

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Implementación lean *maintenance* para mejorar la
disponibilidad de equipos de carguío en una empresa
minera de Arequipa-2022**

Alvaro Frank Huallpa Saico

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Karina Ponce Begazo
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 6 de Diciembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Implementacion Lean Maintenance para Mejorar la Disponibilidad de Equipos de Carguío en una Empresa Minera de Arequipa-2022

Autores:

1. Alvaro Frank Huallpa Saico – EAP. Ingeniería Industrial

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 11 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): 10 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original

(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ASESOR (A):

Mag. Ing. Karina Ponce Begazo

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profunda gratitud a mi padre, a mi madre y a mis hermanos por su apoyo incondicional a lo largo de los años, lo cual ha sido fundamental para que pudiera alcanzar mis metas personales y académicas. Con profundo cariño, han sido los que siempre me alentaron a seguir mis objetivos, animándome a enfrentar los desafíos sin rendirme. Además, me brindaron el apoyo económico y afectivo necesario, permitiéndome concentrarme en mis estudios sin interrupciones.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Rosmery, mi compañera, y a Thiago, mi hijo, quienes me han apoyado y motivado a seguir adelante en esta etapa de mi carrera, incluso en los momentos en que parecía que podría abandonar. De igual manera, dedico este logro a mis padres y hermanos, quienes han respaldado incondicionalmente cada paso de este trayecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------------|
| AGRADECIMIENTOS | v |
| DEDICATORIA | vi |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | vii |
| LISTA DE TABLAS | ix |
| LISTA DE FIGURAS | x |
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT | xii |
| Introducción | 1 |
| CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO | 3 |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema | 3 |
| 1.1.1. Bajo planteamiento | 3 |
| 1.2. Problema general | 3 |
| 1.2.1. Problemas específicos | 5 |
| 1.3. Objetivos | 5 |
| 1.3.1. Objetivo general | 5 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 5 |
| 1.4. Justificación e importancia | 5 |
| 1.4.1. Justificación | 5 |
| 1.4.2. Importancia | 7 |
| 1.5. Limitaciones | 7 |
| 1.6. Delimitación de la investigación | 7 |
| 1.6.1. Delimitación espacial | 7 |
| 1.6.2. Delimitación temporal | 7 |
| 1.7. Hipótesis y variables | 7 |
| 1.7.1. General | 7 |
| 1.7.2. Específicas | 7 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 9 |

| | |
|---|-----------|
| 2.1. Antecedentes | 9 |
| 2.1.1. Internacionales | 9 |
| 2.1.2. Nacionales | 10 |
| 2.2. Bases teóricas | 12 |
| 2. CAPÍTULO III METODOLOGÍA | 19 |
| 3.1. Método y tipo de investigación | 19 |
| 3.1.1. Método de investigación | 19 |
| 3.1.2. Diseño de la investigación | 19 |
| 3.2. Población y muestra | 20 |
| Población | 20 |
| Muestra | 20 |
| 3.3. Recolección de datos | 20 |
| Técnicas | 20 |
| Instrumentos de recolección de datos | 20 |
| CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES | 22 |
| 4.1. Evaluación del contexto actual | 22 |
| Tiempo Medio de Reparación (MTTR) o Mantenibilidad | 75 |
| Estimación de indicadores después de la Implementación | 81 |
| Cargador CAT 950H CATERPILLAR | 81 |
| Cargador Cat GC CATERPILLAR | 82 |
| Freno del motor VEB390 | 83 |
| Articulado, aplicación Volquet | 84 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 93 |
| Conclusiones | 94 |
| Recomendaciones | 94 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 96 |

LISTA DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1 | Operacionalización de la variable independiente LM | 8 |
| Tabla 2 | Operacionalización de la variable dependiente disponibilidad | 8 |
| Tabla 3 | Conjunto de maquinaria de carga para la trituración de caliza | 28 |
| Tabla 4 | Intervalo aceptable de parámetros de gestión de mantenimiento | 29 |
| Tabla 5 | Clasificación de revisión Lean | 37 |
| Tabla 6 | Organización y secuencia en operaciones de mantenimiento | 38 |
| Tabla 7 | Datos y detalles de los equipos | 39 |
| Tabla 8 | Protocolos y métodos de mantenimiento..... | 40 |
| Tabla 9 | Gestión operativa de tareas | 40 |
| Tabla 10 | Análisis de incidencias: Ingeniería de confiabilidad y mejoramiento continuo | 42 |
| Tabla 11 | Resultados de la evaluación | 43 |
| Tabla 12 | Análisis de causa fundamental | 46 |
| Tabla 13 | Propósitos tácticos en la unidad de mantenimiento..... | 68 |
| Tabla 14 | Síntesis de la mantenibilidad de los equipos de transporte y carga | 75 |
| Tabla 15 | P.M. Cargador CAT 950H CATERPILLAR | 77 |
| Tabla 16 | P.M. Cargador Cat GC..... | 78 |
| Tabla 17 | P.M. Freno del motor VEB390..... | 79 |
| Tabla 18 | P.M. Articulado, aplicación Volquete..... | 80 |
| Tabla 19 | Con el P.M.Preventivo para CAT 950H CATERPILLAR..... | 81 |
| Tabla 20 | Con el P.M. Preventivo para Cargador Cat GC CATERPILLAR..... | 82 |
| Tabla 21 | Con el P.M. para Freno del motor VEB390..... | 83 |
| Tabla 22 | Con el P.M. para Articulado, aplicación Volquete..... | 84 |
| Tabla 23 | Cuadro resumen de Datos con el P.M..... | 85 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Esquema de secuencia de producción de la compañía minera. | 22 |
| Figura 2. Diagrama de tareas del proceso de fabricación de la compañía | 24 |
| Figura 3. Visualización de la operación de descarga de los equipos de carga | 28 |
| Figura 4. Disposición mecánica de los equipos de carga (mayo/2022) | 29 |
| Figura 5. Disposición mecánica de los equipos de carga (junio/ 2022) | 30 |
| Figura 6. Disposición mecánica de los equipos de carga (julio/2022) | 30 |
| Figura 7. Disposición mecánica de los equipos de carga (agosto/2022)..... | 30 |
| Figura 8. Valores de disponibilidad actuales de los equipos de carguío, considerando los indicadores y data histórica de la organización..... | 32 |
| Figura 9. Valores de confiabilidad actuales de los equipos de carguío, considerando los indicadores y data histórica de la organización..... | 33 |
| Figura 10. Facturación mensual de la organización en contraposición de los gastos de mantenimiento, considerando los indicadores y data histórica de la organización | 34 |
| Figura 11. Resultados de evaluación Lean de los equipos de carga..... | 44 |
| Figura 12. Interrupción mecánica de equipo de carga – local minero | 45 |
| Figura 13. Detención de menor escala – equipo de carga..... | 46 |
| Figura 14. Diagrama de Pareto en el local minero cuprífera. | 48 |
| Figura 15. Diagrama espina de pescado..... | 51 |
| Figura 16. Diagrama de proceso de ejecución del mantenimiento de prevención | 54 |
| Figura 17. Diagrama de proceso del proyecto de optimización de mejoramiento continuo | 67 |
| Figura 18. Diagrama de proceso para la gestión de asignación de suministros, suministros y consumibles..... | 68 |
| Figura 19. Diagrama de proceso para la compilación de información..... | 68 |
| Figura 20. Mapa de proceso para la generación de reportes | 74 |
| Figura 21. Disponibilidad mecánica de los equipos de carga (enero-abril 2023) | 75 |
| Figura 22. Valores de disponibilidad antes y después de la implementación | 86 |
| Figura 23. Valores de confiabilidad antes y después de la implementación | 87 |
| Figura 24. Valores gastoso de mantenimiento antes y después de la implementación del LM . | 88 |

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue analizar cómo la implementación de Lean Maintenance incide en la mejora de la Disponibilidad de los Equipos de Carga (DEC) en una compañía minera ubicada en Arequipa. Se utilizó un enfoque metodológico deductivo, de carácter aplicado, con un diseño cuantitativo y preexperimental. Se consideró una muestra censal que incluyó un total de 12 equipos de carguío, seleccionados debido a su histórico de baja disponibilidad en los períodos analizados.

