: esta causa, define a un ámbito laboral poco armonioso, y falta de confraternidad entre los trabajadores.

Máquina:

- **Desgaste acelerado de repuestos:** la inadecuada realización del mantenimiento ocasiona que los repuestos se desgasten aceleradamente.
- **Mala operación de los equipos:** la empresa cuenta con 16 operadores de cargadores frontales, los cuales no se encuentran en óptimas condiciones de capacitación tal como lo refleja el plan anual.

A continuación, la tabla N° 4.3 describe el cumplimiento del plan de capacitación llevado a cabo durante el año 2019 hacia los diversos operadores de la compañía minera, considerando sólo aquellos que trabajan como operadores de los 7 cargadores frontales de la compañía minera.

Tabla N° 4.3. Plan de cumplimiento de capacitación.

Plan de cumplimiento de capacitación.

ORD	Cargo	CAPACITACIONES – 2019																											
		Entrenamiento Diario de Seguridad Basada en el Manejo Defensivo	Volante Seguro	Bloqueo y Señalización	Charla de Inducción	Liderazgo y Motivación	Seguridad eléctrica	Prevención de caídas de rocas	Seguridad en la oficina	Elaboración y llenado de APT	Rescate Minero	Prevención y protección	Entrenando al entrenador	Uso adecuado del EPP	Auditorías en seguridad	Trabajos en caliente	Excavaciones y Zanjas	Cuadradores y vigías	Trabajos en espacios	Trabajos en Altura	Legislación en Seguridad	Riesgos en operación de	Primeros Auxilios	Identificación de Peligros y	Protección visual	Protección auditiva	Protección Respiratoria	Apago de Incendio	Capacitación Supervivencia en
1	Operador de cargador frontal	X		X				X					X																
2	Operador de cargador frontal	X		X	X				X				X		X	X													
3	Operador de cargador frontal	X		X	X				X				X		X	X													
4	Operador de cargador frontal	X	X	X	X								X		X	X													
5	Operador de cargador frontal	X		X	X				X				X		X	X													
6	Operador de cargador frontal	X		X																									
7	Operador de cargador frontal	X		X	X									X	X														
8	Operador de cargador frontal	X		X				X																					
9	Operador de cargador frontal	X		X	X								X		X														
10	Operador de cargador frontal	X		X	X	X		X	X	X			X																
11	Operador de cargador frontal	X																							X	X	X	X	
12	Operador de cargador frontal	X		X	X	X			X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	Operador de cargador frontal	X		X	X				X	X	X	X	X		X	X											X	X	
14	Operador de cargador frontal	X		X					X	X																	X	X	
15	Operador de cargador frontal	X		X					X	X																	X	X	
16	Operador de cargador frontal	X		X	X	X			X	X	X	X	X		X												X	X	

Fuente: Elaboración propia.

Los operadores que se ausentan a las capacitaciones son por distintos factores, dentro de los más frecuentes tenemos los siguientes:

- Vacaciones legales.
- Licencias médicas.
- Metas operacionales.
- Retiro de la compañía.

Material:

- Repuestos alternativos (por ahorrar costos no se usan originales): Los repuestos que se compran actualmente no son de la misma marca que del fabricante, los cuales tienen menos rendimiento que los originales y que provocan falla en el corto plazo.

Método:

- Falta de mantenimiento preventivo: la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo actual, excepto el otorgado por el fabricante, el cual no es suficiente.
- Falta de inspección de los equipos: no existe fichas de inspección.
- Falta de capacitación a los operadores y mecánicos: como se vio en el ítem anterior las capacitaciones no se cumplen drásticamente.

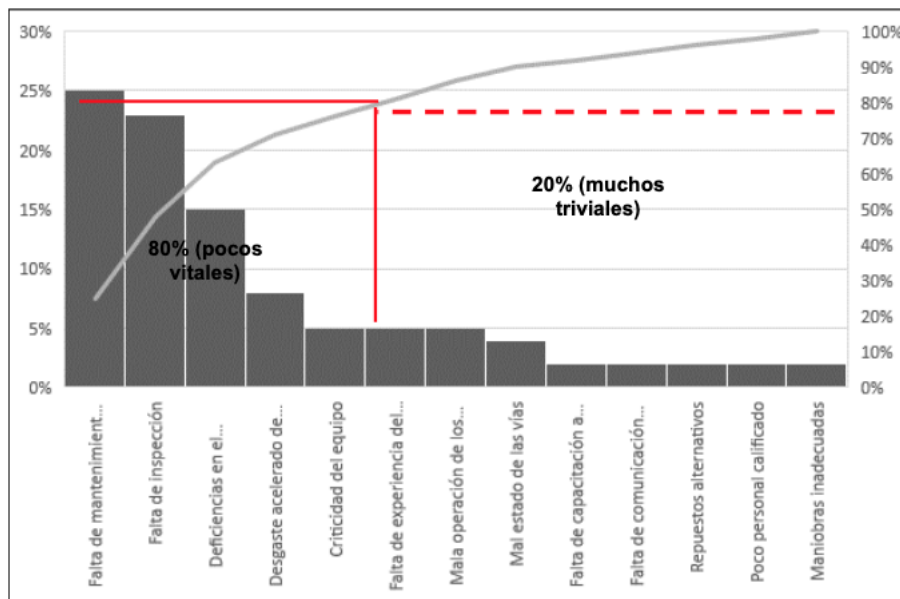
Mano de obra:

- Poco personal calificado: esto se relaciona con la poca capacitación impartida a los trabajadores.
- Maniobras inadecuadas: por desconocimiento se realizan maniobras inadecuadas.
- Falta de experiencia del personal: se debe replantear la selección de personal, ya que en muchos casos los puestos son asignados por lazos amicales.

4.1.3. Diagnóstico con Pareto

Se realizó el diagrama de Pareto de las 13 causas identificadas en el diagrama de Ishikawa y se determinó los pocos vitales y los muchos triviales, tal como se muestra en la figura N° 4.3.

Figura N° 4.3. Diagrama de Pareto de la baja disponibilidad mecánica.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 4.3, se evidencia que el 80% que representa los pocos vitales y el 20% de muchos triviales. Dentro de los pocos vitales están las causas de Falta de mantenimiento preventivo (25%), falta de inspección (23%), deficiencias en el mantenimiento (15%), acelerado de los repuestos (8%), criticidad del equipo (5%), falta de experiencia del personal (5%) y dentro de los muchos vitales se tiene a la mala operación de los equipos (5%), mal estado de las vías (4%), falta de capacitación a los operadores y a los mecánicos (2%), repuestos alternativos (2%), poco personal calificado (2%) y maniobras inadecuadas (2%).

4.1.4. Evaluación de la Disponibilidad actual de los Equipos

La disponibilidad se ha calculado con los datos presentados en el Anexo A.1. (ver Pág. N° 84), y se ha resumido en la tabla N° 4.4. presentándose desde el mes de julio a septiembre del año 2019.

Tabla N° 4.4. Resumen de los reportes de fallas.

N°	Fecha	Semana	Horas de Trabajo Programada	Horas de Trabajo Real Obtenida	Horas Perdidas (Por Falla o Mantenimiento No Programado)	Horas de Mantenimiento Preventivo	Disponibilidad Mecánica
			A	B	C	D	(A)/(A+C)
1	Desde julio 2019 hasta septiembre del 2019	1	168	126	37	0	82%
2		2	168	131	32	0	84%
3		3	168	116	70,5	8	70%
4		4	168	124	39	0	81%
5		5	168	136	31,5	8	84%
6		6	168	134	29	0	85%
7		7	168	119	44	0	79%
8		8	168	103	60	8	74%
9		9	168	87	76	0	69%
10		10	168	130	60,5	0	74%
11		11	168	128	35	0	83%
12		12	168	112	51	8	77%

Fuente: Elaboración propia.

La disponibilidad mecánica (AM) establecida por el área de mantenimiento de la empresa es de 90%, pero se ve afectada por las fallas que ocurren constantemente.

Para determinar la disponibilidad mecánica de los equipos se utilizó la siguiente ecuación, utilizando los datos de la tabla N° 4.4.

$$AM = \left(\frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{Tiempo de funcionamiento} + \text{Tiempo de inactividad}} \right) \times 100\% \text{ (Ec. N° 4.1)}$$

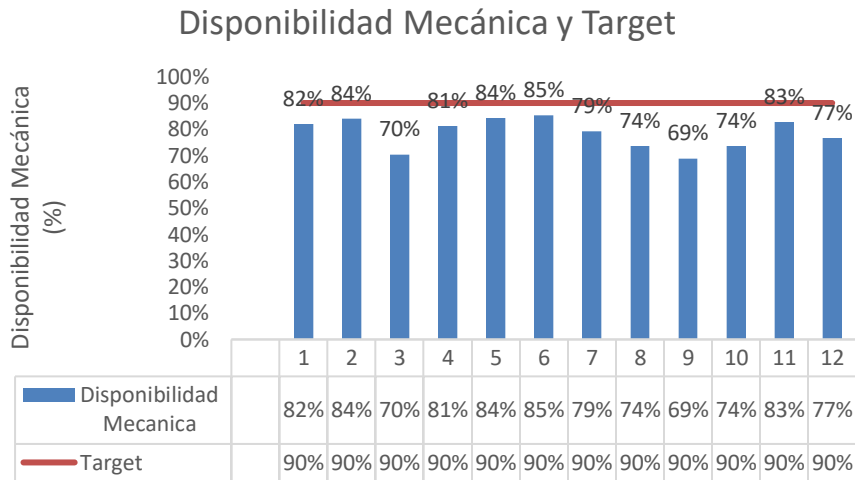
Dónde:

- **Tiempo de funcionamiento:** Es el tiempo durante el cual el cargador frontal ha estado en funcionamiento y disponible para realizar tareas.
- **Tiempo de inactividad:** Es el tiempo durante el cual el cargador frontal ha estado fuera de servicio o no ha estado disponible para operar debido a fallas o mantenimiento.

La disponibilidad mecánica se expresa como un porcentaje y representa el tiempo en el que el cargador frontal ha estado en pleno funcionamiento y disponible para trabajar.

Utilizando los reportes, se calculó la disponibilidad mecánica de los equipos en el año 2019 y se ha comparado con el target establecido por la empresa de acuerdo a lo indicado en el gráfico N° 4.2.

Gráfico N° 4.2. Disponibilidad mecánica actual de los equipos.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N° 4.2., se muestra la disponibilidad mecánica actual de los equipos en el año 2019, en ella se evidencia que en ninguno de los meses se acerca al target del 90%, la disponibilidad mecánica promedio es de 78%. Con los datos de la tabla N° 4.4, también

se han determinado indicadores de mantenimiento como lo son la confiabilidad (R), operatividad y reparaciones no programadas, se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$R = \left(\frac{\textit{Tiempo total observado}}{\textit{Tiempo total observado} + \textit{Tiempo de reparación}} \right) \times 100\% \textit{ (Ec. 4.2)}$$

$$R = \left(\frac{120 \textit{ horas}}{168 \textit{ horas}} \right) \times 100\% = 71\%$$

Dónde:

- Tiempo total observado: Es el tiempo total durante el cual se ha monitoreado el cargador frontal.
- Tiempo de reparación: Es el tiempo total durante el cual el cargador frontal ha estado fuera de servicio debido a reparaciones o mantenimiento.

La confiabilidad también se expresa como un porcentaje y representa la probabilidad de que el cargador frontal funcione correctamente y no experimente fallas o interrupciones.

El promedio de las horas de trabajo real obtenido es de 120 horas desde los meses de julio hasta septiembre del año 2019, este resultado se divide con 168 que son horas de trabajo programado en cada semana según lo establecido por la compañía minera, dando como resultado 71%. Por lo tanto, la utilización se encuentra por debajo del target establecido por la compañía minera que es de un 90%.

Es importante tener en cuenta que estos cálculos requieren un seguimiento preciso del tiempo de operación, inactividad y reparación del cargador frontal a lo largo de un período específico para obtener resultados precisos. Además, el cálculo de la disponibilidad mecánica y la confiabilidad puede ser utilizado para evaluar el rendimiento y la eficiencia

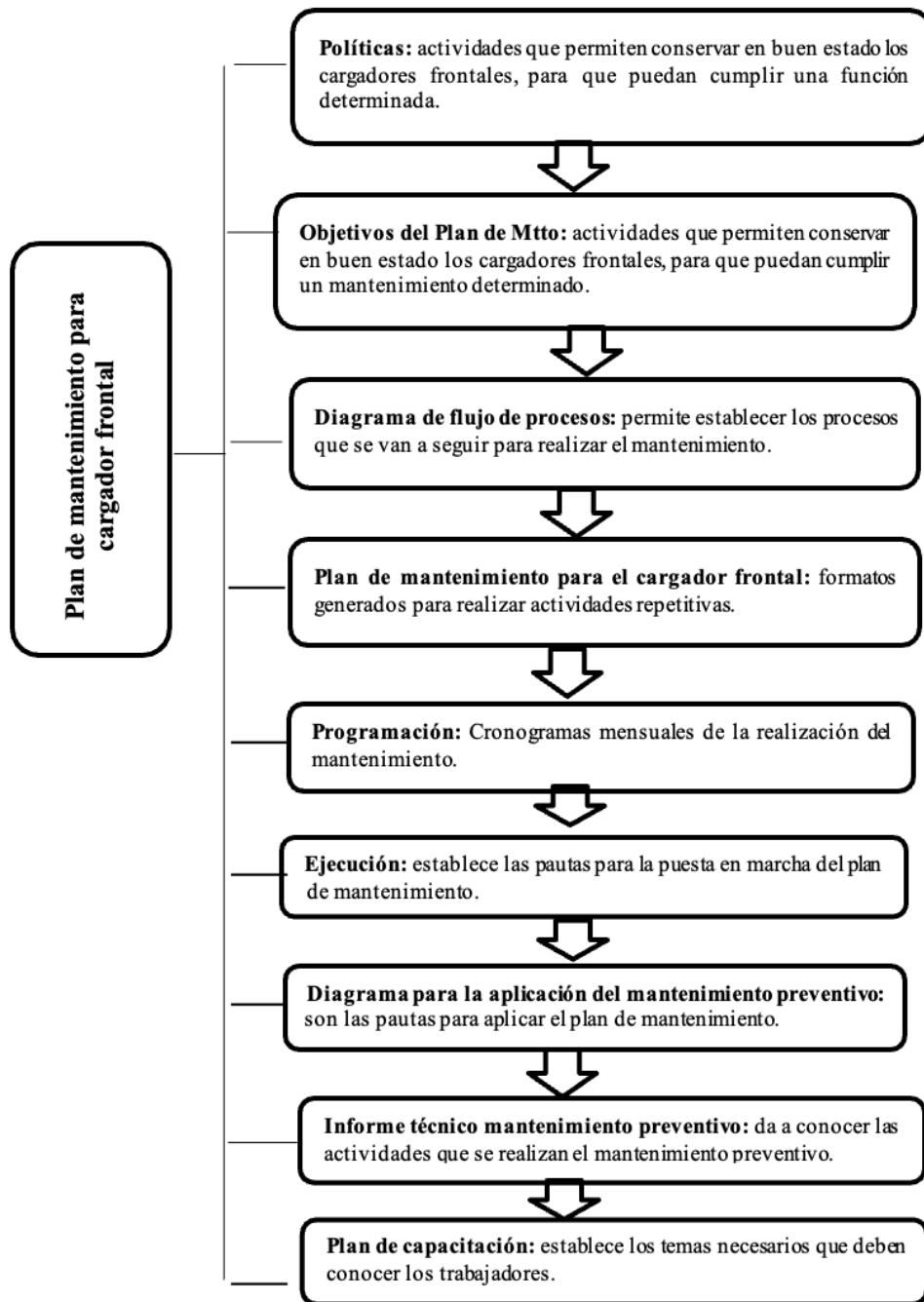
del equipo, lo que permitirá tomar decisiones informadas sobre mejoras y optimización del mantenimiento.