Se llevó a cabo un análisis de los indicadores de disponibilidad mecánica después de evaluar las clasificaciones Lean (organización y secuencia en operaciones de mantenimiento, gestión operativa de tareas y análisis de incidencias, ingeniería de fiabilidad y mejoramiento continuo). La implementación sugerida se sustentó en la aplicación de 13 procedimientos destinados a mejorar la situación.

Se constató que, mediante la adopción de Lean Maintenance (LM), se logró elevar la DEC de un promedio del 80% a un 95%, promoviendo la mejora de los procesos de gestión, centrando la atención en un mantenimiento que garantiza la seguridad, confiabilidad y rentabilidad. Se verificó que la aplicación de LM ocasionó mejoras notables en la confiabilidad de los equipos de carga. Este avance se alcanzó a través de la realización de un diagnóstico y la definición de parámetros para adaptar, supervisar y controlar la calidad en las tareas de mantenimiento.

Esto incrementó la probabilidad de un desempeño adecuado de los equipos durante un periodo determinado y en circunstancias operativas específicas, abarcando elementos como fuerza aplicada, grado de término, rapidez, voltaje eléctrico, características de la onda, entre otros aspectos. Se verificó que la implementación de LM ha incrementado la capacidad de mejora de los equipos, lo que implica la capacidad de anticipar que un sistema o equipo podrá funcionar durante un determinado periodo de tiempo, siempre y cuando las tareas de mantenimiento se ejecuten siguiendo las directrices establecidas.

Palabras clave: Lean Maintenance (LM), Disponibilidad de los Equipos de Carga (DEC), Carga, Metalúrgico, Sostenimiento, Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

ABSTRACT

Finding out how a mining business in Arequipa improved the Availability of Loading Equipment (DEC) after using Lean Maintenance was the primary goal of this study. It relied on a deductive, practical methodology, with a quantitative and pre-experimental design. A census sample was considered that included a total of 12 cargo equipment, selected due to its historical low availability in the analyzed periods. An analysis of the mechanical availability indicators was carried out after evaluating the Lean classifications (organization and sequence in maintenance operations, operational task management and incident analysis, reliability engineering and continuous improvement). The suggested implementation was based on the application of 13 procedures aimed at improving the situation. It was found that by adopting LM, it was possible to raise the DEC from an average of 80% to 95%, promoting the improvement of management processes, focusing attention on maintenance that guarantees safety, reliability and profitability. Results showed that the charging equipment became much more reliable after using LM. A diagnostic was realized and parameters were defined to adapt, manage, and regulate the quality of the maintenance chores, which allowed for this advancement to be made. Among other things, this improves the odds that an apparatus will function as intended under specified operating conditions and for a certain duration, taking into account factors like applied force, term degree, speed, electrical voltage, and wave characteristics. We can now expect that the equipment will be ready to operate in a predetermined period of time, provided that the maintenance work is executed according to the established guidelines, because the implementation of LM has increased the equipment's improvement capacity.

Keyword: Lean, Loading, Metallurgical, Support

Introducción

Las compañías involucradas en la industria minera están proactivamente buscando incrementar la eficiencia y crear productos de primera calidad, identificando el mantenimiento como un área clave para lograrlo. Esto destaca la importancia de mejorar la confiabilidad de los equipos y de implementar enfoques centrados en las personas. Actualmente, es cada vez más común realizar pedidos directamente a través de la página web del proveedor, prescindiendo de las prácticas tradicionales de reparto. Esto implica que la cantidad de fabricación y los tiempos de entrega deben ajustarse para cumplir con los requisitos de los consumidores, ya sean de gran o pequeño tamaño, dado que los límites de recepción están experimentando una creciente presión.

Como resultado, se han creado varias herramientas de Lean Maintenance (LM) con el fin de reducir al mínimo los períodos de inactividad debido a mantenimientos no planificados. Esto ha conducido a mejoras en la tasa de disponibilidad, el índice de eficiencia global de los equipos (OEE) y la reducción de los costos de mantenimiento. Un beneficio adicional es la optimización del traslado de los elementos.

El sector minero también juega un papel crucial en la estructura económica mundial y representa la principal actividad financiera en la mayoría de los países, experimentando un aumento anual significativo. El Estado peruano, destacado como uno de los principales proveedores de minerales a nivel internacional, ocupa la segunda posición global en la extracción de cobre, la tercera en plata y zinc, y la sexta en producción de oro. En América Latina, lidera este sector. Históricamente, esta industria no ha tenido la capacidad de determinar los precios de comercialización de sus productos. Esto hace que la optimización de la eficiencia y el desempeño sea una de las tareas más cruciales en la investigación de este ámbito. Las compañías del sector minero están constantemente explorando estrategias para incrementar su capacidad productiva y efectividad, con el objetivo de optimizar los beneficios, enfrentar el aumento de los costos y consolidar su posición en un mercado cada vez más complejo y diversificado.

El concepto de "mantenimiento" abarca una variedad de actividades orientadas a preservar un producto en un estado seguro y operativo. Estas tareas incluyen tanto aspectos técnicos, como la participación de equipos, como aspectos administrativos, que comprenden contabilidad y controles, así como funciones de gestión, que implican la selección de alternativas. El aumento en la antigüedad de los equipos incrementa la posibilidad de errores operativos, lo cual impacta negativamente en la eficiencia. Para abordar estos problemas, las máquinas son sometidas a intervenciones correctivas, comúnmente referidas como mantenimiento no planificado.

La ejecución frecuente de este tipo de mantenimiento en las máquinas conlleva un aumento en los costos operativos. El Mantenimiento Productivo Total (TPM), que forma parte de los fundamentos del LM, representa una estrategia esencial para la administración eficiente del mantenimiento. Sin embargo, surgen desafíos que complican la implementación de esta estrategia en las empresas.

Aunque la industria minera enfrenta obstáculos propios, se observa un aumento en la adopción de LM, su inclusión en los proyectos de gestión y el deseo de incorporar los principios de mantenimiento Lean. Este cambio responde a la creciente competencia internacional, el aumento de los gastos asociados a los minerales y la aspiración de potenciar la eficiencia productiva mientras se minimizan los costos.

Esta investigación se compone de cuatro capítulos. El primer capítulo, a través del prólogo, presenta de manera deductiva el panorama general y el tema de estudio. Su objetivo es determinar cómo se manifiesta una mejora en la DEC a través de la implementación de Lean Maintenance (LM). Este enfoque se sustenta en diversas perspectivas que aportan elementos clave para abordar la problemática planteada. El segundo capítulo se enfoca en el contexto teórico, abordando estudios previos sobre la aplicación de LM, con el objetivo de ofrecer una revisión descriptiva del material encontrado. En el tercer capítulo se formula y evalúa la metodología, y en el cuarto se presentan los hallazgos y el análisis de la información, con su respectiva discusión. Finalmente, se expone el corolario y las sugerencias

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

A nivel global, las compañías mineras continúan en su búsqueda de optimizar el rendimiento y la eficacia, dado que la alta demanda de explotación y recolección de metales está estrechamente vinculada con el desarrollo observado en las industrias del sector minero.