4.2. Diseño del Plan de Mantenimiento de los Cargadores Frontales WA470-6R

A continuación, la figura N° 4.4. muestra el plan de mantenimiento preventivo para los diversos cargadores frontales modelo WA470-6R que posee la compañía minera, en base a la estructura que se menciona a continuación:

- Políticas.
- Objetivos del Plan de Mantenimiento.
- Diagrama de Flujo de Proceso.
- Plan de Mantenimiento para el Cargador Frontal.
- Programación.
- Ejecución.
- Diagrama para la aplicación del mantenimiento preventivo.
- Informe técnico mantenimiento preventivo.
- Plan de capacitación.

Figura N° 4.4. Equipo esperando reparación.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.1. Determinación de la Política de Mantenimiento

Objetivo de la política

- Establecer claramente los lineamientos y principios que deben seguir todos los integrantes del área de mantenimiento de la empresa, para conseguir el cumplimiento de los objetivos del plan de mantenimiento.

Responsabilidades

Responsabilidades del personal de mantenimiento.

Responsable	Actividades
Supervisor de operaciones	Asegura los recursos para el cumplimiento de esta política.
Jefe mantenimiento	Aplica, evalúa política y propone mejoras.
Mantenedores	Conocer y aplicar esta política.

Lineamientos y principios de la política de mantenimiento

- Es convicción de la gerencia de la empresa que:
 - Las actividades de mantenimiento tienen por fin agregar valor a las partes interesadas, con sistemas desarrollados que permitan maximizar la utilización de los equipos dentro de un rendimiento óptimo.
 - Las actividades de mantenimiento son actividades conocidas y que cumplen con los objetivos, plan y las políticas de seguridad y medioambientales establecidas.
- Asimismo, la gerencia de la empresa se compromete en:

- La mejora continua y la evaluación periódica de los procesos de mantenimiento.
- Garantizar la confiabilidad e integridad de los equipos a través de todo su ciclo de vida con una gestión óptima.
- Trabajar en el desarrollo de la confiabilidad humana, poniendo énfasis en el buen clima laboral y el desarrollo de las competencias y habilidades inherentes a las actividades de su alcance.
- Asegurarse que los facilitadores de las actividades de mantenimiento comprendan esta política y apoyen su cumplimiento.
- Asegurarse que los proveedores de servicios y materiales cumplan esta política.
- Asegurarse que las actividades de mantenimiento están alineadas con la integridad de los equipos.

4.2.2. Determinación de la Política de Mantención

Este comité conformado por el superintendente de mantención y jefe de área ha elaborado los objetivos de mantenimiento, las cuales son:

- Maximizar la disponibilidad de los equipos de la empresa, involucrando la participación de todos los integrantes.
- Lograr equipos de trabajo altamente calificados y tener como resultado trabajos de calidad en el mantenimiento de los equipos.
- Desarrollar personal competente, consiguiendo la máxima identificación de las

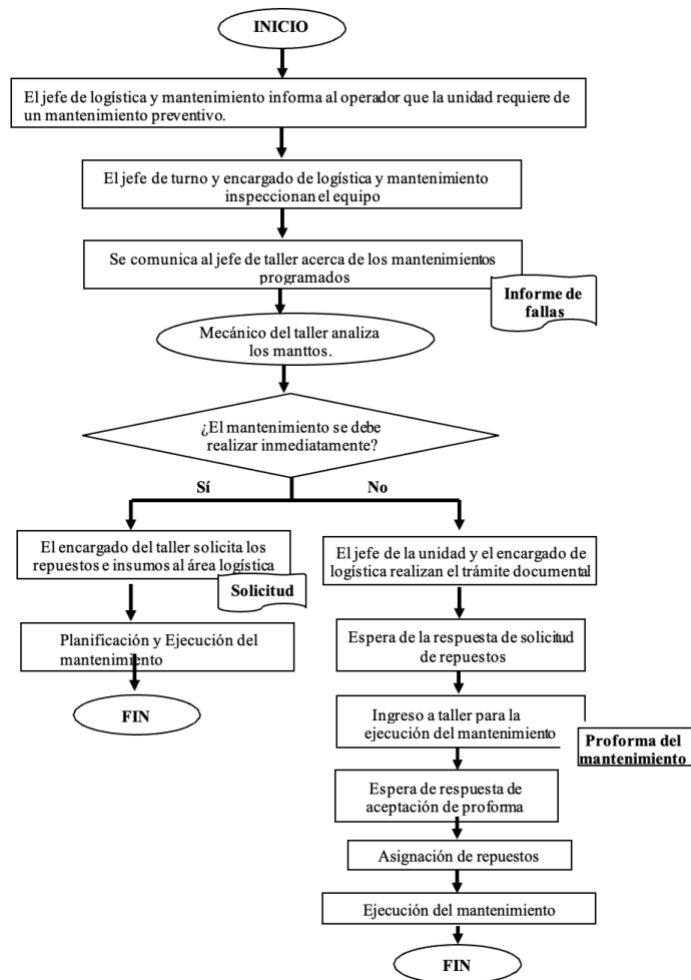
fallas que afectan la disponibilidad de los equipos.

- Lograr la implicación de todos los trabajadores en las mejoras de la disponibilidad, mediante el plan de mantenimiento.

4.2.3. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento

Se ha elaborado un diagrama de flujo adecuado para el proceso de mantenimiento preventivo de los equipos, considerando todas las actividades que se realizan de acuerdo a lo que indica a continuación la figura N° 4.5.

Figura N° 4.5. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento preventivo.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 4.5, se muestra el flujo del proceso de mantenimiento adecuado que debe realizar la compañía minera., que da inicio cuando el jefe de logística y mantenimiento comunican los mantenimientos programados a los operadores, el jefe de unidad acompañado del personal encargado de logística y mantenimiento inspecciona la falla presentada, si no hay unidades de reemplazo y el mantenimiento no es inmediato el equipo sigue operando aunque se exceda del intervalo de mantenimiento establecido, no obstante si el equipo presentara un mantenimiento indispensable se solicita al área respectiva el repuesto o insumos para la ejecución del trabajo si el reporte es por el mantenimiento de la cual el almacén no cuente con repuestos o insumos en stock el equipo queda varado por largo periodo de tiempo hasta que el personal encargado de logística y mantenimiento realice los trámites correspondientes para la asignación, la compra de los repuestos o insumos, como también el presupuesto monetario para la realización del trabajo.

4.2.4. Plan de mantenimiento para el cargador frontal

Un plan de mantenimiento preventivo provee una guía detallada de cada tipo de equipo, en este caso el cargador frontal, descomponiendo la máquina entera en sus diversos sistemas y componentes, es decir, que debe contar con una gama de manuales o catálogos para poderlo realizar (ver Anexo A.2. Pág. N° 86).

Los registros de la maquinaria deben llevarse fielmente. En todo plan de mantenimiento, debe de producirse un registro consecutivo de todo el trabajo mecánico y de servicio hecho en una máquina o equipo. Estos deben ser fáciles de llevar, fáciles de leer, y que puedan estar siempre disponibles y al día.

Para poder realizar el análisis de la disponibilidad con el cual se espera probar si influye o no el plan de mantenimiento preventivo se trabajó con los siguientes indicadores:

- Disponibilidad de mano de obra calificada.
- Mantenibilidad.

- Disponibilidad de repuestos.

A. Disponibilidad de mano de obra calificada

Equivale a los profesionales que intervienen al equipo como técnicos, ingenieros, capacitados para evaluar al equipo.

- B: Bueno: Existen profesionales capacitados.
- R: Regular: Existen profesionales mas no es suficiente.
- D: Deficiente: No existen profesionales capacitados.

B. Disponibilidad de repuestos

Se toma en cuenta tanto la facilidad de adquisición como la existencia de repuestos en el stock de la bodega.

- A: Alta: Los repuestos se encuentran en almacén.
- Media: Los repuestos existen dentro de la región.
- B: Baja: Los repuestos son difíciles de encontrar.

4.2.5. Programación

A. Programación mensual

Se elabora la tabla N° 4.5 con la duración de las tareas adicionales de mantenimiento, tomando como base el antecedente teórico de Bravo y Castro (2014):

Tabla N° 4.5. Tareas de mantenimiento.

Tarea	Estrategia	Descripción	Periodo	Duración	Perfil del Personal
Inspección de la bomba de Aceite, filtros de aceite, motor.	Inspección	Realizar una inspección del estado del aceite y del motor.	1 mes	1 hora	Técnico mecánico encargado.
Revisión de forma adecuada para el Mantenimiento, previsión de posibles fugas.	Mantenimiento preventivo	Realizar una evaluación del estado del aceite	Cada mantenimiento preventivo	1 hora	Técnico mecánico encargado juntamente con el supervisor.
Inspección de fugas en toda la línea hidráulica, inspección de filtros.	Inspección	Realizar una inspección del sistema hidráulico.	1 mes	1 hora	Técnico mecánico encargado.
Inspección y verificación de todo el sistema Hidráulico	Mantenimiento preventivo	Revisión y medición de la presión en la válvula de control.	Cada mantenimiento preventivo	1 hora	Técnico mecánico encargado juntamente con el supervisor.
Supervisión al		Realizar una charla de			

operador y personal técnico.	Taller de charla	capacitación para el soporte técnico y operadores.	1 mes	1 hora	Supervisor
------------------------------	------------------	--	-------	--------	------------

Fuente: Elaboración propia.

4.2.6. Diagrama para la aplicación del mantenimiento preventivo

A continuación, la figura N° 4.6 muestra el diagrama para la aplicación del mantenimiento preventivo y sus diversas aplicaciones.

Figura N° 4.6. Diagrama para la aplicación del mantenimiento preventivo.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.6. Filtros y lubricantes para el cargador frontal.

Filtros y lubricantes para el cargador frontal

ITEM	CANTIDAD	UNID MED	DESCRIPCIÓN
1	1	UND	FILTRO DE PETRÓLEO PRIMARIO
2	1	UND	FILTRO DE SEPARADOR DE AGUA
3	1	UND	FILTRO DE ACEITE MOTOR
4	1	UND	FILTRO HIDRÁULICO
5	1	UND	FILTRO DE ACEITE TRANSMISIÓN
6	1	UND	FILTRO DE AIRE PRIMARIO
7	1	UND	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO
8	10	GLN	ACEITE MOTOR PETROLERO
9	20	GLN	ACEITE TRANSMISIÓN – CONVERTIDOR
10	20	GLN	ACEITE PARA DIFERENCIAL
11	45	GLN	ACEITE HIDRÁULICO
12	10	GLN	REFRIGERANTE

Fuente: Elaboración propia.

Según las especificaciones del fabricante Komatsu (manual del equipo) se elaboran las siguientes tablas N° 4.7 - N° 4.8 - N° 4.9 y N° 4.10.

Tabla N° 4.7. Tipos de mantenimientos realizados según la frecuencia.

Tipos de mantenimientos realizados según la frecuencia.

TIPO DE MTTO	FRECUENCIA	CONTENIDO
PM1	250	Cambio de aceite de motor, cambio de filtros de aceite de motor, cambio de filtros de petróleo, cambio de filtros de aire.
PM2	500	PM1, cambio de filtros hidráulicos, cambio de filtros de transmisión.
PM3	1000	PM1+PM2, cambio de aceite de transmisión, cambio de aceite de diferencial, cambio de aceite de tornamesa.

Fuente: Komatsu Chile S.A.

Las tareas a realizarse en cada tipo de mantenimiento planteado serán las siguientes:

A. PM1 (250 H-M)

- Filtro de aceite
- Filtro de combustible primario.
- Filtro de combustible secundario.
- Filtro separador de agua.
- Aceite motor.
- Lavado y engrase.

B. PM2 (500 H-M)

- Filtro de aceite motor.
- Filtro de combustible primario.
- Filtro de combustible secundario.
- Filtro separador de agua.
- Filtro de aire primario.
- Filtro de aire secundario.
- Aceite de motor.

- Lavado y engrase.

C. PM3 (1000 H-M)

- Filtro de aceite motor.
- Filtro de combustible primario.
- Filtro de combustible secundario.
- Filtro separador de agua.
- Filtro de aire primario.
- Filtro de aire secundario.
- Filtro de transmisión.
- Filtro hidráulico.
- Aceite de motor.
- Aceite de transmisión.
- Aceite hidráulico.
- Líquido refrigerante.
- Afinamiento de motor.
- Drenaje de tanque de combustible.

- Lavado y engrase.

Tabla N° 4.8. Tipos de mantenimientos realizados según el horómetro.

<i>Tipos de mantenimiento realizado según el horómetro.</i>	
HORÓMETRO	TIPO DE MTTO
250	PM1
500	PM1+PM2
750	PM1
1000	PM1+PM2+PM3
1250	PM1
1500	PM1+PM2
1750	PM1

Fuente: Komatsu Chile S.A.

Tabla N° 4.9. Filtros y lubricantes para el mantenimiento del cargador frontal.

ITEM	CANT.	UNID MED	DESCRIPCIÓN	PERIODO DE MANTENIMIENTO		
				PM1 (250 H- M)	PM2 (500 H- M)	PM3 (1000 H- M)
1	1	UND	FILTRO DE PETRÓLEO PRIMARIO	X	X	X
2	1	UND	FILTRO DE SEPARADOR DE AGUA	X	X	X
3	1	UND	FILTRO DE ACEITE	X	X	X
4	1	UND	FILTRO HIDRÁULICO			X
5	1	UND	FILTRO DE ACEITE TRANSMISIÓN			X
6	1	UND	FILTRO DE AIRE PRIMARIO		X	X
7	1	UND	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO		X	X
8	10	GLN	ACEITE MOTOR PETROLERO	X	X	X
9	20	GLN	ACEITE TRANSMISIÓN – CONVERTIDOR			X
10	20	GLN	ACEITE PARA DIFERENCIAL			X
11	45	GLN	ACEITE HIDRÁULICO			X
12	10	GLN	REFRIGERANTE			X

Fuente: Elaboración propia.

4.2.7. Ejecución

Las tareas programadas, así como el registro del cargador frontal serán de acuerdo a la siguiente tabla N° 4.10, que indica los planes de mantenimiento preventivo según las horas de operación del cargador frontal.

Tabla N° 4.10. Tareas programadas.

SERV. 01		SERV. 02		SERV. 03		SERV. 04		SERV. 05		SERV. 06	
ENERO											
TIPO											
FEBRE	X										
TIPO	PM1										
MARZO											
TIPO											
ABRIL		X									
TIPO		PM2									
MAYO											
TIPO											
JUNIO			X								
TIPO			PM1								
JULIO											
TIPO											
AGOSTO					X						
TIPO					PM3						
SETIEM											
TIPO											
OCTUB						X					
TIPO						PM2					
NOVIEM											
TIPO											
DICIEM							X				
TIPO							PM1				

Fuente: Elaboración propia.

4.2.8. Informe Técnico de Mantenimiento Preventivo

Este informe consta de la siguiente ficha (ver tabla N° 4.11), con ello se controlará la realización del mantenimiento.

Tabla N° 4.11. Informe técnico.

REPUESTOS USADOS EN CAMPO										
Cant.	Guía/Fact./N. Parte	Descripción	Cant.	Guía/Fact./N. Parte	Descripción					
DATOS DE FUNCIONAMIENTO										
RPM	P. de aceite M.	Temp. Motor.	V.C.C Alter.	V.C.A Gen	Amperaje	HZ	F.P.	Tem. Hidrául.	P. de aire	Trabj. Horas
COMENTARIOS										
RESPONSABLE AUTOCENTRO CAJAMARCA (Firma y Nombre)					RESPONSABLE CLIENTE (Firma y Nombre)					

Medidor del nivel de combustible						Caja de válvulas y/o paquete					
Estado de mangueras de aceite						Nivel de aceite hidráulico					
Nivel de aceite						Nivel de aceite de la caja de transferencia					
Ventilador						Nivel de aceite de la caja de diferencia					
Enfriador de aceite y refrigerante						Nivel de aceite de los ejes de ruedas					
Eficiencia de arranque						Nivel de aceite de cadenas					
No presenta fugas de agua						No presenta fugas de aceite hidráulico					
No presenta fugas de aceite						No presenta sonidos anormales					
No presenta fugas de combustible						IMPLEMENTOS DE CONSUMO	B	M	F	PE	NA
No presenta fugas de escape						Estado de lampón					
Tipo de humo de escape						Estado de cuchillas y Cantoneras					
No presenta sonidos anormales						Estado de bocinas y puntas					
SISTEMAS ELÉCTRICOS	B		M	F	PE NA	Estado de uñas					
Baterías						Estado llantas					
Luces, alarma de retroceso, etc.						Estado de Mástil					
Instrumentos de medición											
Módulo de control						CONDICIONES DE OPERACIÓN	B	M	F	PE	NA
Cable de fuerza						Calidad de abastecimiento de combustible					
tarjeta, ECM, ECU,						Condiciones de ambiente					
Arrancador y Alternador						Condiciones de terreno					
SISTEMAS NEUMÁTICOS	B		M	F	PE NA	Protección del equipo					
Mangueras y acoples						Altitud m.,s,n,m					
Estado de válvulas						Operador calificado					
No presenta fugas de aire											
Reporte de falla (día y hora)						CONDICIONES:	Bueno = B	Por evaluar = PE			
Días inoperativos (día y hora)							Malo = M	No aplica = NA			
() Motivo de falla:							Falta = F				
OBSERVACIONES:											
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO											

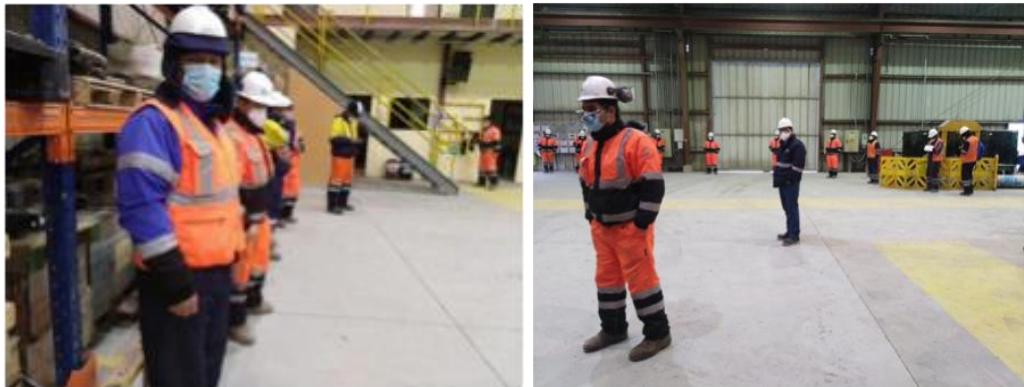
REPUESTOS USADOS EN CAMPO										
Cant.	Guía/Fact./N. Parte	Descripción	Cant.	Guía/Fact./N. Parte	Descripción					
DATOS DE FUNCIONAMIENTO										
RPM	P. de aceite M.	Temp. Motor.	V.C.C Alter.	V.C.A Gen	Amperaje	HZ	F.P.	Tem. Hidrául.	P. de aire	Trabj. Horas
COMENTARIOS										
RESPONSABLE AUTOCENTRO CAJAMARCA (Firma y Nombre)						RESPONSABLE CLIENTE (Firma y Nombre)				

Fuente: Elaboración propia.

4.2.9. Plan de Capacitación

Se ha programado las capacitaciones durante un año en los ítems concernientes a seguridad y mantenimiento (ver Anexo A.4. Pág. N° 105).

Figura N° 4.7. Capacitaciones a los trabajadores de la empresa.



Fuente: Komatsu Chile S.A.

4.3. Evaluación de las posibles mejoras en la disponibilidad de los equipos luego del diseño

Se evalúa la mejora de acuerdo a los diversos estudios analizados, que determinan el impacto del plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de los cargadores frontales, para ello se utilizó la tabla N° 4.12.

Tabla N° 4.12. Análisis teórico del impacto en la utilidad de la empresa.

Análisis teórico del impacto en la utilidad de la empresa.

Diseño	Teoría	Impacto en la Disponibilidad
Mantenimiento Preventivo	Considerando los estudios de Julca, (2017), Lizardo, (2015) indican que el mantenimiento preventivo, brinda una orientación práctica en el cuidado de los equipos. Martínez (2013) afirma que el mantenimiento preventivo destaca detalladamente cada actividad de mantenimiento de los equipos implicados, cuidando al equipo antes de que falle, incluyendo la inspección diaria por parte del	Con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se logrará reducir las fallas presentes en los equipos por ende se controla y reduce los costos.
	operador y del mecánico encargado, antes de funcionar. Asimismo, Salazar (2018) explica que las empresas en todo el proceso de mantenimiento de equipos el sistema de control interno, tiene que preparar los mantenimientos preventivos, los cuales son los que forman el pilar para poder desarrollar adecuadamente el funcionamiento de los equipos, estableciendo responsabilidades a los encargados de las todas las áreas de operación y mantenimiento, generando información útil y necesaria, estableciendo medidas de seguridad, control y autocontrol y objetivos que participen en el cumplimiento con la función empresarial.	

Fuente: Elaboración propia.

Se ha realizado un comparativo de estudios teóricos con la mejora en su disponibilidad, posteriormente se ha obtenido un promedio, con lo cual se cree que se mejora en los cargadores frontales.

Tabla N° 4.13. Componente teórico de la disponibilidad.

Comparativo teórico de disponibilidad.

Autor	Estudio	Universidad/ País/Ciudad	Incremento en la disponibilidad	Promedio total
Ordóñez (2012)	Propuesta de un plan de mantenimiento automotriz para la flota vehicular del gobierno autónomo de la ciudad de Azogues	Universidad Politécnica Salesiana/ Cuenca/Ecuador	18%	
Espinoza (2018)	Mejora del Plan de Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Disponibilidad de los Buses de la Empresa de Transporte Allin Group Javier Prado S.A. Concesionaria de los Corredores Complementarios de la Municipalidad de Lima	Universidad Tecnológica del Perú/ Lima/ Perú	4%	
Carbajal (2016)	Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transporte El Dorado S.A.C	Universidad Nacional de Trujillo/ Trujillo/ Perú	14%	13.25%
Saaavedra y Silva (2017)	Propuesta de mejora del plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad operativa de los camiones compactadores de la sub gerencia de limpieza pública de la Municipalidad Provincial de Cajamarca	Universidad Privada de Norte/Cajamarca/ Cajamarca	17%	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos mostrados en la tabla N° 4.13, se prevé que, con este plan de mantenimiento preventivo, se ha a incrementar el 12% de la disponibilidad de los cargadores frontales, asimismo se mejoraron el estado de los indicadores como se muestra en la tabla N° 4.14.

Tabla N° 4.14. Resumen de los indicadores actuales.

Resumen de los indicadores actuales.

VARIABLE(S)	INDICADORES	FÓRMULA	Valor actual	Valor mejorado
Plan de mantenimiento	Objetivos de mantenimiento	Existencias de objetivos de mantenimiento	0%	100%
	Políticas de mantenimiento	Existencias de políticas de mantenimiento	0%	100%
	Procedimientos de mantenimiento	Existencias de procedimientos de mantenimiento	0%	100%
	Porcentaje de utilización del equipo	$U = \frac{Hrs Trabajadas}{Hrs disponibles} * 100$	66%	79%
	Porcentaje de operatividad de los equipos	$Op = \frac{Total máq operativas}{Total máquinas} * 100$	75%	88%
	Porcentaje de reparaciones programadas	$Rep. prog = \frac{Reparaciones no programadas}{Reparaciones totales}$	0.5%	0.2%
Disponibilidad.	Nro. De horas de mttos. programados	$MP = \frac{Horas programadas}{250}$	112	112
	Tiempo medio de reparación (MTTR)	$MTTR = \frac{Hrs en reparación}{Nro reparaciones}$	8	-
	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	$MTBF = \frac{Hrs trabajadas}{Nro reparaciones}$	75	-
	Disponibilidad mecánica	$D(m) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	68%	81%

Fuente: Elaboración propia.

Se estima según el estudio teórico que la disponibilidad va a mejorar en un 12%, como se observa a continuación en la tabla N° 4.15.

Tabla N° 4.15. Mejora de la disponibilidad.

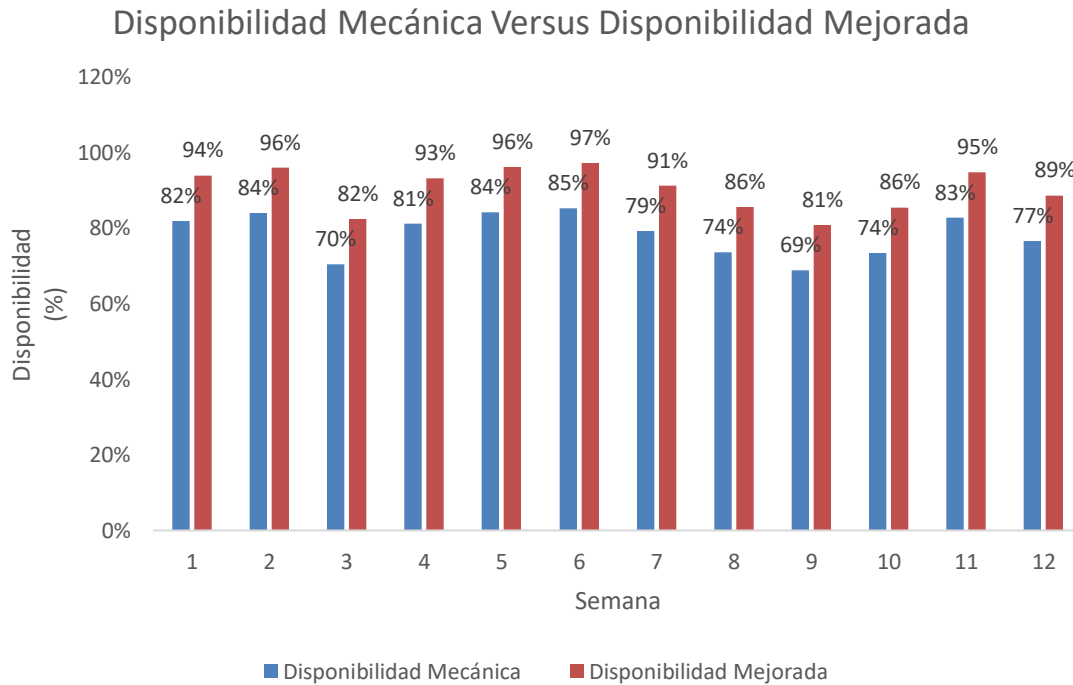
N°	Fecha	Semana	Disponibilidad Mecánica	Disponibilidad Mejorada
			(A)/(A+C)	(%)
1	Desde Diciembre 2019 hasta Junio del 2020	1	82%	94%
2		2	84%	96%
3		3	70%	82%

4		4	81%	93%
5		5	84%	96%
6		6	85%	97%
7		7	79%	91%
8		8	74%	86%
9		9	69%	81%
10		10	74%	86%
11		11	83%	95%
12		12	77%	89%

Fuente: Elaboración propia.

La disponibilidad mecánica establecida por el área de mantenimiento de la empresa es de 90%, con el plan de mantenimiento se incrementa la disponibilidad en promedio 12%.

Gráfico N° 4.3. Mejora de la disponibilidad de los cargadores frontales.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N° 4.3, se muestra la disponibilidad mecánica actual de los equipos en el año 2019, en ella se evidencia que en diversos meses llega al target como también se encuentra por encima, la disponibilidad mejorada promedio es de un 90%.

4.4. Análisis Económico del Plan de Mantenimiento en la empresa Komatsu Chile S.A

La evaluación económica o análisis económico con un flujo de caja implica analizar y calcular los beneficios económicos generados por un proyecto o inversión a lo largo del tiempo. Se utiliza para determinar si un proyecto es financieramente viable y rentable en el tiempo a través de la medición de indicadores relevantes tales como el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

4.4.1. Costos de Mantenimiento Preventivo

Los costos de mantenimiento preventivo fueron otorgados por el área de finanzas de la empresa y se muestran a continuación en la tabla N° 4.16.

Tabla N° 4.16. Costos de Mantenimiento preventivo en MUS\$.

Descripción del Mantto.	Costo (MUS\$)
Motor	
Funcionamiento de motor	80
Tapa de llenado de aceite de motor	30
Varilla de medición de nivel de aceite	20
Fugas de aceite de motor	20
Estado de filtros de aire	30
Estado de filtros de aceite	40
Estado del turbo alimentador	30
Faja de ventilador	20
Estado del radiador	20
Estado de mangueras de radiador y enfriador	30

Freno de motor	50
Bomba de agua	20
Sistema de Lubricación	
Estado del aceite	20
Horómetro y fecha del último cambio	220
Consumo de aceite	20
Fugas de aceite	20
Sistema de Admisión y Escape	
Tuberías de múltiple de admisión	20
Tuberías de múltiple de escape	30
Silenciador	50
Soportes de silenciador	20
Fugas de gases de escape	50
Sistema de Combustible	
Humo por el escape	30
Bomba de cebado de combustible	40
Filtro de petróleo	40
Tanque de combustible	80
Tapa de tanque de combustible	20
Medidor de nivel de tanque de combustible	20
Estado de los inyectores	100
Estado de las cañerías	50
Fugas de petróleo	40
Estado de la bomba de inyección	50

Sistema Eléctrico Motriz	
Motor de Arranque	30
Carga de alternador	30
Correa de alternador	30
Arrancador	30

Baterías, Bornes de batería	30
Cableado del circuito en general	30
Luces en general	30
Plumilla limpia parabrisa	30
Claxon	30
Alarma de retroceso	30
Tablero de control	30
Sistema de Transmisión	
Embrague	20
Pedal de embrague	20
Disco de embrague	50
Nivel de líquido	20
Nivel de aceite Corona	50
Transmisión	
Estado y nivel de aceite	30
Ruidos en el interior	30
Fugas de aceite	30
Acoples de Transmisión	
Cardanes	20
Crucetas	20
Soportes de cardan	20
Graseras de cardan y cruceta	20
Sistema de Freno	
Estado de los frenos	50
Bomba de freno	80
Fugas de líquido de freno	30
Estado de los frenos delanteras	30
Estado de los frenos posteriores	30
Sistema de Dirección	
Mecanismos de dirección	40

Cilindros de dirección	80
Bomba hidráulica de dirección	80
Alineamiento de dirección	100
Terminales de dirección	40
Brazo de dirección	40
Caja de dirección/Bomba	100
Sistema de Neumáticos	
Estado de llantas y aros	20
Llanta de repuesto	10
Pernos y tuercas de llanta	10
Espárragos	10
Cabina	
Indicadores	20
Controles	20
Asiento de copiloto y/o pasajero	20
Espejos laterales y retrovisores	10
Coderas	10
Correa de seguridad	10
Chapas de puertas	10
Cremallera de vidrio de puertas	10
Manija de levantavidrios	10
Parabrisa y vidrios	10
Bisagras de Puerta	10
Tapasol	10
Circulina	10
Total	2.880

Fuente: Elaboración propia.

El costo del plan de mantenimiento preventivo mensual será de 2.880 MUS\$, por cada equipo, sin embargo, el mantenimiento se realiza cada 250 horas, es decir que

mensualmente ingresan 7 cargadores frontales a taller de la empresa, ascendiendo a un costo total de 20.160 MUS\$ mensuales.

4.4.2. Ahorro con el Plan de Mantenimiento Preventivo

Los ahorros de costos del plan de mantenimiento preventivo fueron otorgados por el área de finanzas de la empresa y se muestran a continuación en la tabla N° 4.17.

Tabla N° 4.17. Ahorro de cotos con mantenimiento preventivo en MUS\$.