A lo largo del tiempo, las empresas han implementado enfoques Lean, pero con frecuencia descubren que estos métodos son efímeros, ya que se enfocan principalmente en proyectos de mejora a pequeña escala, alterando la manera en que se gestionan y se llevan a cabo los procedimientos por parte de los trabajadores operativos (Shaturaev & Bekimbetova, 2021). En China, la correcta aplicación de los procedimientos de mantenimiento en las empresas desempeña un papel crucial en la reducción sustancial del riesgo de averías en la maquinaria, lo cual podría traducirse en períodos de inactividad en los cuales las líneas de fabricación no estarían operando (Ribeiro et al., 2020).

La mejora continua y el permanente afán de optimización son fundamentales dentro del TPM, lo que garantiza una menor ocurrencia de averías, interrupciones y desperfectos. Al mismo tiempo, genera una disminución en los costos y promueve el involucramiento activo de los empleados, tanto a niveles superiores como inferiores de la jerarquía (Kanti & Cudney, 2018). Las fallas imprevistas en instalaciones industriales representan una amenaza significativa en términos de producción y beneficios. Anticipar posibles averías a corto plazo permite lograr un tiempo de inactividad mínimo, asegurando la continuidad de la cadena de demanda y suministro, lo cual cumple con los criterios industriales (Mohan et al., 2021).

La acelerada transformación industrial en América Latina ha generado una creciente demanda por optimizar los indicadores de productividad, disponibilidad, eficiencia y calidad (DEC) en los procesos productivos. En respuesta a estas exigencias operacionales, se implementó en 1971 el sistema de TPM, una metodología de origen japonés. Esta estrategia integral de mantenimiento ha demostrado su robustez al ser adoptada exitosamente por diversos sectores industriales. Sin embargo, su aplicación en el contexto agroindustrial aún presenta oportunidades significativas de desarrollo y aprovechamiento de sus beneficios sostenibles (Rathi et al., 2022).

En el contexto específico del sector minero de Arequipa, Perú, la gestión efectiva de la disponibilidad de equipos de carguío constituye un factor crítico para garantizar la continuidad operacional y la eficiencia de los procesos extractivos. Los análisis de indicadores internos de diversas compañías mineras en esta región evidencian una problemática sustancial: la disponibilidad promedio de estos equipos críticos fluctúa entre el 65% y el 75%, valores considerablemente inferiores al estándar óptimo sectorial establecido por encima del 85%, necesario para la maximización de la productividad y la reducción de tiempos improductivos.

Esta deficiencia en los índices de disponibilidad genera repercusiones significativas que trascienden la esfera operativa, manifestándose en el incremento de costos operacionales y en la reducción de la competitividad empresarial en el mercado global minero. El origen de esta problemática se fundamenta en la prevalencia de paradigmas tradicionales de mantenimiento, caracterizados por su naturaleza reactiva, en contraposición a un enfoque preventivo, los cuales divergen significativamente de los principios fundamentales de optimización y eliminación de desperdicios propuestos por la metodología Lean Maintenance.

La integración estratégica de Lean Maintenance en las operaciones mineras de Arequipa presenta una alternativa metodológica para optimizar los indicadores de disponibilidad en equipos de carguío. Este paradigma de gestión se fundamenta en la identificación sistemática y posterior eliminación de actividades no generadoras de valor, propiciando una asignación eficiente de recursos y potenciando la disponibilidad operativa de los activos. No obstante, la transición hacia este modelo de mantenimiento esbelto implica una transformación sustancial del paradigma organizacional y los procedimientos operativos establecidos, constituyendo un reto significativo para las organizaciones del sector.

La falta de indicadores estadísticos rigurosos y parametrizados relativos a la disponibilidad de equipos de carga y a la cuantificación económica asociada a los períodos de inactividad es un factor crítico que dificulta la aplicación de estrategias de mejora basadas en evidencia. Esta deficiencia en la gestión de datos compromete la capacidad de las empresas mineras arequipeñas para ejecutar diagnósticos con precisión técnica y diseñar intervenciones estratégicas efectivas. Por consiguiente, es esencial desarrollar un sistema completo de seguimiento y medición que permita evaluar objetivamente la influencia de las prácticas de mantenimiento en los índices de disponibilidad de los equipos de carga y, por extensión, sobre los parámetros de productividad y rentabilidad operacional.

El presente estudio se desarrollará en una organización minera donde predomina un enfoque de mantenimiento correctivo, lo que genera interrupciones operativas prolongadas y no programadas que impactan adversamente en la logística de transporte de mineral y los indicadores de productividad global. Esta situación evidencia la necesidad de transitar hacia un modelo de gestión más proactivo y sistemático.

Problema general

¿En qué medida la ejecución del LM mejora la DEC en una empresa Minera de Arequipa – 2022?

Problemas específicos

- ¿En qué medida la ejecución del LM mejora la fiabilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022?
- ¿En qué medida la ejecución del LM mejora la mantenibilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022?

1.2. Objetivos

Objetivo general

Determinar en qué medida la ejecución del LM mejora la DEC (disponibilidad de equipo de carguío) en una empresa minera de Arequipa – 2022

Objetivos específicos

- Determinar en qué medida la ejecución del LM mejora la fiabilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022
- Determinar en qué medida la ejecución del LM mejora la mantenibilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022

1.3. Justificación e importancia

Justificación

Teórica

La indagación teórica radica en la aplicación de los saberes obtenidos durante la carrera de Ingeniería industrial. Se busca contribuir al ámbito del abordaje de la implementación del LM en equipos de carguío. El propósito es ofrecer una contribución de saber y tecnología que vaya más allá de lo establecido hasta ahora, proporcionando un listado metodológico que sirva de base para impulsar investigaciones futuras en este campo. Además, la justificación de este estudio se sustenta en la implementación de LM, la cual se espera que resulte en la

disminución de los intervalos de detención no planificados. Esto, a su vez, facilitará la adherencia al plan de producción, reduciendo los impactos negativos derivados de la falta de producción en términos de horas hombre/máquina. Asimismo, se anticipa la reducción de los gastos elevados asociados al mantenimiento correctivo

Práctica

Desde una perspectiva práctica, el estudio favorece la optimización del enfoque relacionado con la ejecución de una propuesta de mantenimiento adaptada a las complejidades operativas presentes en el ámbito minero tanto a nivel nacional como internacional, Este proceso de optimización tiene como objetivo mejorar la productividad y la DEC; al tiempo que reduce los riesgos físicos para el personal técnico encargado de mantenimiento. Esos resultados se materializan mediante la ejecución de la propuesta que se plantea en el estudio.

Social

Aunque se cuenta con información sobre la implementación de LM, se nota una falta de información en relación al desempeño y la DEC. Esto podría deberse a que, desde la visión de las compañías del sector minero, no se adopta ampliamente el mantenimiento correctivo, lo que genera detenciones no planificadas de larga duración y afecta adversamente el traslado de minerales y a la productividad. Aunque el gasto en mantenimiento pueda parecer relativamente pequeño en comparación con otros costos operativos, un análisis a nivel nacional releva la importancia del mantenimiento. Desde una perspectiva social, la implementación de mejoras a través de la planificación del mantenimiento contribuye a salvaguardar a quienes desempeñan roles específicos dentro de la compañía.

Medio ambiental

La incorporación estratégica de Lean Maintenance para potenciar la disponibilidad de equipos de carguío trasciende la optimización operativa y la reducción de costos, constituyéndose en un pilar fundamental para la gestión medioambiental sostenible. La adopción de principios de mantenimiento esbelto genera múltiples beneficios ambientales: optimiza el consumo de recursos y energía, prolonga el ciclo de vida útil de los activos mediante prácticas preventivas sistemáticas, y reduce la frecuencia de reemplazos de equipamiento. Estas acciones contribuyen significativamente a la reducción de la huella de carbono asociada tanto a los procesos de manufactura como a la disposición final de equipos industriales. Esta metodología representa un paradigma de gestión que armoniza la eficiencia

operacional con la responsabilidad ambiental, alineándose con las iniciativas globales de mitigación del impacto ecológico y la promoción de prácticas industriales sostenibles.

Importancia

De acuerdo con los padrones oficiales del Ministerio de Energía y Minas del Perú (MINEM, 2022), el panorama minero nacional comprende 973 unidades operativas, disgregadas en 710 unidades en fase de producción y 288 en etapa de exploración. Esta significativa presencia del sector minero, que incluye representación de las principales corporaciones mineras globales, incorpora invariablemente procesos de transporte de material, tanto de materia prima como de producto terminado, entre diversos puntos operativos. La universalidad de estos procesos logísticos confiere a esta investigación una relevancia particular, dado que sus hallazgos y metodologías podrían extrapolarse y adaptarse a diversos contextos operacionales del sector minero.

1.4. Limitaciones

Durante la realización de este estudio, se detectan limitaciones en cuanto a la accesibilidad de recursos bibliográficos que traten el asunto de indagación.

1.4.1. Delimitación de la investigación

Delimitación espacial

La investigación se realiza en una empresa minera de Arequipa, concretamente en el área de transporte de mineral, mediante el análisis de 12 equipos de acarreo.

Delimitación temporal

La indagación y obtención de datos se realizó desde mayo hasta agosto de 2022

1.4.2 Hipótesis y variables

General

Efectuar la metodología LM mejora de la DEC en una empresa minera de Arequipa– 2022.

Específicas

La ejecución del LM mejora la fiabilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022

La ejecución del LM mejora la mantenibilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022

Tabla 1*Operacionalización de la variable independiente LM*

| Variable independiente | Dimensiones | Indicador |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| LM | Mantenimiento autónomo | Número de fallos |
| | Mantenimiento planificado | Matriz de selección de fallos |
| | Capacitación | Mejoras identificadas |
| | Tipos de desperdicios | Horas de oportunidad |

VD 2: Disponibilidad**Tabla 2***Operacionalización de la variable dependiente disponibilidad*

| Variable dependiente | Dimensiones | Indicador |
|-----------------------------|--------------------|---|
| Disponibilidad | Fiabilidad | $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$ |
| | Mantenibilidad | $M = \frac{\text{Tiempo total de Mtto}}{\text{Número de reparaciones}}$ |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

En el año 2022 Sukma et al. llevaron a cabo un estudio donde analizaron los elementos que influyeron en la baja eficiencia general del equipo de OEE en la máquina LINAC SP. Se determinó que la pérdida debida a averías representó el 76.29%, seguida por la configuración con un 9,59%. Además, se observó que el intervalo de inactividad y pausa de corta duración contribuyó con un 8,8%, mientras que el decremento en la rapidez representó un 5,29%. El resultado final, permitió concluir que la aplicación constante del TPM ha propiciado un incremento en el rendimiento del indicador OEE del equipo LINAC SP.

Afriyuddin et al. (2018) en su trabajo observó que el desempeño de la maquinaria se encontraba en un nivel disminuido, registrando un 32.95%, con una eficacia reducida del 76,08%. Como resultado, se dedujo que las entidades tienen la capacidad de medir el rendimiento de sus equipos mediante el cálculo del desempeño global de la maquinaria, lo que les otorga la capacidad de reconocer y descartar los subproductos resultantes de la fabricación.

Ogie et al. (2018) durante la evaluación de su trabajo, observó que la eficiencia en el mantenimiento de las maquinarias no se hallaba en su punto óptimo, debido a que el TPR se situaba en el 84,63%, fuera de la norma establecida del 85%, y otras lograban alcanzar el 90%, concluyendo que tras la aplicación del TPM, se logró incrementar el TPR en un 10%, destacándose una mejora significativa en la maquinaria con el numeral 3, que pasó de un 84,63% a un 85,81%. Esto resalta la relevancia de garantizar la operatividad de las maquinarias.

Correira et al. (2020) en su documento, informaron de un descenso del 23% en los incidentes en el área de torneado CNC y del 38% en los incidentes relacionados con las instalaciones mecanizadas CNC. En resumen, sostuvieron que la ejecución condujo a un incremento de alrededor del 5% en la accesibilidad de las maquinarias y avance en la eficiencia integral de la maquinaria.

Subha et al., (2019) llevaron a cabo una investigación, estableciendo que la aplicación de las tácticas del TPM resulta en un incremento en la accesibilidad, eficacia y excelencia de las máquinas. Como colofón, resaltaron que la aplicación del plan propuesto es esencial para alcanzar los factores clave que inciden en el rendimiento global de las máquinas.

Anaya (2020) realizó un estudio donde se implementó la metodología del TPM como una herramienta para impulsar la progresión constante en la compañía. El propósito de este enfoque era minimizar las intervenciones de corrección y establecer una estrategia de autogestión de mantenimiento sólida. Se realizó un análisis del estado presente en los procesos de producción y de mantenimiento, se desarrolló una estrategia para instaurar el TPM en la compañía y se estimó un TIR del 28%.

Muñoz (2019) en su trabajo verificó que un 13% de las OT corresponden a intervenciones de corrección, en el año 2018 se llevaron a cabo 345 reparaciones correctivas, con un costo total de mantenimiento que superó los 2 millones. Finalizó asegurando el adecuado rendimiento de las maquinarias en la instalación y la disminución de los gastos de mantenimiento, sirviendo como un indicador de la productividad.

2.1.2. Nacionales

Lopez (2021) en su un estudio tuvo propósito principal aumentar la accesibilidad operativa. Al examinar el primer trimestre 2020 y 2021, se observó un incremento en la accesibilidad operativa, elevándose de un 89.62% a un 97.38%. Este aumento se asoció con la disminución en la cantidad de fallos, pasando de 17 a 1. El éxito en la aplicación del mantenimiento independiente, la atención preventiva y la estrategia de mantenimiento fueron elementos esenciales en la significativa disminución observada. Se concluyó que la aplicación del TPM, integrados con las 5'S y la acreditación de equipos de control de calidad, resultó en una notable mejoría en la identidad organizacional. La eficiencia operativa registró un aumento sustancial gracias a una mayor ordenación y limpieza en los espacios laborales, y se notó una disminución en la cantidad de retrabajos, reduciéndose de 5 a 3 en el primer trimestre del 2021.

Reyes (2020) llega a la conclusión de que la aplicación del TPM permitió incrementar la accesibilidad mecánica de los automóviles del 80% al 90%. Además, se incrementó el número de recorridos o desplazamientos de 90 a 126. Esta medida también condujo a una mejoría significativa en el ordenamiento y la higiene dentro de los espacios laborales, la puesta en marcha de un plan de mantenimiento preventivo (PMP) y una notable disminución en los gastos de mantenimiento.