Descripción	Mes 2019					
	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Con mantenimiento correctivo (US\$)	46.170	30.400	47.760	48.240	43.680	23.500
Con mantenimiento propuesto (US\$)	21.070	21.070	21.070	21.070	21.070	21.070
Ahorro mensual (US\$)	25.100	9.330	26.690	27.170	22.610	2.430

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Inversión

Las inversiones del plan de mantenimiento preventivo fueron otorgados por el área de finanzas de la empresa y se muestran a continuación en la tabla N° 4.18.

Tabla N° 4.18. Costo de inversión para mantenimiento preventivo en MUS\$.

Descripción	Costo Total (US\$)
Elaboración del diagrama de flujo	1.500
Elaboración de procedimiento	3.000
Elaboración del plan de mantenimiento	5.000
Total	9.500

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Indicadores Económicos

Los indicadores económicos VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) son herramientas financieras utilizadas en el análisis de inversiones. En resumen, tanto el VAN como la TIR son herramientas utilizadas para evaluar la viabilidad y rentabilidad de proyectos de inversión. El VAN se centra en el valor actual de los flujos de efectivo, mientras que la TIR se concentra en la tasa de rendimiento interna de la inversión. Ambos indicadores son útiles para tomar decisiones informadas sobre inversiones y beneficios futuros esperados por la ejecución del proyecto.

4.4.4.1. El Valor Actual Neto (VAN)

El modelo del valor actual neto (VAN), también conocido como el método de descuento de flujos ajustado por el riesgo, es uno de los métodos más difundidos en la literatura de evaluación de proyectos. Una de las razones que propicia su difusión es que provee un marco decisional sencillo en relación a la conveniencia financiera de los proyectos.

El VAN se puede explicar así: cuando se hace una inversión, se recibe a lo largo de la vida de ésta, un flujo de caja. El VAN mide el remanente después de restar, al flujo recibido en valor actual (flujo neto), la inversión y la tasa de descuento (el costo del dinero). Es decir, el VAN es el aumento de valor que aporta el proyecto a la empresa, después de haber realizado la alternativa escogida.

El concepto anterior refleja que el valor del proyecto se obtiene después de sacar la inversión y el costo oportunidad, esto deja de manifiesto que a mayor tasa de descuento, menor VAN. Para determinar el VAN se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FN_i}{(1+r)^i} \quad (Ec. N^{\circ} 5.1)$$

Dónde:

- I_0 = Inversión inicial.
- FC= Flujos de Caja.
- r = Tasa de descuento.
- n : Número de períodos.

Según esto se tiene que el método del VAN, que es un modelo matemático y normativo y, por lo tanto, indica qué decisión se debe tomar:

1. Si el VAN es mayor que cero, se debe aceptar el proyecto.
2. Si el VAN es igual a cero, se debe aceptar el proyecto.
3. Si el VAN es menor que cero, se debe rechazar el proyecto.

4.4.4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno (TIR) es otro de los métodos, junto con el VAN y el Payback, más utilizado por las empresas. Posee la ventaja de ser fácil de visualizar de manera intuitiva. La TIR es una medida porcentual de la magnitud de los beneficios que le reporta un proyecto a un inversionista.

A este método también se le denomina tasa interna de rendimiento, tasa de rendimiento descontado o método de inversionista. El objetivo es encontrar una tasa que, al ser aplicada a los flujos de caja que generará el proyecto durante su vida útil, dé un monto igual a la inversión inicial. Esto implica tener un VAN igual a cero. Una definición más utilizada es: “El criterio de la tasa interna de retorno (TIR) evalúa el proyecto en función de una

única tasa de rendimiento por periodo con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual.

Como señalan Bierman y Smidt, la TIR “representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, así todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomarán prestados y el préstamo (principal e interés acumulado) se pagarán con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuesen produciendo

Para entender este concepto conviene regresar al concepto de VAN. Se dijo que, el descuento de flujos ajustado por el riesgo, representa el valor remanente que queda de los flujos de caja, después de que se ha descontado la inversión y el interés (costo de capital) que debe pagar el proyecto a la empresa. Este cálculo se realiza fijando una tasa de descuento, de modo que un VAN positivo indica que el inversionista recibe del proyecto su inversión, su tasa de costo de capital y una cantidad adicional. La tasa y la cantidad adicional que recibe el inversionista son la totalidad de los beneficios que le reporta el proyecto. De modo que, cuando el VAN es igual a cero, la tasa a la cual esto ocurre es una medida de la totalidad de los beneficios que produce la inversión mientras esos recursos se encuentran invertidos en ese proyecto. A esta tasa se le denomina tasa interna de rentabilidad (TIR).

Para determinar la TIR se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FN_i}{(1 + TIR)^i} = 0 \text{ (Ec. N° 5.2)}$$

Dónde:

- I_0 = Inversión inicial.
- FC= Flujos de Caja.

- n: Número de períodos.

Igual que el VAN, la TIR es un modelo matemático y normativo que dice lo siguiente:

1. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento, se debe aceptar.
2. Si la TIR es igual a la tasa de descuento, se debe aceptar.
3. Si la TIR es menor que la tasa de descuento, se debe rechazar.

La TIR puede usarse para aceptar o rechazar alternativas, pero no para seleccionarlas. Esto quiere decir que una alternativa con mayor TIR que otra no necesariamente es la mejor.

4.4.4.3. Período de Recuperación de la Inversión (Payback)

También llamado payback o período de amortización, se define como el período de tiempo necesario para que el inversionista recupere la cantidad invertida incluyendo el costo de capital, es decir, cuando el proyecto comienza a aportar beneficios. Este método centra su interés solamente en el tiempo de recuperación de la inversión, es así como el criterio de decisión se basa en elegir el proyecto que recupere la inversión inicial en menor tiempo.

4.4.5. Flujo de Caja

A continuación, en la tabla N° 4.19 se han determinado los montos de inversión dado en el Año 0, los flujos salientes que representan la continuidad del plan de mantenimiento preventivo entre los primeros 6 años y los flujos entrantes que representan los ahorros que se logran con el plan de mantenimiento preventivo, con ello se obtuvo una tasa interna de retoro (TIR) de 158%, y un valor actual neto (VAN) de 65.827 MUS\$, relación promedio

beneficio/costo de 3,8 US\$ y un período de recuperación de la inversión (PRI) o Payback de 2 años.

La información que alimenta el “Flujo de Caja” en materia de ahorro por sobrecostos, costos y tasa de descuento fue proporcionada por la empresa de servicios Komatsu S.A. particularmente por al área financiera y de mantenimiento.

Tabla N° 4.19. Flujo de caja en MUS\$.

Flujo de Caja (MUS\$)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Flujo de Entrada							
Ahorro por sobrecostos (Beneficios)		20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Egresos	0	1	2	3	4	5	6
Elaboración del diagrama de flujo	-1.500						
Elaboración de fichas de inspección	-3.000						
Elaboración del plan de mantenimiento	-5.000						
Costo de mantenimiento preventivo		-3.010	-3.010	-3.010	-3.010	-3.010	-3.010
Costo por cambio de repuestos desgastados		-300		-300	-2.400	-300	
Costo por trámite de mantenimiento preventivo		-2.400	-2.400	-2.400	2.400	2.400	-2.400
Total Egresos	-9.500	-5.711	-5.412	-5.713	-7.814	-5.710	-5.415
Total Beneficios		20.000	20.000	20.000	40.670	20.000	20.000
Flujo de Caja	-9.500	14.289	14.588	14.287	32.856	14.290	14.585
Indicadores Económicos							
TASA DE DESCUENTO	10%						
TIR (%)	158%						
VAN (MUS\$)	65.827						
PRI	Año 2						
Beneficio/Costo	3,8						

Fuente: Elaboración propia.

En este contexto, el VAN (Valor Actual Neto) de 65.827 MUS\$ indica que el proyecto genera un valor presente neto positivo. El VAN es una medida financiera que calcula la diferencia entre los flujos de caja entrantes y salientes, descontados al valor presente, teniendo en cuenta la tasa de descuento aplicada. Un VAN positivo indica que el proyecto genera un retorno económico mayor que la tasa de descuento utilizada.

Por otro lado, el TIR (Tasa Interna de Retorno) de 158% representa la tasa de rendimiento esperada del proyecto. El TIR es la tasa de descuento que iguala el VAN a cero. En este caso, un TIR del 158% indica que el proyecto tiene una rentabilidad muy alta en comparación con la tasa de descuento utilizada.

En resumen, una evaluación económica con un flujo de caja que tiene un VAN positivo de 65.827 MUS\$ y un TIR del 158% indica que el proyecto es financieramente viable y presenta una alta rentabilidad en comparación con la tasa de descuento utilizada. Esto sugiere que el proyecto puede generar beneficios económicos significativos y ser una inversión atractiva. Sin embargo, es importante considerar otros factores y riesgos asociados al proyecto antes de tomar una decisión final.

Finalmente, se puede afirmar que el proyecto genera beneficios económicos y ahorro en los costos para la compañía minera, producto de la implementación del plan de mantenimiento preventivo hacia los 7 cargadores frontales, que permitió incrementar la disponibilidad mecánica en un 12% en promedio, lo que se puede observar en los indicadores económicos obtenidos del proyecto de título, hacia el mantenimiento de dichos activos a través de la empresa de servicios Komatsu Chile S.A.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El diagnóstico de la situación actual determina que el problema principal que afecta a los cargadores frontales modelo WA470-6R es la baja disponibilidad, lo cual se debe a la falta de un plan de mantenimiento preventivo, sus fallas son frecuentes, es por ello que urge medidas de mejora. La disponibilidad de los equipos es 68% estando por debajo del target establecido por la empresa que es 90%. Dentro de las limitaciones de la investigación están las restricciones al acceso de información y las restricciones a la unidad minera. La empresa actualmente solo cuenta con el manual del fabricante lo cual no es suficiente por ello urge diseñar un plan de mantenimiento, no existen política de mantenimiento ni procedimiento, la utilización actual es 66% y el porcentaje de operatividad es 75%.
- El plan de mantenimiento preventivo de los equipos WA470-6R consiste en la elaboración de políticas, diagrama de flujo del proceso, ficha de mantenimiento preventivo, programación de mantenimientos, diagrama de aplicación de mantenimientos, informe técnico de mantenimientos y plan de capacitaciones.
- El plan de mantenimiento preventivo mejora la utilización a 79%, el porcentaje de operatividad se incrementa a 88%, y la disponibilidad se incrementa a 81%, las mejoras se han determinado mediante un análisis de los antecedentes teóricos ya que la investigación no está implementada.
- El diseño del plan de mantenimiento preventivo para los 7 cargadores frontales modelo WA470-6R es viable, ya que tiene un TIR de 158%, un VAN de 65.827 MUS\$, una relación promedio Beneficio/Costo 3,8 US\$ y un período de recuperación de la inversión (PRI) o Payback de 2 años.

5.2. Recomendaciones

- **Análisis de Historial y Datos de Mantenimiento:** Comienza por recopilar y analizar los datos históricos de mantenimiento de los cargadores frontales. Identifica patrones de fallos, intervalos de mantenimiento y componentes críticos que requieren atención constante.
- **Inspección Detallada:** Realiza inspecciones exhaustivas en cada uno de los cargadores para identificar posibles desgastes, componentes defectuosos y problemas recurrentes. Utiliza listas de verificación para asegurarte de que no se omita ningún aspecto importante.
- **Clasificación de Componentes:** Clasifica los componentes de los cargadores en función de su criticidad y frecuencia de fallos. Esto te permitirá priorizar la atención en los elementos más esenciales y programar el mantenimiento en consecuencia.
- **Elaboración de Programa de Mantenimiento:** Diseña un programa de mantenimiento preventivo basado en los datos recolectados. Define los intervalos de mantenimiento para cada componente y especifica las tareas a realizar en cada uno, desde inspecciones visuales hasta reemplazo de piezas.
- **Planificación de Recursos:** Asegúrate de tener los recursos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento de manera eficiente. Esto incluye personal capacitado, herramientas adecuadas, repuestos y equipo de seguridad.
- **Uso de Tecnología y Software:** Utiliza sistemas de gestión de mantenimiento asistidos por ordenador (CMMS) para programar, registrar y rastrear las actividades de mantenimiento. Esto facilitará la gestión y permitirá el seguimiento de los resultados.

- **Capacitación del Personal:** Capacita al equipo de mantenimiento en las prácticas y procedimientos adecuados. Esto asegurará que las tareas se realicen de manera eficaz y siguiendo los estándares establecidos.
- **Monitoreo Continuo:** Implementa sistemas de monitoreo continuo para detectar problemas en tiempo real y prevenir fallas inminentes. Esto podría incluir tecnologías de telemetría y sensores.
- **Evaluación y Mejora Continua:** Evalúa regularmente el desempeño del plan de mantenimiento. Realiza análisis de causa raíz en caso de fallos inesperados y ajusta el plan en función de las lecciones aprendidas.
- **Colaboración con Komatsu Chile S.A.:** Trabaja estrechamente con Komatsu Chile S.A., la empresa de servicios, para aprovechar su experiencia y conocimiento en el mantenimiento de equipos Komatsu. Consulta con ellos sobre mejores prácticas y recomendaciones específicas para estos modelos de cargadores.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gento, Á. M., & Redondo, A. (2005, September). Fuzzymant: Evaluación del mantenimiento utilizando técnicas difusas. In IX Congreso de Ingeniería de Organización (p. 84).
- [2] <http://www.sii.cl/preguntas_frecuentes/renta/001_002_0738.htm>
- [3] <http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm>
- [4] Navarro, J. D. (2010). Técnicas de mantenimiento industrial. Calpe Institute of Technology.
- [5] Gómez, H., & Wilches, J. (2003). Mecanismos y modos de falla en cables metálicos estructurales. Ingeniería y Desarrollo, (14).
- [6] Acuña, J. A. (2003). Ingeniería de confiabilidad. Editorial Tecnologica de CR.
- [7] Yañez, M., Semeco, K., & Medina, N. (2005). Enfoque Práctico para la Estimación de Confiabilidad y Disponibilidad de Equipos, con base en Datos Genéricos y Opinión de Expertos. Universidad Simón Bolívar-Venezuela.
- [8] Zapata, c. j., Garcés, l. p., & Carmona, o. g. (2004). modelamiento de Componentes de sistemas Compuestos Generación–Transmisión para estudios de Confiabilidad. Scientia et technica, 2(25).
- [9] Espinel Blanco, E. (2014). Distribuciones no tradicionales para medir Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad (CMD), que se ajustan a varias fases de la Curva de Davies (Master's thesis, Universidad EAFIT).
- [10] Acuña, J. A. (2003). Ingeniería de confiabilidad. Editorial Tecnologica de CR.

- [11] Torrens-ibern, J. Mothes-J. "Estadística aplicada a la ingeniería Ediciones Ariel." Esplugues de Llobregat (1970).
- [12] Solé, A. C. (2005). Fiabilidad y seguridad: su aplicación en procesos industriales. Marcombo.
- [13] Amstadter, B. L. (1976). Matemáticas de la fiabilidad: fundamentos, prácticas, procedimientos. Reverté.
- [14] Hernández, F., & Usuga, O. C. (2011). Análisis bayesiano para la distribución lognormal generalizada aplicada a modelos de falla. Revista Colombiana de Estadística, 34(1), 95-100.
- [15] <<http://www.plant-maintenance.com/RCM-intro.shtml>>
- [16] "Defining Failure: What Is MTTR, MTTF, and MTBF?". Foskett, Pack Rat. Retrieved 2016-01-18.
- [17] Arata, A. (2009). Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. Aplicación de la Plataforma R-MES. RIL editores.
- [18] Grajales, D. H. M., Sánchez, Y. O., & Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Scientia et technica, 1(30).
- [19] Pistarelli, A. J. (2010). Manual de mantenimiento predictivo. Ingeniería, gestión y operación.
- [20] Moubray, John. Reliability-Centred Maintenance. 2º edición. Oxford: Butterworth-Heinemann 1997. ISBN: 0 7506 3358 I.