Lama y Alayo (2021), en su trabajo de grado tomó como el punto de partida hacia una transición Lean, presentando un esquema que integra los principios de aplicar un TPM en una compañía del sector de la minería. Asimismo, se examina la importancia de utilizar un parámetro distintivo de la industria minera como el OEE o el IPM. Con el fin de evaluar la factibilidad de la iniciativa, se lleva a cabo un análisis de caso, abordando cada problemática identificada mediante la elaboración de los componentes esenciales del modelo sugerido, con el propósito de lograr una mejora en la eficiencia de la maquinaria de minería. Los impactos de implementar la fueron evaluados mediante un proceso de

simulación para turbinas, revelando una mejora anticipada de la OEE de hasta +20,0pp para este tipo de maquinaria. Debido a su adaptabilidad en todas las fases, este modelo puede ser aplicado en diversos entornos mineros. Al implementar estas estrategias, se insta una cultura organizacional que prioriza la eficiencia operacional.

Velezmore y Solís (2019), en su estudio seleccionaron el método y las herramientas LM para su implementación, logrando una mejora del 33% en la regularización de los protocolos operacionales, un incremento del 20% la disposición de las funciones y una mejora del 42% en el reabastecimiento normalizado del inventario. La aplicación del TPM llevó a una disminución del 40% en el intervalo dedicado a la higiene y del 60% en el período de reconocimiento de maquinarias y finalizar con el RCM, resultando en un incremento del 25,81 en el MTBF y en una disminución del 54% en el MTTR Finalmente, se logró elevar la accesibilidad en un 13,26%, generando un incremento anual productivo de 8.618 m³. El informe finaliza ofreciendo sugerencias para dar continuidad a la iniciativa dentro de la compañía.

Martínez y Minchan (2019), Realizaron un estudio orientado a optimizar la gestión del sostenimiento en una operación minera en La Libertad, con el objetivo de incrementar la disponibilidad mecánica de una flota específica compuesta por equipos camiones Mercedes Benz Actros 4144K y excavadoras CAT 390D. Mediante una metodología descriptiva se identificaron los establecimientos críticos que afectan la productividad mecánica, tales como el incumplimiento de los planes de mantenimiento previo, los problemas en la gestión logística de repuestos, la falta de procedimientos estandarizados, la carencia de sistemas de control de fallas y la falta de entrenamiento del equipo técnico. La implementación de medidas correctivas fundamentadas en estos hallazgos resultó en una mejora sustancial de los indicadores de disponibilidad mecánica.

Díaz y Medina (2020), realizaron una investigación enfocada en la reducción de tiempos infructuosos para optimizar la eficiencia operacional de equipos de carga y transporte en el Pampa Verde de la minera La Zanja. El estudio, basado en una metodología cuantitativa con diseño transversal descriptivo no experimental, reveló impactos significativos en la productividad: los tiempos improductivos en operaciones de carguío resultaron en 65,185 toneladas no movilizadas durante 78.6 horas, mientras que en transporte se registraron 22,323 toneladas no movilizadas en 180.81 horas. La implementación de estrategias de mejora logró una reducción de tiempos improductivos del 10.52% en equipos de carguío y 11.07% en transporte, traducidos en incrementos productivos de 425.44 toneladas (4.14%) y 426.62 toneladas (6.22%) respectivamente. Los resultados evidenciaron una correlación directa entre la optimización de tiempos operativos y la mejora en indicadores de productividad.

Salgado (2020), este trabajo de tesis se basó en el empleo de la lógica analítica y se caracterizó por ser descriptivo, explicativo y preexperimental. Se examinaron los resultados del análisis de indicadores operacionales como la utilización y disponibilidad de equipos de transporte para mineral y desmonte, abarcando el periodo de enero a junio de 2019. Para la recolección de datos, se recurrió a la revisión de documentos y al recopilamiento de datos específicos de la unidad minera Huarón. Se concluyó con un análisis técnico y financiero del sistema de transporte desde las áreas de carga del nivel 100 de la vena Gavia, situada en la parte sur del yacimiento, hasta los puntos de descarga. Además, se evaluaron las causas que impactan la eficiencia de los equipos de transporte usando el análisis de Pareto, relacionándolo con el plan de producción y el costo unitario de transporte. El análisis determinó distancias desde los puntos de carga en la vena Gavia hasta la entrada de la mina de 4.65 kilómetros, y de ahí a la planta, 0.89 kilómetros. Durante el periodo analizado, se transportaron 437,212.72 toneladas de material en 21,754 viajes, con un costo total de transporte de 870,138.77 dólares. El costo unitario presupuestado fue de 2.2 USD/tonelada y el real de 1.99 USD/tonelada, representando un ahorro de 0.21 USD/tonelada. La utilización del análisis de Pareto permitió identificar las principales causas que afectan la eficiencia del sistema de transporte, siendo las más significativas el transporte con y sin carga, que representó el 49.15%, seguido por el proceso de carga, con un 12.59%. El estudio resaltó que el mayor volumen de tonelaje transportado en 2019 fue de 22,140 toneladas a un valor de 140.13 USD/tonelada, generando ingresos adicionales y mejorando la eficiencia de los equipos de carga y transporte, lo cual incide directamente en la mejor utilización de los equipos. El total de mineral transportado alcanzó las 317,656.48 toneladas, con un costo de transporte de 634,321.32 dólares y un costo unitario de 2.00 USD/tonelada, mientras que el desmonte transportado fue de 119,556.24 toneladas, con un costo de 235,817.45 dólares y un costo unitario de 1.97 USD/tonelada.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mantenimiento

Su principal tarea es mejorar la confiabilidad de los aparatos y máquinas en una organización, por medio de la elaboración, implementación y revisión sistemática de enfoques para el cuidado anticipado. Se establece un vínculo claro entre el rendimiento eficaz de los aparatos y las estrategias de cuidado (Guerra y Oca, 2019).

2.2.2. TPM

El TPM introduce una visión vanguardista en la administración de cuidados en contextos de manufactura. Destaca la importancia de la cooperación grupal, la eficacia y una gestión completa de la administración de máquinas y equipos, abordando desde

la fase inicial de planeación hasta el término de su trayectoria vital. Su inicio proviene del segmento de transporte automotor, no obstante, su efecto positivo en el rendimiento, la utilidad, la administración y la excelencia han captado la atención a nivel global, trascendiendo las fronteras de Japón. En 1971, se estrenó la terminología "Mantenimiento Productivo Total" por el "Instituto Japonés de Ingenieros de Planta", dedicado actualmente a servicios de asesoramiento, estudio e instrucción para ingenieros industriales (Canahuza, 2021).

2.2.3. Consejos para el mantenimiento

Las iniciativas de mantenimiento constituyen elementos fundamentales e imprescindibles para garantizar y sostener un entorno manufacturero altamente organizado y eficiente. Estas propuestas estratégicas comprenden las siguientes dimensiones:

- **Mejoras focalizadas**, constituyen un conjunto sistemático de acciones meticulosamente planificadas y estructuradas, orientadas a optimizar el funcionamiento integral y sinérgico de la infraestructura, maquinaria, procedimientos operativos y establecimientos industriales, mediante la identificación, análisis y consecuente reducción o eliminación de elementos improductivos o desperdicios en los procesos productivos (Castillo et al., 2018).

- **Mantenimiento autoadministrado**, representa un paradigma de gestión que promueve y facilita la participación activa y comprometida del personal operativo de planta en la ejecución de actividades fundamentales de mantenimiento, incluyendo procedimientos sistemáticos de limpieza, lubricación periódica y la realización de ajustes técnicos elementales en el equipamiento y maquinaria industrial bajo su responsabilidad directa (Castillo et al., 2018).