[21] http://www.supersalud.gob.cl/observatorio/671/articles-8910_recurso_1.pdf 215

[22] The engineering society for advancing mobility land sea air and space. Surface vehicle/aerospace standar. SAE-JA1011. U.S.A. 1999.

[23] The engineering society for advancing mobility land sea air and space. Surface vehicle/aerospace recommended practice. SAE-JA1012. U.S.A. 2002.

[24] Parra, Carlos. Material para curso de: “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”. Certificado por INGEMAN.

[25] Aguilar-Otero, J. R., Torres-Arcique, R., & Magaña-Jiménez, D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 25(1).

ANEXOS

A.1. Reportes de Fallas.

No.	Equipo	Tiempo de Inicio		Tiempo Final		Demora (horas)
1	Corto Circuito	1-Jul-19	07:58 AM	1-Jul-19	10:02 AM	02 horas 04 minutos
2	Cambio de aceite de motor y filtros	1-Jul-19	02:00 PM	2-Jul-19	12:20 PM	22 horas 20 minutos
3	Reparación De Alternador	1-Jul-19	12:58 PM	2-Jul-19	12:57 PM	23 horas 59 minutos
4	Reparación De Arrancador	1-Jul-19	07:00 AM	2-Jul-19	08:02 AM	25 horas 02 minutos
5	Cambio de Inyectores	2-Jul-19	08:07 AM	2-Jul-19	10:13 AM	02 horas 06 minutos
6	Cambio De Faja De distribución	2-Jul-19	08:27 AM	3-Jul-19	06:33 AM	22 horas 06 minutos
7	Problemas Con Los Cambios De Velocidad	2-Jul-19	08:17 AM	3-Jul-19	09:17 AM	25 horas 00 minutos
8	Reparación de caja de cambios	3-Jul-19	10:45 AM	3-Jul-19	01:30 PM	02 horas 45 minutos
9	reparación de bomba de inyección	2-Jul-19	06:45 AM	3-Jul-19	10:48 AM	28 horas 03 minutos
10	cambio de jebes de trapecios	3-Jul-19	07:35 AM	4-Jul-19	04:48 AM	21 horas 13 minutos
11	Reparación de Culata (Torcedura)	4-Jul-19	09:35 AM	5-Jul-19	11:39 AM	26 horas 04 minutos
12	Reparación De Frenos	4-Jul-19	06:35 AM	5-Jul-19	05:00 AM	22 horas 25 minutos
13	Cambio de aceite de motor y filtros	4-Jul-19	12:35 AM	5-Jul-19	03:35 AM	27 horas 00 minutos
14	Calibración De Motor	5-Jul-19	04:59 AM	6-Jul-19	06:00 AM	25 horas 01 minutos
15	Rectificación De Discos Y Cambio De Pastillas De Freno	5-Jul-19	02:35 AM	5-Jul-19	10:00 PM	19 horas 25 minutos
16	Cambio de aceite de motor y filtros	5-Jul-19	08:00 AM	5-Jul-19	10:34 AM	02 horas 34 minutos
17	Cambio De Muelles	6-Jul-19	07:10 AM	6-Jul-19	10:30 AM	03 horas 20 minutos
18	Cambio De Faja De distribución	6-Jul-19	08:25 AM	7-Jul-19	08:34 AM	24 horas 09 minutos
19	Cambio De Cremallera De Dirección	6-Jul-19	01:00 AM	6-Jul-19	10:00 PM	21 horas 00 minutos
20	Cambio de Amortiguadores posteriores	7-Jul-19	03:02 AM	8-Jul-19	06:09 AM	27 horas 07 minutos
21	Engrase De Palleres	7-Jul-19	07:09 AM	8-Jul-19	08:11 AM	25 horas 02 minutos
22	Cambio De Disco De Embrague	7-Jul-19	01:17 AM	7-Jul-19	11:32 PM	22 horas 15 minutos
23	cambio de amortiguadores posteriores	7-Jul-19	09:00 AM	7-Jul-19	01:00 PM	04 horas 00 minutos
24	Cambio De Jebes De Trapecios	8-Jul-19	09:20 AM	8-Jul-19	12:00 PM	02 horas 40 minutos
25	Cambio De Perno Centro De Muelle	8-Jul-19	04:00 AM	9-Jul-19	06:50 AM	26 horas 50 minutos
26	Cambio De Zapatas De Freno	8-Jul-19	11:22 AM	9-Jul-19	07:35 AM	20 horas 13 minutos
27	Rectificación De Discos Y Cambio De Pastillas De Freno	9-Jul-19	11:30 AM	9-Jul-19	01:43 PM	02 horas 13 minutos
28	Cambio De Pernos De Llanta	9-Jul-19	06:22 AM	10-Jul-19	07:22 AM	25 horas 00 minutos
29	Cambio de aceite de motor y filtros	9-Jul-19	12:22 PM	10-Jul-19	10:33 AM	22 horas 11 minutos
30	Reparación De Bomba De Inyección	10-Jul-19	07:45 AM	10-Jul-19	12:11 PM	04 horas 26 minutos
31	Cambio De Llantas Alineamiento Y Balanceo	10-Jul-19	07:22 AM	11-Jul-19	08:33 AM	25 horas 11 minutos
32	Cambio De Cruceta De Cardan	10-Jul-19	07:30 AM	11-Jul-19	12:45 PM	29 horas 15 minutos
33	Cambio De Inyectores	11-Jul-19	06:08 AM	11-Jul-19	08:33 AM	02 horas 25 minutos
34	Fuga De Aceite Por El Retén Posterior De Cigüeñal	11-Jul-19	10:09 AM	12-Jul-19	07:33 AM	21 horas 24 minutos
35	Fuga De Aceite Por El Retén Delantero De Cigüeñal	11-Jul-19	08:07 AM	12-Jul-19	06:33 AM	22 horas 26 minutos
36	Baja Presión De Aceite (Cambio De Bomba De Aceite)	12-Jul-19	01:07 PM	12-Jul-19	03:13 PM	02 horas 06 minutos
37	Reparación De Corona	12-Jul-19	01:45 PM	13-Jul-19	03:10 PM	25 horas 25 minutos
38	Cambio De Disco De Embrague	12-Jul-19	02:34 PM	13-Jul-19	04:20 PM	25 horas 46 minutos
39	Reparación De Frenos	13-Jul-19	10:13 AM	13-Jul-19	12:17 PM	02 horas 04 minutos
40	Reparación De Arrancador	13-Jul-19	12:13 PM	14-Jul-19	07:00 AM	18 horas 47 minutos
41	Cambio De Columna De Dirección	13-Jul-19	11:13 AM	14-Jul-19	12:11 PM	24 horas 58 minutos

42	Rectificación De Discos Y Cambio De Pastillas De Freno	14-Jul-19	10:25 AM	14-Jul-19	12:49 PM	02 horas 24 minutos
43	Cambio de aceite de motor y filtros	14-Jul-19	06:02 AM	15-Jul-19	09:46 AM	27 horas 44 minutos
44	Cambio De Ventilador	14-Jul-19	12:25 AM	14-Jul-19	10:50 PM	22 horas 25 minutos
45	Reparación De Alternador	14-Jul-19	10:33 AM	15-Jul-19	07:58 AM	21 horas 25 minutos
46	Cambio De Faja De distribución	15-Jul-19	10:12 AM	15-Jul-19	01:06 PM	02 horas 54 minutos
47	Limpieza De Tanque De Combustible	15-Jul-19	06:48 AM	16-Jul-19	08:47 AM	25 horas 59 minutos
48	Cambio de aceite de motor y filtros	16-Jul-19	07:45 PM	16-Jul-19	09:46 PM	02 horas 01 minutos
49	Rectificación De Disco De Freno y cambio de Pastillas	16-Jul-19	04:54 AM	17-Jul-19	06:01 AM	25 horas 07 minutos
50	Reparación De Bomba De Inyección	11-Jul-19	11:22 AM	12-Jul-19	10:20 AM	22 horas 58 minutos
51	Reparación De Cañerías De Combustible	16-Jul-19	07:23 AM	17-Jul-19	08:00 AM	24 horas 37 minutos
52	Limpieza De Tanque De Combustible	17-Jul-19	06:31 AM	17-Jul-19	10:31 AM	04 horas 00 minutos
53	Corto Circuito	17-Jul-19	09:37 AM	18-Jul-19	07:32 AM	21 horas 55 minutos
54	Reparación De Arrancador	17-Jul-19	04:13 AM	18-Jul-19	02:24 AM	22 horas 11 minutos
55	Reparación De Culata (Torcedura)	18-Jul-19	09:03 AM	18-Jul-19	11:24 AM	02 horas 21 minutos
56	Cambio De Neumáticos Alineamiento Y Balanceo	18-Jul-19	04:13 AM	18-Jul-19	06:24 AM	02 horas 11 minutos
57	Cambio De Amortiguadores delanteros	18-Jul-19	05:19 AM	19-Jul-19	12:22 AM	19 horas 03 minutos
58	Cambio De Perno Centro De Muelle	19-Jul-19	01:16 AM	19-Jul-19	04:27 AM	03 horas 11 minutos
59	cambio de terminales de dirección	19-Jul-19	08:22 AM	20-Jul-19	07:49 AM	23 horas 27 minutos
60	Reparación De Caja De Cambios	19-Jul-19	12:19 AM	19-Jul-19	11:48 PM	23 horas 29 minutos
61	Engrase De Palleres	20-Jul-19	09:12 AM	20-Jul-19	12:46 PM	03 horas 34 minutos
62	Cambio De Empaque De Culata	20-Jul-19	04:16 AM	21-Jul-19	02:03 AM	21 horas 47 minutos
63	Cambio de aceite de motor y filtros	20-Jul-19	01:13 AM	21-Jul-19	02:27 AM	25 horas 14 minutos
64	Cambio De Muelles	21-Jul-19	01:24 PM	21-Jul-19	04:08 PM	02 horas 44 minutos
65	Engrase De Palleres	21-Jul-19	02:00 AM	22-Jul-19	03:17 AM	25 horas 17 minutos
66	Reparación De Cañerías De Combustible	21-Jul-19	12:13 AM	22-Jul-19	01:16 AM	25 horas 03 minutos
67	Cambio De Motor De Limpia Parabrisas	22-Jul-19	08:12 AM	22-Jul-19	11:02 AM	02 horas 50 minutos
68	Cambio De Faja De Alternador	22-Jul-19	07:13 AM	23-Jul-19	10:16 AM	27 horas 03 minutos
69	Rectificación De Tambores De Freno y cambio de zapatas	22-Jul-19	05:16 AM	23-Jul-19	06:34 AM	25 horas 18 minutos
70	Reparación De Servo Dirección	23-Jul-19	08:06 AM	23-Jul-19	10:06 AM	02 horas 00 minutos
71	Cambio De Muelles	23-Jul-19	08:37 AM	24-Jul-19	09:40 AM	25 horas 03 minutos
72	Limpieza De Tanque De Combustible	23-Jul-19	08:06 AM	24-Jul-19	07:30 AM	23 horas 24 minutos
73	Cambio De Inyectores	24-Jul-19	03:14 PM	24-Jul-19	05:11 PM	01 horas 57 minutos
74	Reparación De Culata (Torcedura)	24-Jul-19	12:14 AM	24-Jul-19	09:18 PM	21 horas 04 minutos
75	Reparación De Corona	24-Jul-19	01:04 AM	24-Jul-19	11:16 PM	22 horas 12 minutos
76	Reparación De Arrancador	25-Jul-19	11:04 AM	25-Jul-19	01:36 PM	02 horas 32 minutos
77	Cambio De Disco De Embrague	25-Jul-19	08:04 AM	26-Jul-19	12:16 PM	28 horas 12 minutos
78	Corto Circuito	26-Jul-19	08:33 AM	26-Jul-19	12:12 PM	03 horas 39 minutos
79	Reparación de frenos	26-Jul-19	01:08 AM	26-Jul-19	11:28 PM	22 horas 20 minutos
80	cambio de Muelles	26-Jul-19	12:19 AM	26-Jul-19	09:16 PM	20 horas 57 minutos
81	Cambio de aceite de motor y filtros	26-Jul-19	02:04 AM	27-Jul-19	03:43 AM	25 horas 39 minutos
82	Engrase de Palleres	27-Jul-19	09:21 AM	27-Jul-19	12:20 PM	02 horas 59 minutos
83	reparación de caja de cambios	27-Jul-19	02:07 AM	27-Jul-19	10:43 PM	20 horas 36 minutos
84	Cambio de aceite de motor y filtros	28-Jul-19	07:23 AM	28-Jul-19	09:59 AM	02 horas 36 minutos
85	Engrase de Palleres	28-Jul-19	01:08 AM	28-Jul-19	10:42 PM	21 horas 34 minutos
86	Reparación de frenos	28-Jul-19	09:04 AM	29-Jul-19	06:03 AM	20 horas 59 minutos
87	cambio de cremallera de dirección	29-Jul-19	09:04 AM	29-Jul-19	12:03 PM	02 horas 59 minutos
88	Cambio de aceite de motor y filtros	29-Jul-19	07:04 AM	30-Jul-19	08:47 AM	25 horas 43 minutos
89	Reparación de caja de cambios	29-Jul-19	12:06 AM	29-Jul-19	08:03 PM	19 horas 57 minutos
90	cambio de ventilador	30-Jul-19	08:25 AM	30-Jul-19	10:18 AM	01 horas 53 minutos
91	cambio de amortiguadores posteriores	30-Jul-19	08:43 AM	31-Jul-19	09:18 AM	24 horas 35 minutos
92	Reparación de servo dirección	30-Jul-19	12:25 AM	30-Jul-19	10:19 PM	21 horas 54 minutos

93	cambio de terminales de dirección	31-Jul-19	12:26 PM	31-Jul-19	03:11 PM	02 horas 45 minutos
94	cambio de cruceta de cardan	31-Jul-19	09:25 PM	31-Jul-19	11:42 PM	02 horas 17 minutos
95	cambio de amortiguadores delanteros	1-Ago-19	06:21 AM	1-Ago-19	07:42 AM	01 horas 21 minutos

A.2. Plan de Mantenimiento del Cargador Frontal.

REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		MANTTO. ACTUAL				PROXIMO MANTTO.	
		FECHA		20/03/2020		FECHA	
		HOROMETRO		1500		HOROMETRO	
		TIPO SERV.		Mantt		TIPO SERV.	
PUNTOS A VERIFICAR, CHEQUEAR Y/O CAMBIAR	TIPO DE SERVICIOS CADA	250 / 750 / 1250 / 1750 HRS	500 / 1500 HRS	1000 HRS	2000 HRS	SI / NO	OBSERVACIONES
1.00	MOTOR						
1.01	Funcionamiento de motor	X	X	X	X		
1.02	Tapa de llenado de aceite de motor	X	X	X	X		
1.03	Varilla de medición de nivel de aceite	X	X	X	X		
1.04	Fugas de aceite de motor	X	X	X	X		
1.05	Estado de filtros de aire		X	X	X		
1.06	Estado de filtros de aceite	X	X	X	X		
1.07	Estado del turbo alimentador			X	X		
1.08	Faja de ventilador	X	X	X	X		
1.09	Estado del radiador		X	X	X		
1.10	Tapa de radiador	X	X	X	X		
1.11	Estado de mangueras de radiador y enfriador	X	X	X	X		
1.12	Bomba de agua		X	X	X		
2.00	SISTEMA DE LUBRICACION						
2.01	Estado del aceite	X	X	X	X		
2.02	Horómetro y fecha del último cambio	X	X	X	X		
2.03	Consumo de aceite	X	X	X	X		
2.04	Fugas de aceite	X	X	X	X		
3.00	SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE						
3.01	Tuberías de múltiple de admisión	X	X	X	X		
3.02	Tuberías de múltiple de escape	X	X	X	X		
3.03	Silenciador		X	X	X		
3.04	Soportes de silenciador	X	X	X	X		
3.05	Fugas de gases de escape	X	X	X	X		
4.00	SISTEMA DE COMBUSTIBLE						
4.01	Humo por el escape		X	X	X		
4.02	Bomba de cebado de combustible	X	X	X	X		
4.03	Filtro de petróleo	X	X	X	X		
4.04	Tanque de combustible			X	X		
4.05	Tapa de tanque de combustible	X	X	X	X		
4.06	Medidor de nivel de tanque de combustible			X	X		
4.07	Estado de los inyectores			X	X		

4.08	Estado de las cañerías	X	X	X	X
4.09	Fugas de petróleo	X	X	X	X
4.10	Estado de la bomba de inyección			X	X
4.11	Estado del filtro racord		X	X	X
5.00	SISTEMA ELECTRICO MOTRIZ				
5.01	Alternador		X	X	X
5.02	Carga de alternador, Manómetro de Carga.	X	X	X	X
5.03	Faja de alternador	X	X	X	X
5.04	Arrancador		X	X	X
5.05	Baterías, Bornes de batería	X	X	X	X
5.06	Cableado del circuito en general		X	X	X
5.07	Luces en general	X	X	X	X
5.08	Plumilla limpia parabrisa	X	X	X	X
5.09	Claxon	X	X	X	X
5.10	Alarma de retroceso	X	X	X	X
5.11	Alarma de retroceso	X	X	X	X
5.12	Tablero de control	X	X	X	X
6.00	SISTEMA DE TRANSMISION				
6.01	Caja de cambios		X	X	X
6.02	Bomba de traslación	X	X	X	X
6.03	motor de traslación	X	X	X	X
6.04	fugas en bomba / motor de traslación	X	X	X	X
6.05	Nivel de aceite de caja de cambios	X	X	X	X
6.06	nivel y estado de aceite de coronas			X	X
6.07	Nivel de aceite de los cubos delanteros			X	X
6.08	Nivel de aceite de los cubos posteriores			X	X
6.09	filtro de aceite		X	X	X
6.10	estado de bomba de caja de cambios			X	X
6.11	Estado y nivel de aceite		X	X	X
6.12	Filtro de aceite		X	X	X
6.13	Ruidos en el interior	X	X	X	X
6.14	Fugas de aceite en la caja de cambios	X	X	X	X
7.00	ACOPLES DE TRANSMISION				
7.01	Cardanes	X	X	X	X
7.02	Crucetas	X	X	X	X
7.03	Soportes de cardan	X	X	X	X
7.04	Graseras de cardan y cruceta	X	X	X	X
8.00	SISTEMA DE FRENO				
8.01	Estado de los frenos	X	X	X	X
8.02	Bomba hidráulica de freno	X	X	X	X
8.03	presiones de freno		X	X	X
8.04	Fugas de aceite en el sistema de freno	X	X	X	X
8.05	Freno de estacionamiento	X	X	X	X
8.06	estado de discos de freno de neumáticos	X	X	X	X
8.07	estado de disco de freno de estacionamiento			X	X
9.00	SISTEMA DE DIRECCION				
9.01	Mecanismos de dirección	X	X	X	X
9.02	Cilindros de dirección		X	X	X
9.03	Bomba hidráulica de dirección		X	X	X
9.04	Terminales de dirección		X	X	X
9.05	Filtro		X	X	X
9.06	pinos de dirección	X	X	X	X

9.07	Orbitrol		X	X	X		
9.08	Fugas en el sistema de dirección	X	X	X	X		
10.00	SISTEMA DE NEUMATICOS						
10.01	Estado de llantas y aros (D,M,P)	X	X	X	X		
10.02	Pernos y tuercas de llanta	X	X	X	X		
10.03	Espárragos	X	X	X	X		
11.00	SISTEMA HIDRAULICO						
11.01	Nivel de aceite	X	X	X	X		
11.02	Tanque hidráulico	X	X	X	X		
11.03	Filtros hidráulicos		X	X	X		
11.04	Válvula térmica de enfriador		X	X	X		
11.05	Enfriador de aceite		X	X	X		
11.06	Válvula de desfogue	X	X	X	X		
11.07	Estado de vástago y cilindros hydr. de levante	X	X	X	X		
11.08	Estado de vástago y cilindro hydr de volteo	X	X	X	X		
11.09	Estado de mangueras y conexiones		X	X	X		
11.10	Fugas de aceite	X	X	X	X		
11.11	Presiones hidráulicas de trabajo		X	X	X		
12.00	ADITAMENTOS						
12.01	Estado de lampón		X	X	X		
12.02	Estado de cuchilla		X	X	X		
12.03	Estado de porta uñas y uñas		X	X	X		
12.04	Estado de castillo de levante		X	X	X		
12.05	juego entre pines y bocinas		X	X	X		
12.06	estado de retenes de grasa	X	X	X	X		
12.07	rotulas de botellas hidráulicas	X	X	X	X		
13.00	CABINA						
13.01	Indicadores	X	X	X	X		
13.02	Controles	X	X	X	X		
13.03	Espejos laterales retrovisores	X	X	X	X		
13.04	Coderas	X	X	X	X		
13.05	Correa de seguridad	X	X	X	X		
13.06	Chapas de puertas	X	X	X	X		
13.07	Traba de puerta abierta	X	X	X	X		
13.08	Palanca de seguridad sistema hidráulico	X	X	X	X		
13.09	Parabrisa y vidrios		X	X	X		
13.10	Bisagras de puerta	X	X	X	X		
13.11	Gomas de puerta	X	X	X	X		
13.12	Tapasol	X	X	X	X		
13.13	Extintor (6Kg)	X	X	X	X		
13.14	Llave de contacto	X	X	X	X		

OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS:

FIRMA - MANTENIMIENTO

NOMBRE : _____

FOTOCHECK : _____

FECHA : _____

FIRMA - CHOFER / OPERADOR

NOMBRE : _____

FOTOCHECK : _____

FECHA : _____

A.3. Catálogo Cargador Frontal WA470-6R.

KOMATSU®

CARGADOR FRONTAL

WA470-6R

POTENCIA BRUTA

· 204 kW / 273 hp / 2.000 r. p. m.

POTENCIA NETA

· 203 kW / 272 hp / 2.000 r. p. m.

CAPACIDAD DE BALDE

· 3,6-5,2 m³ / 4,7-6,8 yd³



ORIGEN JAPÓN / KLTD

La foto puede incluir equipamiento opcional.

CARGADOR FRONTAL WA470-6R

**POTENCIA
MOTOR
272 hp**



*La foto puede incluir equipamiento opcional.

2

CARGADOR FRONTAL WA470-6R

» Alta productividad y bajo consumo de combustible

- » Motor Komatsu SAA6D125E-5 de alto rendimiento.
- » Bajo consumo de combustible.
- » Sistema de selección de potencia del motor (modo de trabajo dual).
- » Convertidor de torque de gran capacidad.
- » Transmisión automática con sistema selector de cambio modulado.
- » Convertidor de torque con bloqueo (opcional).
- » Bomba de pistones de desplazamiento variable y sistema detector de carga con centro cerrado (CLSS).

Consulte las páginas 4 y 5.

» Compatible con el medio ambiente

- » Bajo nivel de ruido exterior.
- » Bajo consumo de combustible.

» Excelente entorno para el operador

- » Transmisión automática con válvula de modulación de control electrónico (ECMV).
- » Palanca de transmisión de control electrónico.
- » Sistema de corte de la transmisión variable.
- » Columna de dirección telescópica/inclinable.
- » Palancas controladas con los dedos.
- » Cabina diseñada para proporcionar un bajo nivel de ruido.
- » Cabina amplia y sin columnas con sistema ROPS/FOPS integrado.
- » Puerta trasera abatible para facilitar la entrada y la salida.

Consulte las páginas 8 y 9.

» Mayor fiabilidad

- » Componentes fiables diseñados y fabricados por Komatsu.
- » Bastidor principal resistente.
- » Frenos de servicio y estacionamiento de discos húmedos, totalmente hidráulicos y no requieren mantenimiento.
- » Las mangueras hidráulicas utilizan sellos de cara plana con O-ring.
- » Se usa el proceso de electrodeposición catiónica para aplicar la pintura base.
- » Se usa el proceso de pulverizado para aplicar pintura a la estructura principal.
- » Conectores sellados para conexiones eléctricas.

Consulte la página 6.

» Fácil mantenimiento

- » Sistema de monitoreo de manejo del equipo.
- » Puertas laterales abatibles del motor para un fácil acceso.
- » Ventilador con rotación inversa automática (opcional).

Consulte la página 7.

ALTA PRODUCTIVIDAD Y BAJO CONSUMO DE COMBUSTIBLE



» Motor Komatsu SAA6D125E-5 de alto rendimiento

» El sistema de inyección electrónica de combustible de riel común para trabajo pesado produce una combustión óptima del combustible. Este sistema también proporciona una rápida respuesta del acelerador para igualar la potente fuerza de tracción y rápida respuesta hidráulica del equipo.

Net: 203 kW 272 hp

» Bajo consumo de combustible

» El consumo de combustible se reduce enormemente debido al motor silencioso y de torque alto y al convertidor de torque de gran capacidad con la máxima eficiencia en el rango de baja velocidad.

» Sistema de selección de potencia del motor (modo de trabajo dual)

» Este cargador sobre ruedas ofrece dos modos de funcionamiento seleccionables, E y P. De esta manera, el operador puede configurar el rendimiento del equipo con el interruptor selector.

• **Modo E:** este modo proporciona la máxima eficiencia de combustible para operaciones generales de carga.

• **Modo P:** Este modo proporciona la máxima potencia de salida para operaciones de excavación de rocas duras o trabajos cuesta arriba.



Interruptor de selección de potencia del motor (modo de trabajo dual).



El indicador Eco facilita el ahorro de energía.

» Convertidor de torque de gran capacidad

» El tren de potencia diseñado por Komatsu posee un convertidor de torque de gran capacidad para obtener una eficiencia óptima. El modelo WA470-6R proporciona la velocidad suficiente sin la necesidad de acelerar a fondo y puede alcanzar altas velocidades de traslado, incluso en pendientes o en rampas pronunciadas que conducen a tolvas de alimentación. Esto ayuda considerablemente en la productividad y también es muy útil en las operaciones de carga y transporte.

» Transmisión automática con sistema de selección de modo

» Este sistema controlado por el operador permite elegir cambios manuales o cambios automáticos de marcha de dos niveles (bajo y alto). El modo automático L se utiliza para operaciones de ahorro de combustible con el cambio de marcha configurado a velocidades más bajas que el modo automático H.



Interruptor selector de modo de cambio de marcha

Por lo tanto, el modo automático L mantiene al motor en un rango de r. p. m. relativamente bajo para ahorrar combustible mientras produce la fuerza de tracción adecuada al presionar el pedal del acelerador.

» Convertidor de torque con bloqueo (opcional)

» El convertidor de torque con bloqueo diseñado por Komatsu proporciona una mayor eficiencia en la producción, una reducción de los tiempos de ciclo y un ahorro óptimo de combustible en las operaciones de carga y transporte o en trabajos cuesta arriba. El operador puede activar el sistema desde 2ª a 4ª marcha. Esta función opcional permite al operador activar o desactivar el sistema con un interruptor ubicado en el lado derecho del panel de control.

» Bomba de pistones de desplazamiento variable y sistema detector de carga con centro cerrado (CLSS)

» El nuevo diseño de la bomba de pistones de desplazamiento variable, junto con el sistema detector de carga con centro cerrado proporciona el flujo hidráulico que el trabajo requiere para evitar la pérdida de presión hidráulica. La reducción de pérdidas contribuye a un mejor ahorro de combustible.

• **Nueva bomba de pistones de desplazamiento variable:** La bomba suministra solo las cantidades necesarias para minimizar las pérdidas.



• **Bomba de pistones de desplazamiento fijo:** La bomba suministra la cantidad máxima en cualquier momento y desecha el flujo que no se utiliza.





*La foto puede incluir equipamiento opcional.

» **Distancia y alcance máximo de descarga**

» Los brazos largos de elevación proporcionan grandes distancias y el máximo alcance de descarga. El operador puede, incluso, nivelar las cargas en la tolva del camión de manera fácil y eficiente.

Distancia de descarga: 3.185 mm / 10'5"

Alcance de descarga: 1.235 mm / 4'1" (balde con labio de corte apertado de 4,2 m³ 5,5 yd³)



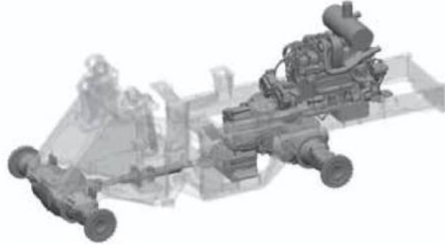
5

KOMATSU

MAYOR FIABILIDAD

» Componentes Komatsu

» Komatsu fabrica los componentes principales de este cargador sobre ruedas, como el motor, el convertidor de torque, la transmisión, las unidades hidráulicas y las piezas eléctricas. Los cargadores Komatsu se fabrican con un sistema de producción integrado bajo un estricto sistema de control de calidad.



» Bastidores de gran rigidez y articulación del cargador

» Los bastidores delantero y trasero junto con la articulación del cargador poseen una mayor rigidez torsional para asegurar la resistencia contra la fatiga causada por el uso de un balde más grande. El bastidor y la articulación del cargador están diseñados para adaptarse a cargas de trabajo reales. Además, las pruebas simuladas en computador demuestran su resistencia.

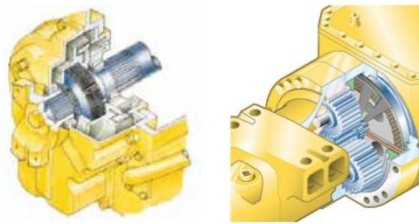


» Frenos húmedos de discos múltiples y sistema de frenos totalmente hidráulicos

» Esto representa menores costos de mantenimiento y mayor fiabilidad. Los frenos húmedos de discos múltiples están completamente sellados, por lo que los contaminantes se mantienen alejados, lo cual reduce el desgaste y el mantenimiento. Los frenos no requieren ajustes por desgaste, lo que significa un mantenimiento aún más bajo. El freno de estacionamiento también es un freno húmedo de discos múltiples que no requiere ajustes, por lo tanto, logra una alta fiabilidad y mayor vida útil.

Se ha logrado una mayor fiabilidad en el sistema de frenos mediante el uso de dos circuitos hidráulicos independientes, el cual proporciona un soporte hidráulico en el caso de que uno de los circuitos falle.

Con los frenos totalmente hidráulicos ya no hay aire que purgar o condensación de agua en el sistema que pueda llevar a la contaminación, corrosión y congelación.



» Sellos de cara plana con O-ring

» Los sellos de cara plana con O-ring se utilizan para sellar firmemente las conexiones de la manguera hidráulica y para evitar fugas de aceite. Además, se instalan anillos de respaldo en la cabeza de todos los cilindros hidráulicos para disminuir la carga en los sellos del vástago y maximizar la fiabilidad.



» Aplicación de pintura base mediante electrodeposición catiónica y aplicación de pintura final mediante pulverización

» La pintura por electrodeposición catiónica se aplica como pintura base y el pulverizado se aplica como acabado final a las piezas metálicas exteriores. Este proceso da como resultado un excelente equipo libre de corrosión, incluso en las condiciones más severas. Algunas piezas externas están hechas de plástico lo que proporciona una vida útil prolongada y alta resistencia a los impactos.

» Conectores sellados

» Los arneses y conectores principales del controlador están equipados con conectores sellados que proporcionan gran fiabilidad, además de resistencia al agua y el polvo.



6

CARGADOR FRONTAL WA470-6R

FÁCIL MANTENIMIENTO



*La foto puede incluir equipamiento opcional.

» Sistema de monitoreo de manejo del equipo

» El monitor está instalado delante del operador para facilitar la visualización, lo cual permite controlar fácilmente los indicadores y las luces de advertencia. El volante de dos radios especialmente diseñado permite al operador observar fácilmente el panel de instrumentos.