- **Mantenimiento planificado**, comprende una estrategia integral que incorpora acciones coordinadas de corrección, prevención y anticipación de potenciales problemas en los sistemas y equipos industriales, fundamentándose en la gestión sistemática de bases de datos históricos, la administración eficiente de recursos materiales y humanos, y la implementación de soluciones tecnológicas avanzadas (Castillo et al., 2018).

- **Mantenimiento de alto nivel**, establece un enfoque especializado en la optimización de la calidad manufacturera mediante la identificación, análisis y reducción sistemática de las variabilidades e inconsistencias operativas presentes en los sistemas y equipamiento industrial (Castillo et al., 2018).

- **Prevención del mantenimiento**, constituye un proceso proactivo implementado estratégicamente durante las etapas críticas de diseño, construcción e implementación operativa de los equipos industriales, con el objetivo fundamental

de minimizar los requerimientos futuros de intervenciones de mantenimiento correctivo (Castillo et al., 2018).

- **Mantenimiento en áreas administrativas**, engloba un conjunto integrado de acciones estratégicas que incluyen procesos de planificación sistemática, desarrollo organizacional y gestión administrativa, orientadas a proporcionar y analizar información crítica relacionada con los procesos de fabricación y productividad industrial (Castillo et al., 2018).

- **Entrenamiento y capacitación**, comprende un programa estructurado de formación y desarrollo continuo del personal técnico y operativo, diseñado para desarrollar competencias en la interpretación y respuesta efectiva ante indicadores de producción, garantizando así la operación óptima y el mantenimiento eficiente de equipos y herramientas industriales (Castillo et al., 2018).

2.2.4. Excedentes del TPM

Los desperdicios o mermas del TPM son:

- **Interrupciones mecánicas**, la mera identificación y documentación de las averías en los equipos resulta insuficiente para una gestión efectiva. Resulta fundamental desarrollar una comprensión profunda y sistemática de los factores causales que generan estas demoras operativas. El análisis detallado de los elementos que inciden en las interrupciones constituye un pilar esencial para la implementación de intervenciones exitosas. Resulta imperativo que el personal operativo comprenda claramente si las pausas no programadas se originaron debido a deficiencias en la capacitación del personal, deterioro del equipamiento o insuficiencias en los programas de mantenimiento preventivo (Landeros et al., 2019).

- **Ajustes y alistamientos**, la comprensión profunda de los tiempos de transición entre procesos ejerce una influencia determinante en la eficiencia de los ajustes y procedimientos de alistamiento. Las limitaciones en la capacidad del personal para establecer objetivos claramente definidos durante los procesos de evolución operativa, combinadas con la carencia de infraestructuras técnicas adecuadas, constituyen barreras significativas para la optimización y reducción de los tiempos improductivos (Landeros et al., 2019).

- **Demoras y pausas mínimas**, los intervalos breves e interrupciones aparentemente insignificantes poseen el potencial de generar impactos significativamente adversos en los indicadores de productividad y en la utilización eficiente de recursos operativos. Los parámetros e indicadores de excelencia operacional pueden experimentar alteraciones sustanciales incluso por interrupciones de duración relativamente corta en los procesos productivos (Landeros et al., 2019).

- **Disminución del ritmo operativo**, la eficiencia en los procesos productivos experimenta afectaciones directas relacionadas con las variaciones en la velocidad de línea, particularmente cuando el personal operativo no dispone de la infraestructura tecnológica y recursos adecuados para el desarrollo óptimo de sus funciones. Se ha observado que el personal tiende a incrementar su desempeño por encima de los estándares habituales cuando se implementan sistemas efectivos de supervisión y monitoreo (Landeros et al., 2019).

- **Correcciones y devoluciones**, el proceso de identificación y análisis de las causas fundamentales que generan pérdidas económicas requiere una comprensión exhaustiva de la cantidad de elementos que fueron sometidos a procesos de rechazo o revisión, así como un análisis detallado de los factores causales que motivaron dichas acciones correctivas (Landeros et al., 2019).

- **Pérdidas durante las modificaciones**, durante las fases iniciales de los procesos productivos, las organizaciones frecuentemente experimentan pérdidas significativas de materias primas, especialmente durante los procedimientos de puesta en marcha y calibración del equipamiento industrial. En contextos donde las líneas de fabricación experimentan ciclos frecuentes de activación y reinicio, estas condiciones pueden representar oportunidades significativas para la implementación de mejoras operativas sustanciales (Landeros et al., 2019).

2.2.5. Avería

Una anomalía es equivalente a desperfecto, deficiencia, inconveniente, deterioro, menoscabo, entre otros. Una avería mecánica se refiere a una imperfección o vulnerabilidad que entorpece que un activo opere según lo previsto en diversas circunstancias, como la operatividad, la preservación, el rendimiento, la excelencia, la salvaguarda, etc. (Canahua, 2021).

Dada la amplitud del concepto, es necesario llevar a cabo una clasificación fundamentada en diversos factores:

Forma de manifestación y evolución:

- Gradual, también identificado como gradual o paramétrico, se manifiesta a través de una merma gradual de la excelencia de cierto elemento del rendimiento de un proceso de manufactura.

- Inesperado, esta modalidad de fallo ocurre de manera imprevista y sin previo aviso, siendo prácticamente indetectable.

De acuerdo con la manera en que afecta el proceso:

- Limitado, también denominada "incompletas", estas disfunciones no generan una interrupción instantánea del equipo o del proceso afectado, aunque sin impactan en su operatividad.

- Completo, en caso de que esto suceda, es imperativo apagar de inmediato la máquina o la línea de producción.

De acuerdo con el instante en el que ocurran:

- Inicial, aquellos que surgen durante la etapa manufacturera (o en la el período de ensayo) son conocidos como imperfecciones iniciales.

- Por desgaste, surgen como consecuencia de las fallas recurrentes e imprevisibles que ocurren en cualquier componente de la maquinaria conforme se prolonga el período de utilización.

De acuerdo con la duración continua del fallo en el tiempo:

- Consistente, de la misma manera que las averías, estos inconvenientes se resuelven al reparar la parte averiada.

- Transitorio, igualmente identificados como temporales, estos incidentes suelen ser inesperados y se resuelven de manera autónoma con el tiempo.

- Irregular, hacen referencia a las situaciones que emergen como consecuencia de la ejecución de una labor, y pueden involucrar cambios en el grado término, cadencia operativa, entre otros.

Conforme a la causa del inconveniente:

- Inmediato o vinculado, son inconvenientes que parecen manifestarse de manera consistente con un componente específico de maquinaria.

- Indirecto o independiente, son averías que surgen como consecuencia directa del uso de otros componentes del sistema de fabricación.

Según los detalles de la avería:

- Manifiesto, se refieren a los percances de los que se sabe más o menos lo que ha fallado gracias a los registros, los relatos de testigos presenciales, las mediciones, etc.

- Oculto, estos sucesos tienen lugar cuando no se han llevado a cabo los procedimientos para identificar el fallo ni la aplicación de estas estrategias.

2.2.6. Mejoramiento constante

Se pueden adoptar dos enfoques para gestionar el mejoramiento constante: uno como una mentalidad o enfoque laboral y otro que se presenta como un sistema diseñado para mejorar las tareas diarias en elementos como rendimiento productivo, normas de excelencia, monitoreo de gastos, salvaguarda, grado de bienestar, extensión de los períodos de manufactura, período de contestación y fiabilidad del procedimiento. El mejoramiento continuo se presenta como un proceso orientado hacia la acción y respaldado por la cooperación grupal, promoviendo la noción de que cada miembro del personal se involucra de manera activa y asumen la tarea conjunta de dirigir a la compañía hacia su meta de excelencia. Se requiere no sólo instaurar un sistema, sino

también formación permanente, adherirse a una perspectiva gerencial y comprometer la participación de todos los involucrados (Agudo et al., 2017; Aldea, 2021).

De igual manera, Zambrano y Almeida (2018), exponen que el mejoramiento continuo implica examinar evaluar y realizar cambios en los procedimientos de entidad con el fin de disminuir de manera sostenible los errores. La implementación de actividades o estrategias en la gestión empresarial que orientan diversos procesos (como comercialización, servicio al cliente, fabricación, entre otros) hacia estándares de calidad y excelencia representa la práctica de mejoramiento continuo.

Además, fomentar internamente una cultura enfocada en la calidad, establecer metas definidas para guiar las acciones y monitorear los avances, así como reconocer y celebrar los logros externamente, son elementos fundamentales dentro del procedimiento de mejoramiento continuo requerido por la normativa ISO 9001. El mejoramiento continuo demanda una visión integral coherente, un personal debidamente capacitado y las herramientas apropiadas (Medina et al., 2019).

2.2.7. LM

Es un modelo de operación orientado hacia los individuos que busca optimizar y hacer más eficiente un proceso productivo mediante la detección y supresión de cualquier tipo de residuos, caracterizado por la sobreutilización de recursos en sus operaciones y tareas. LM puede se puede describir como la implementación metódica de un conjunto de herramientas diseñadas para perfeccionar las operaciones, con una atención especial en la eliminación de los desperdicios en la producción, incluyendo la producción en exceso, los intervalos de inactividad, el cambio de ubicación, el proceso adicional, el almacenaje, la movilización y las imperfecciones. El propósito fundamental consiste en reconocer y suprimir cualquier elemento que no agregue valor al cliente.

Este marcó el inicio de la separación entre el ser humano y la máquina, al notificar al operario que la máquina requería cuidado. Al realizar esto, un operador tendría la capacidad de manejar múltiples máquinas simultáneamente, lo cual influye considerablemente en la eficiencia operativa. Toyoda estableció la compañía En 1929, Toyota vendió los derechos de su compañía de tejidos y encomendó a su hijo que invirtiera en el sector automotriz.

Debido a la escasez de materias primas, Toyota y otras compañías niponas eran conscientes de su posición débil en la industria a medida que la economía se estabilizaba después de la II Guerra Mundial. Al concluir esta en 1945, los líderes empresariales nipones iniciaron la búsqueda de los métodos más efectivos en los Estados Unidos.

Se focalizaron en las prácticas empleadas por “Ford Motor Company” y el sistema estadístico de supervisión de operaciones de “Dr. W”. Los principios de W. son igualmente integrados por “Shewart”. Las personalidades más destacadas son “Kaoru Ishikawa”, “Joseph Moses Juran” y “Edwards Deming”. El “Sistema de Producción Toyota”, concebido por Toyota y posteriormente evolucionado hacia TQM, TPM y en última instancia, se consolidó como Lean en los años noventa, tiene sus fundamentos en el concepto de Just in Time, que se originó inicialmente a comienzos de 1950 bajo la premisa "producir únicamente lo que el cliente requiere". Su atención se centró específicamente en el mejoramiento de la operación productiva y se originó dentro de la empresa nipona “TOYOTA”. La creatividad fundamental de este enfoque consistió en mejorar la eficiencia de la fabricación al disminuir o suprimir el tiempo improductivo, destrezas y fondos económicos (Canahua, 2021, p, 36).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y tipo de investigación

3.1.1. Método de investigación

La presente investigación implementa la metodología deductiva, fundamentada en el análisis sistemático que parte desde principios generales hacia conclusiones específicas mediante un proceso de razonamiento lógico estructurado (Hernández y Mendoza, 2018).

El estudio corresponde al tipo de investigación aplicada, caracterizada por su orientación hacia la resolución de problemáticas concretas que impactan en el contexto social y el ámbito productivo (Arias, 2014).

La investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, el cual facilita la identificación de patrones, la determinación de medidas estadísticas, el establecimiento de predicciones y la comprobación de relaciones entre variables para obtener resultados representativos de poblaciones extensas (Hernández et al., 2018).

El nivel de investigación es descriptivo, se enfoca en observar, analizar y detallar características, comportamientos o fenómenos específicos de una población o situación, sin manipular variables. Su propósito principal es describir cómo son o cómo se manifiestan los elementos estudiados en un contexto determinado. (Hernández et al., 2018). Se implementa un diseño preexperimental – longitudinal.

La característica preexperimental se fundamenta en la aproximación a condiciones experimentales, considerando las limitaciones en el control de variables que inciden en la validez interna. La dimensión longitudinal permite el análisis sistemático de los fenómenos a través de diferentes intervalos temporales, posibilitando la comprensión de su evolución (Arias, 2014).

3.1.2. Diseño de la investigación

La estructura metodológica seleccionada representa el marco operativo mediante el cual se efectuó la recolección sistemática de datos para el presente estudio. La investigación se fundamentó en un diseño preexperimental, caracterizado por ejercer un control experimental de nivel intermedio sobre las variables. Esta modalidad investigativa funciona como punto de partida idóneo para la exploración inicial de los fenómenos emergentes en el contexto estudiado (Hernández y Mendoza, 2018).

3.2. Población y muestra

Población

En el contexto de la investigación científica, el término población engloba el conjunto integral de elementos que comparten atributos distintivos dentro de coordenadas espaciotemporales específicas (Hernández y Mendoza, 2018). En el marco del presente estudio, dicha población estuvo constituida por un total de doce (12) unidades de carguío operativas en una compañía del sector minero ubicada en la región de Arequipa.

Muestra

Desde la perspectiva metodológica, la muestra constituye una fracción representativa extraída del universo poblacional, a partir de la cual se obtienen los datos necesarios para el análisis (Hernández y Mendoza, 2018). La investigación se orientó a diagnosticar las condiciones operativas actuales de los equipos de carguío. Dada la dimensión reducida del universo poblacional, se implementó un muestreo censal, definido por Logan (2018) como la metodología que incorpora la totalidad de los elementos poblacionales para la obtención de información. Bajo este criterio, se seleccionaron seis equipos de carguío pertenecientes a la empresa objeto de estudio, priorizando aquellas unidades que evidenciaron una mayor frecuencia de incidencias operativas durante el período anual previo. La selección se efectuó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia.

3.3. Recolección de datos

Técnicas

Las técnicas de obtención de datos comprenden las diversas maneras o modalidades de adquirir información (Hernández y Mendoza, 2018). La recopilación de datos desempeña un papel fundamental en la ejecución de este estudio, ya que permitió poner a prueba las hipótesis, abordar las interrogantes de investigación y alcanzar los objetivos planteados, todos derivados de la investigación sobre temática estudiada. En esta investigación se empleó la observación directa, el análisis de contenido y dimensional, diseño y cálculo de fuerzas. Aunado a ello, se empleó la observación directa, la cual consta de un formato de control con la finalidad de registrar actividades, controlando una serie de requisitos de forma sistemática. Además, se abordó el análisis documental, conjunto de operaciones que se encuentran relacionadas en representar un documento, bajo distintas formas de lo original, con el propósito de identificar cualquier anomalía.