Funciones de control del mantenimiento y localización y solución fallas:

- **Función de visualización del código de acción:** Si se produce una anomalía, el monitor mostrará detalles de la acción en el visualizador de caracteres en la parte inferior central del monitor.
- **Función del monitor:** El controlador monitorea el nivel de aceite del motor, la presión, la temperatura del refrigerante y la obstrucción del depurador de aire, entre otros. Si el controlador encuentra anomalías, el error se mostrará en la pantalla de cristal líquido (LCD).
- **Función de notificación de intervalo de reemplazo:** Cuando se alcanzan los intervalos de reemplazo, el monitor informa el período de reemplazo del aceite y los filtros en la pantalla LCD.
- **Función de memoria de datos de fallas:** El monitor almacena las anomalías para la efectiva localización y solución de fallas.

» Puertas laterales abatibles del motor

» El operador puede abrir y cerrar fácilmente cada puerta lateral abatible del motor, estas se accionan mediante un resorte neumático para realizar las inspecciones diarias de mantenimiento desde el suelo.

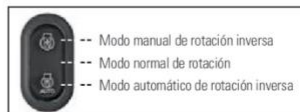


» Fácil limpieza del radiador

» Si el equipo opera bajo condiciones adversas, el operador puede accionar la rotación inversa del ventilador de enfriamiento hidráulico desde dentro de la cabina con un interruptor en el panel de control.

» Ventilador con rotación inversa automática (opcional)

» El ventilador del motor se acciona hidráulicamente y se puede operar en sentido contrario de manera automática al colocar el interruptor en la posición automática. El ventilador gira en sentido contrario durante 2 minutos cada 2 horas de forma intermitente (configuración predeterminada).



ENTORNO DEL OPERADOR

FUNCIONAMIENTO SENCILLO

» Transmisión automática con válvula de modulación de control electrónico

» La transmisión automática con válvula de modulación de control electrónico selecciona automáticamente la marcha adecuada según la velocidad de traslado, del motor y otras condiciones de traslado. El sistema de la válvula de modulación de control electrónico acciona el embrague suavemente para evitar el desfase y las sacudidas al cambiar de marcha. Este sistema proporciona un funcionamiento eficiente y una conducción cómoda de equipo.

• Interruptor de reducción de marcha:

Considere esta valiosa función para obtener una mayor productividad. Con solo un dedo, el interruptor de reducción disminuye automáticamente de segunda a primera marcha al comenzar el ciclo de excavación

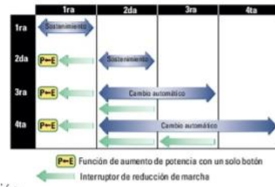
y aumenta automáticamente de primera a segunda marcha cuando la palanca selectora se coloca en retroceso. Esto da como resultado un aumento en la fuerza de tracción para una mejor penetración del balde y una reducción en los tiempos de ciclo para lograr una mayor productividad.

• **Función de aumento de potencia con un solo botón:** El interruptor de reducción de marcha también funciona como un interruptor de aumento de potencia en primera marcha. Cuando se presiona el interruptor de reducción por primera vez funciona como un reductor de marcha. Cuando el equipo está en el modo de operación E y en primera marcha, al presionar el interruptor de reducción por segunda vez cambiará el modo de operación a P, lo que permite una mayor potencia para operaciones de excavación pesada. El modo de operación volverá a la posición E cuando se cambie la marcha del equipo o se cambie la dirección a retroceso.

• **Interruptor de retención de marcha:** Si el cambio automático de marcha está seleccionado y el operador enciende este interruptor cuando la palanca está en tercera o cuarta marcha, la transmisión quedará fija en esa marcha.

» Palanca de transmisión de control electrónico

» Cambios sencillos de marcha y de dirección. Con el cambio de marcha electrónico de dos palancas de Komatsu, es posible cambiar de dirección o de marcha solo con los dedos sin quitar la mano del volante, gracias al sistema electrónico de estado sólido y a los controles de cambio de dirección y de marcha convenientemente ubicados. Los cambios de marcha automáticos en rangos de 2 a 4 mantienen la producción alta y los cambios manuales al mínimo.



» Sistema de corte de la transmisión variable

» El operador puede ajustar continuamente la presión deseada de corte de la transmisión para el pedal del freno izquierdo con el interruptor ubicado en el lado derecho del panel de control. También puede mejorar el rendimiento de trabajo al ajustar la presión de corte correctamente dependiendo de las condiciones de trabajo.

- Alta presión de corte para operaciones de excavación.
- Baja presión de corte para operaciones de carga de camiones.



- 1: Interruptor de corte ON/OFF.
- 2: Interruptor de ajuste de corte.
- 3: Interruptor de rotación inversa del ventilador ON/OFF.
- 4: Control del aguilón.
- 5: Control del balde.

» Palancas del equipo de trabajo de control táctil con apoyabrazos de gran tamaño

» Las palancas de control proporcional de presión (PPC) se utilizan para el equipo de trabajo. El operador puede operar fácilmente el equipo de trabajo mediante el control táctil, lo cual reduce la fatiga y aumenta la capacidad de control. La columna de la palanca de control PPC se puede deslizar hacia delante o hacia atrás y el apoyabrazos de gran tamaño se puede ajustar hacia arriba o hacia abajo para proporcionar al operador cómodas y diversas posiciones de trabajo.



» Columna de dirección telescópica e inclinable

» El operador puede inclinar y plegar la columna de dirección para proporcionar una postura de trabajo cómoda.

COMODIDAD AL OPERAR

» Diseño silencioso

» Nivel de ruido que llega al operador (ISO 6396:2008): 72 dB(A).
Nivel de ruido dinámico (exterior) (ISO 6395:2008): 112 dB(A).

La cabina de gran tamaño está instalada con los montajes viscosos ROPS/FOPS exclusivos de Komatsu. El motor de bajo nivel de ruido, el ventilador de accionamiento hidráulico, las bombas hidráulicas están instaladas con amortiguadores de goma y el sellado de la cabina se ha mejorado para proporcionar un entorno de trabajo silencioso, con un bajo nivel de vibración, a prueba de polvo, presurizado y cómodo. Además, en esta clase de equipos el ruido exterior es más bajo.



» Puerta trasera de la cabina completamente abatible

» Las bisagras de la puerta de la cabina están instaladas en la parte trasera para proporcionar un gran ángulo de apertura para que el operador pueda entrar y salir. Los peldaños están diseñados como una escalera, de modo que el operador pueda subir y bajar de la cabina fácilmente.



» Cabina amplia y sin columnas

» El vidrio plano, amplio y sin columnas ofrece una excelente visibilidad delantera. El brazo del limpiaparabrisas cubre una gran superficie para proporcionar mayor visibilidad incluso en días lluviosos. El área de la cabina es el más grande de su clase ya que proporciona un mayor espacio para el operador. También proporciona un mejor ajuste del deslizamiento del asiento hacia atrás mediante la introducción de la unidad de aire acondicionado montada en la parte delantera.



9

KOMATSU

ESPECIFICACIONES



MOTOR

MODELO	Komatsu SAA6D125E-5.
TIPO	4 ciclos y enfriado por agua.
ASPIRACIÓN	Turbocargado y posenfriado.
CANTIDAD DE CILINDROS	6.
DIÁMETRO X CARRERA	125 mm x 150 mm - 4.9" x 5.9".
DESPLAZAMIENTO DE PISTONES	11,04 L - 674 in ³ .
REGULADOR	Electrónico, todas las velocidades.
POTENCIA	SAE J1995 Bruta 204 kW 273 hp. ISO 9249/SAE J1349* Neta 203 kW 272 hp. RPM NOMINALES 2.000 r. p. m.
ACCIONAMIENTO DEL VENTILADOR PARA ENFRIAMIENTO DEL RADIADOR	Hidráulico.
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Inyección directa.
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	MÉTODO Lubricación forzada mediante bomba de engranajes. FILTRO Flujo total.
DEPURADOR DE AIRE	Tipo seco con elementos dobles más extractor e indicador de polvo.

*La potencia neta a la velocidad máxima del ventilador de enfriamiento del radiador es 191 kW 256 hp.



TRANSMISIÓN

CONVERTIDOR DE TORQUE	TIPO 3 elementos, 1 etapa, 1 fase.			
TRANSMISIÓN	TIPO Full-powershift, tipo contra eje.			
VELOCIDAD DE TRASLADO: km/h mph.	Medida con neumáticos de 23.5-25			
	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o
Avance	7,0 4,3	12,2 7,6	21,3 13,2	33,7 20,9
Retroceso	7,3 4,5	12,6 7,8	21,9 13,6	34,7 21,6
	Medida con neumáticos de 26.5-25			
	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o
Avance	7,6 4,7	13,1 8,1	22,9 14,2	36,2 22,5
Retroceso	7,9 4,9	13,5 8,4	23,6 14,7	37,3 23,2



EJES Y MANDOS FINALES

SISTEMA DE MANDO	Tracción en las cuatro ruedas.
DELANTEROS	Fijo, semi flotante.
TRASEROS	Soporte basculante, semi flotante, con 26° de oscilación total.
ENGRANAJE DE REDUCCIÓN	Engranajes cónicos helicoidales.
ENGRANAJE DIFERENCIAL	Estándar.
ENGRANAJE DE REDUCCIÓN FINAL	Engranaje planetario, reducción única.



FRENOS

FRENOS DE SERVICIO	Accionados hidráulicamente, los frenos húmedos de discos múltiples actúan sobre las cuatro ruedas.
FRENO DE ESTACIONAMIENTO	Freno húmedo de discos múltiples.
FRENO DE EMERGENCIA	Freno de estacionamiento.



SISTEMA DE DIRECCIÓN

TIPO	articular, dirección hidráulica servoasistida.
ÁNGULO DE DIRECCIÓN	35° en cada dirección (40° detención final).
RADIO DE GIRO MÍNIMO EN LA PARTE CENTRAL DE LOS NEUMÁTICOS EXTERIORES	6.630 mm - 21'9".



SISTEMA HIDRÁULICO

SISTEMA DE DIRECCIÓN:	BOMBA HIDRÁULICA Bomba de pistones. CAPACIDAD 195 L / 51,5 U.S. gal/min a r.p.m. nominales.
AJUSTE DE LA VÁLVULA DE ALIVIO	24,5 MPa 250 kg/cm ² 3.555 psi.
CILINDROS HIDRÁULICOS:	TIPO Tipo pistón de doble acción. CANTIDAD DE CILINDROS 2. DIÁMETRO X CARRERA 90 mm x 441 mm 3,5" x 17,3".
CONTROL DEL CARGADOR:	BOMBA HIDRÁULICA Bomba de pistones. CAPACIDAD 280L / 89,7 U.S. gal/min a r.p.m. nominales.
AJUSTE DE LA VÁLVULA DE ALIVIO	34,3 MPa 350 kg/cm ² 4.980 psi.
CILINDROS HIDRÁULICOS:	TIPO Tipo pistón de doble acción.
CANTIDAD DE CILINDROS - DIÁMETRO X CARRERA:	CILINDRO DE ELEVACIÓN 2 - 140 mm x 764 mm 5,5" x 30,0". CILINDRO DEL BALDE 1 - 160 mm x 575 mm 6,3" x 22,6".
VÁLVULA DE CONTROL	2 vías.
POSICIONES DE CONTROL:	AGUILÓN Elevación, sostenimiento, descenso y flotación. BALDE Inclinación hacia atrás, sostenimiento y descarga.
TIEMPO DE CICLO HIDRÁULICO (CARGA NOMINAL EN EL BALDE):	ELEVACIÓN 5,4 s. DESCARGA 1,6 s. DESCENSO (VAGÍO) 3,7 s.

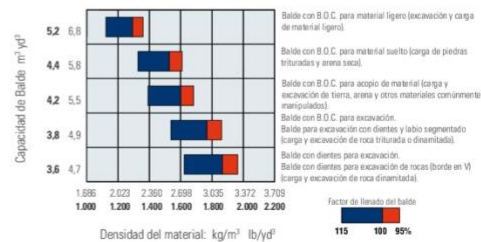


CAPACIDADES DE RECARGA

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	61 L - 16,1 U.S. gal.
TANQUE DE COMBUSTIBLE	413 L - 109,1 U.S. gal.
MOTOR	38 L - 10,0 U.S. gal.
SISTEMA HIDRÁULICO	173 L - 45,7 U.S. gal.
EJE DELANTERO	60 L - 15,9 U.S. gal.
EJE TRASERO	56 L - 14,8 U.S. gal.
CONVERTIDOR DE TORQUE Y TRANSMISIÓN	65 L - 17,2 U.S. gal.



GUÍA PARA SELECCIÓN DEL BALDE

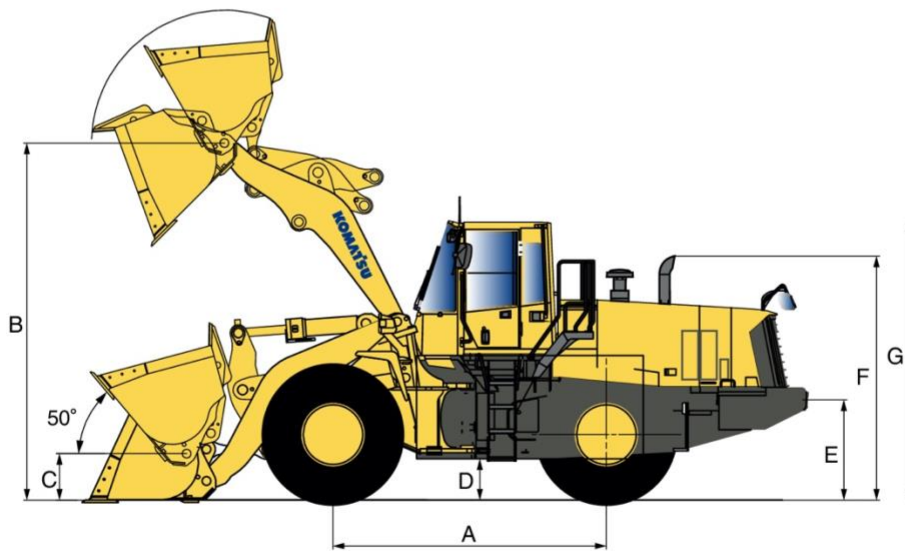




DIMENSIONES

Medidas con neumáticos de 26.5-25-16PR (L-3)

	Banda de rodadura	2.300 mm	7'7"
	Ancho sobre neumáticos	3.010 mm	9'11"
A	Distancia entre ejes	3.450 mm	11'4"
B	Altura máx. del pasador de bisagra	4.360 mm	14'4"
C	Altura del pasador de bisagra, posición de transporte	585 mm	1'11"
D	Distancia al suelo	525 mm	1'9"
E	Altura de enganche	1.240 mm	4'1"
F	Altura total, parte superior de la pila	3.080 mm	10'1"
G	Altura total de la cabina ROPS	3.500 mm	11'6"



11

KOMATSU

	Balde para uso general					Balde para rocas (borde en V)	Balde para material suelto	Balde para material liviano	
	Acopio de material		Excavación						
	Labios de corte apernados	Dientes	Labios de corte apernados	Dientes y segmentos	Dientes				Dientes
Capacidad del balde:	coimado	4,2 m ³ 5,5 yd ³	3,9 m ³ 5,1 yd ³	3,8 m ³ 5,0 yd ³	3,8 m ³ 5,0 yd ³	3,6 m ³ 4,7 yd ³	3,6 m ³ 4,7 yd ³	4,4 m ³ 5,8 yd ³	5,2 m ³ 6,8 yd ³
	a ras	3,5 m ³ 4,6 yd ³	3,3 m ³ 4,3 yd ³	3,2 m ³ 4,2 yd ³	3,2 m ³ 4,2 yd ³	3,1 m ³ 4,1 yd ³	3,1 m ³ 4,1 yd ³	3,9 m ³ 5,1 yd ³	4,5 m ³ 5,9 yd ³
Ancho del balde		3.170 mm 10'5"	3.190 mm 10'6"	3.170 mm 10'5"	3.190 mm 10'6"	3.190 mm 10'6"	3.170 mm 10'5"	3.170 mm 10'5"	3.170 mm 10'5"
Peso del balde		2.055 kg 4.530 lb	1.965 kg 4.330 lb	2.165 kg 4.770 lb	2.200 kg 4.850 lb	2.075 kg 4.570 lb	2.160 kg 4.760 lb	2.210 kg 4.870 lb	2.255 kg 4.970 lb
Distancia de descarga, altura máx. y ángulo de descarga de 45°*		3.185 mm 10'5"	3.060 mm 10'0"	3.235 mm 10'7"	3.110 mm 10'2"	3.110 mm 10'2"	2.975 mm 9'9"	3.055 mm 10'0"	3.035 mm 9'11"
Alcance a máx. altura y ángulo de descarga a 45°*		1.235 mm 4'1"	1.335 mm 4'5"	1.185 mm 3'11"	1.285 mm 4'3"	1.285 mm 4'3"	1.435 mm 4'8"	1.365 mm 4'6"	1.385 mm 4'7"
Alcance a una distancia de 2.130 mm (7') y ángulo de descarga de 45°*		1.935 mm 6'4"	1.975 mm 6'6"	1.905 mm 6'3"	1.950 mm 6'5"	1.950 mm 6'5"	2.035 mm 6'8"	2.010 mm 6'7"	2.020 mm 6'8"
Alcance con brazo horizontal y nivel del balde		2.755 mm 9'0"	2.910 mm 9'7"	2.685 mm 8'10"	2.840 mm 9'4"	2.840 mm 9'4"	3.040 mm 10'0"	2.940 mm 9'8"	2.965 mm 9'9"
Altura operativa (totalmente elevado)		5.960 mm 19'7"	5.960 mm 19'7"	5.875 mm 19'3"	5.875 mm 19'3"	5.875 mm 19'3"	5.875 mm 19'3"	5.960 mm 19'7"	6.185 mm 20'4"
Longitud total		8.825 mm 28'11"	8.980 mm 29'6"	8.755 mm 28'9"	8.910 mm 29'3"	8.910 mm 29'3"	9.210 mm 29'11"	9.010 mm 29'7"	9.035 mm 29'8"
Radio de giro del cargador (35°) (balde al acarrear, esquina externa del balde)		15.280 mm 50'2"	15.380 mm 50'6"	15.240 mm 50'0"	15.340 mm 50'4"	15.340 mm 50'4"	15.280 mm 50'2"	15.370 mm 50'5"	15.380 mm 50'6"
Profundidad de excavación:	0°	80 mm 3,1"	100 mm 3,9"	80 mm 3,1"	100 mm 3,9"	100 mm 3,9"	85 mm 3,3"	80 mm 3,1"	80 mm 3,1"
	10°	315 mm 1'0"	360 mm 1'2"	305 mm 1'0"	350 mm 1'2"	350 mm 1'2"	370 mm 1'3"	345 mm 1'2"	350 mm 1'2"
Carga estática de vuelco:	recto	18.250 kg 40.240 lb	18.610 kg 41.035 lb	18.150 kg 40.020 lb	18.330 kg 40.420 lb	18.510 kg 40.815 lb	18.280 kg 40.310 lb	18.115 kg 39.940 lb	18.070 kg 39.840 lb
	40° giro completo	15.680 kg 34.570 lb	16.035 kg 35.360 lb	15.580 kg 34.350 lb	15.760 kg 34.745 lb	15.935 kg 35.135 lb	15.705 kg 34.630 lb	15.540 kg 34.265 lb	15.495 kg 34.165 lb
Potencia de arranque		192 kN 19.600 kg 43.160 lb	207 kN 21.120 kg 46.560 lb	203 kN 20.710 kg 45.660 lb	209 kN 21.330 kg 47.020 lb	220 kN 22.450 kg 49.490 lb	190 kN 19.390 kg 42.750 lb	168 kN 17.140 kg 37.790 lb	165 kN 16.840 kg 37.130 lb
Peso operativo		22.990 kg 50.690 lb	22.900 kg 50.490 lb	23.100 kg 50.935 lb	23.140 kg 51.020 lb	23.010 kg 50.735 lb	23.095 kg 50.920 lb	23.140 kg 51.025 lb	23.190 kg 51.135 lb

*En el extremo del diente o labio de corte apernado (BOC)

Todos los valores de dimensiones, pesos y rendimiento se basan en las normas ISO 7131 e ISO 7546.

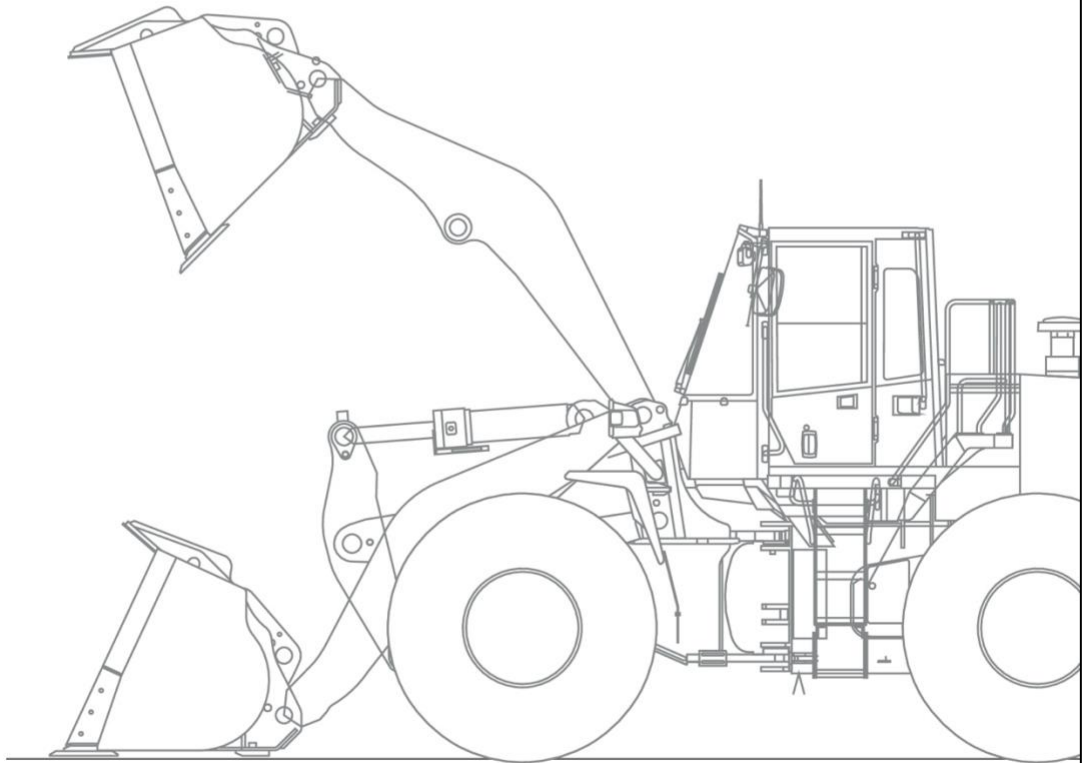
Los valores de carga estática de vuelco y peso operativo que se muestran incluyen el lubricante, el refrigerante, el tanque de combustible lleno, la cabina ROPS y el operador. La estabilidad del equipo y el peso operativo se ven afectados por el contrapeso, el tamaño de los neumáticos y otros aditamentos.

Aplique las siguientes modificaciones de peso al peso operativo y la carga estática de vuelco.



VARIACIONES DE PESO

Neumáticos o aditamentos	Peso operativo		Carga de vuelco recto		Carga de vuelco en giro completo		Ancho sobre neumáticos		Distancia al suelo		Cambio en dimensiones verticales	
	kg	lb	kg	lb	kg	lb	mm	ft in	mm	ft in	mm	ft in
23.5-25-20PR(L-3)	-305	-672	-240	-529	-210	-463	2.920	9'7"	460	1'6"	-65	-3"
23.5-25-20PR(L-2)	-615	-1.355	-480	-1.058	-420	-926	2.920	9'7"	460	1'6"	-65	-3"
26.5-25-16PR(L-3)	0	0	0	0	0	0	3.010	9'11"	525	1'9"	0	0
26.5-25-20PR(L-4)	+425	+937	-330	+728	+290	+639	3.010	9'11"	525	1'9"	0	0
Instalar contrapeso adicional	+400	+880	+1.070	+2.358	+930	+2.050						



13

KOMATSU



EQUIPAMIENTO ESTÁNDAR

- » Válvula de 2 vías para los controles del aguilón y el balde.
- » Alternador de 50 A.
- » Transmisión de cambio de marcha automático con sistema de selección de modo.
- » Alarma de retroceso.
- » Luces de retroceso.
- » Baterías, 2 x 12 V/136 Ah.
- » Contrapeso.
- » Luz de señalización de viraje.
- » Motor diésel Komatsu SAA6D125E-5.
- » Sistema eléctrico de apagado del motor.
- » Prefiltro para combustible de mala calidad.
- » Equipamiento para zonas de agua dura.
- » Ventilador de accionamiento hidráulico con rotación inversa.
- » Cilindro de elevación y cilindro del balde.
- » Panel del monitor principal con sistema de monitoreo de gestión del equipo.
- » Dos palancas PPC de control manual.
- » Máscara del radiador tipo rejilla.
- » Espejo retrovisor para la cabina.
- » Limpia parabrisas y líquido lavador en la ventana trasera.
- » Cabina con estructura ROPS/FOPS (ISO 3471/ISO 3449).
- » Cinturón de seguridad.
- » Asiento reclinable con suspensión.
- » Frenos de servicio tipo discos húmedos.
- » Motor de partida de 24 V/7,5 kW.
- » Volante de dirección telescópico e inclinable.
- » Visera parasol.
- » Neumáticos (sin cámara 26.5-25-16PR) y aros.
- » Transmisión, 4 en avance y 4 retroceso.



EQUIPO OPCIONAL

- » Convertidor de 12 voltios.
- » Válvula de 3 vías.
- » Contrapeso adicional.
- » Aire acondicionado.
- » Radio AM/FM.
- » Radiocasetera estéreo AM/FM.
- » Baterías, 2 x 12 V/140 Ah.
- » Dientes del balde (tipo apernado).
- » Dientes del balde (tipo de punta).
- » Bordes de corte (tipo apernado).
- » Sistema de controlado electrónicamente.
- » Predepurador del motor con extensión.
- » Extintor de incendios.
- » Alfombrilla.
- » Guardabarros delantero.
- » Aguilón de gran elevación.
- » Dirección mediante joystick.
- » Prefiltro de combustible de gran tamaño.
- » Convertidor de torque con embrague de bloqueo.
- » Repuestos corrientes.
- » Protección del tren de potencia.
- » Asiento con suspensión neumática y ajuste de peso automático.
- » Dirección secundaria (ISO 5010).
- » Bordes segmentados.
- » Kit de herramientas.
- » Kit de protección antivandalismo.
- » Diferencial de deslizamiento limitado (delantero y trasero).

**Equipamiento opcional puede no estar disponible en su país,
consulte a su Distribuidor Komatsu para más detalles.**

KOMTRAX Plus

SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL



KOMTRAX es un revolucionario sistema de seguimiento de los equipos diseñado para ahorrar tiempo y dinero. Ahora puede realizar el seguimiento a sus equipos a cualquier hora y desde cualquier lugar. Utilice la valiosa información del equipo recibida a través de la página web de KOMTRAX para optimizar su planificación de mantenimiento y rendimiento del equipo.

CARACTERÍSTICAS

» UBICACIÓN

KOMTRAX utiliza una red de posicionamiento de satélites, para informar el lugar donde se encuentran los equipos.

» GEOFENCE

En asociación con su Distribuidor Komatsu, los propietarios pueden crear vallas virtuales (Geo) para recibir alertas de cuando los equipos entran o salen del rango designado para las operaciones.

» LECTURA DEL MEDIDOR DE SERVICIO

Reporte diario de las horas de trabajo del equipo, lo que permite proyectar mantenimientos y recambio de componentes.

» MAPAS DE OPERACIONES KOMTRAX

En los mapas de operaciones podrá revisar las horas del día en que los equipos están en funcionamiento y si los trabajadores están realizando sus funciones en los tiempos estipulados.

» NIVEL DE MEDIDA DE COMBUSTIBLE

Muestra la cantidad de combustible que hay al final de la jornada de trabajo.

» ALTO NIVEL DE TEMPERATURA DEL AGUA

Registro constante del aumento de la temperatura del agua del motor con un informe diario al final del día.

» PRECAUCIONES

Si se enciende una luz en la cabina del equipo se indica que ocurre algún problema. Desde el sitio web de la aplicación podrá revisar el motivo del problema, la hora y se generará un número de registro.

» CÓDIGOS DE ANORMALIDAD

Los códigos de anomalía se transmiten al Distribuidor Komatsu para la solución de problemas antes de que los técnicos lleguen al lugar de trabajo. También se envía una notificación via email con el código de lo ocurrido.

» NOTIFICACIÓN DE REEMPLAZO DE MANTENIMIENTO

El sistema genera alertas para informar que el equipo requiere cambio de elementos como filtros y aceite.

» HORAS CLAVE DEL EQUIPO

Información detallada sobre las horas clave del equipo como la excavación, el traslado, cavar, aliviar y elevar. Esto puede ayudar a monitorear y comparar rendimiento del equipo, además de las horas de trabajo y en ralentí.

» FRECUENCIA DE CARGA

Información del factor de carga del equipo para saber si está en un trabajo liviano, medio o pesado.

» BLOQUEO DEL MOTOR ANTIRROBO

KOMTRAX cuenta con un sistema de bloqueo y desbloqueo del motor de los equipos, lo que permitirá que sólo funcionen en los días, horas y áreas asignadas.

» CONSUMO DE COMBUSTIBLE

En los equipos Komatsu nuevos, puede obtener el estatus real de los galones de combustible consumidos, además de un promedio del combustible gastado por hora durante el período de funcionamiento.

» INFORMES DE DATOS MENSUALES Y ANUALES

KOMTRAX genera resúmenes de todos los datos críticos del sistema para ayudar con el análisis de la utilización de la flota, programación de equipos, futuras compras de equipos, costos de trabajo, etc.

Consulte con su Distribuidor Komatsu cuál es la información disponible para su modelo y disponibilidad del servicio en su país.

KOMATSU

Los diseños, especificaciones y datos de los productos en este documento son solo informativos y no son garantías de ningún tipo. El diseño de los productos y las especificaciones pueden ser cambiadas en cualquier momento sin previo aviso. Las únicas garantías aplicables a la venta de productos y servicios son las declaradas en la Política de Garantías, la cual será proporcionada a petición.

Komatsu, y logos relacionados, son marcas registradas de Komatsu Ltd. o de una de sus subsidiarias.

© 2017 Komatsu Ltd. o una de sus filiales. Todos los derechos reservados.

KOMATSU®

Para mayor información consulte a su Distribuidor o visite nuestro sitio web www.komatsulatinamerica.com

KLAT-EQ036/01-2019



A.4. Plan de Capacitaciones.

PLAN ANUAL DE CAPACITACIONES – 2020														PASST-001	
														REVISIÓN: 01	
														PÁGINA: 1 de 7	
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN 2020															
ITEM	DETALLE	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
CAPACITACIONES															
1.1. CAPACITACIONES															
1	Entrenamiento Diario de Seguridad (EDS)	Reunión diaria de 5 minutos en temas de Seguridad, Salud en el Trabajo, Medio Ambiente	Supervisor de Campo (SST)												
2	Charla de Inducción	Se capacitará sobre los conocimientos básicos y lineamientos sobre Seguridad, Salud en el Trabajo, Medio Ambiente que todo	Supervisor de Campo (SST)												