Instrumentos de recolección de datos

Actualmente, los investigadores pueden utilizar todo tipo de métodos, desde encuestas hasta entrevistas y análisis de contenido, para obtener datos sobre el terreno. La revisión de contenido y la observación (registro fotográfico) se utilizaron para recopilar los datos de este

proyecto. Se utilizó como instrumentos la observación directa y la ficha de recolección histórica de datos de mantenimiento de la organización. Asimismo, se empleó los indicadores de mantenimiento de la organización en 6 meses de periodo de revisión.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Evaluación del contexto actual

Análisis organizacional

La minera es una de las empresas líderes en innovación en este campo, concentrándose en la extracción de cobre en el Perú. Con la reciente apertura de su segunda planta de procesamiento, la empresa ha incrementado considerablemente su producción por flotación, pasando de 120.000 TMD a 360.000 TMD. Esta ampliación supone un incremento aproximado de 600 millones de libras anuales de cobre y 15 millones de libras anuales de molibdeno. Además, la instalación de lixiviación tiene una capacidad de procesamiento de 40.000 TMD.

Esquema del proceso productivo de la entidad

Como en cualquier corporación, se desarrolla un esquema de métodos que abarca desde el manejo y ajuste de la materia prima (recolección) hasta la entrega del producto terminado, ya sea para su envío al exterior o para su utilización interna dentro del país. En este contexto, se presenta la figura 1. Además, en el marco de la investigación, se evaluó el proceso de secuencia de producción de la compañía minera, donde se emplean equipos de carga para el traslado de los materiales residuales y de interés para las etapas mineras subsiguientes.



Figura 1. Esquema de secuencia de producción de la compañía minera.

Diagrama de flujo de operaciones en el proceso productivo de la entidad

En línea con los principios generales de la ingeniería de métodos para entender el funcionamiento de fabricación de la organización, se presenta la figura 8, que incluye las tareas fundamentales de operación e inspección. En términos generales, se describen un conjunto de 18 tareas, donde 16 se centran en las operacionales, mientras que 3 están vinculadas con la selección de alternativas y la documentación. Por lo tanto, se expone a continuación:

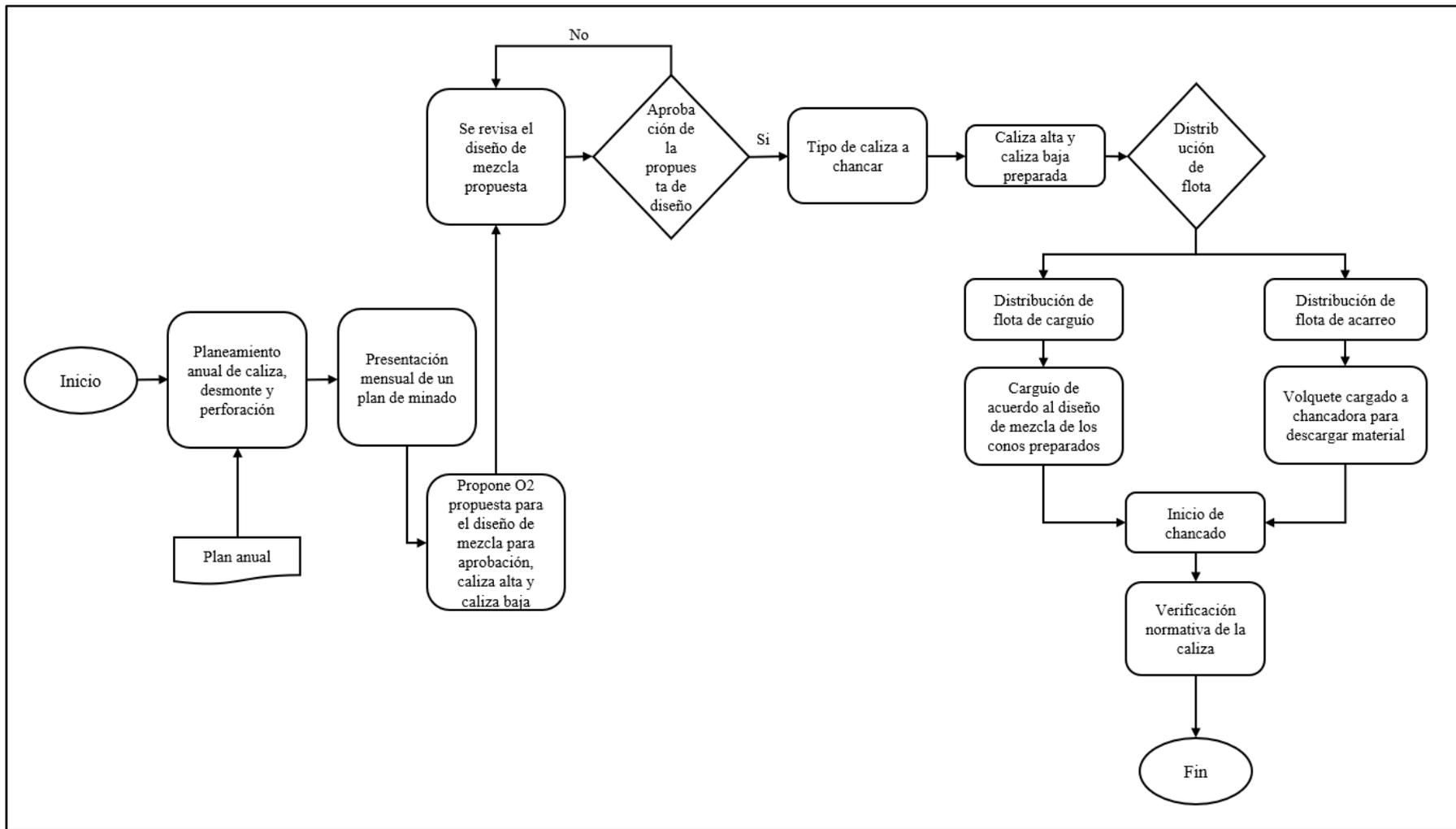


Figura 2. Diagrama de tareas del proceso de fabricación de la compañía

Evaluación de los equipos de carga

Dentro del entorno institucional, los equipos de carga sin transporte se dividen en: excavadoras eléctricas con cableado, retroexcavadoras, excavadoras con sistemas hidráulicos y neumáticos, los cuales se emplean frecuentemente en actividades mineras de superficie. Estos equipos tienen la función de transportar la carga en una unidad móvil de traslado o de colocar directamente el producto extraído en una ubicación designada.

Respecto a la operatividad, estos vehículos son principalmente utilizados en el sistema DISPATCH, el cual constituye una infraestructura para la administración de operaciones mineras de amplio alcance, haciendo uso de herramientas avanzadas en el campo informático y de telecomunicaciones de datos, como el sistema de posicionamiento global. Este sistema permite realizar la asignación eficiente de las labores a los camiones de forma automatizada, optimizando el aprovechamiento del tiempo y minimizando las pérdidas de manera instantánea. Además, el sistema documenta los puntos cruciales de cada fase del proceso de transporte, realiza transferencias inmediatas de información y descifra los datos suministrados por los operadores en sus tableros de control. De esta manera, se recopila, almacena y analiza un gran volumen de información para mejorar la productividad y eficiencia de la mina, a través de una mejora verificable en la eficiencia de la flota.

El traslado y manipulación representan una parte considerable de los gastos operacionales de la mina, que incluyen la contratación de personal y la administración. Se dedica una labor significativa en examinar y elegir la conexión adecuada entre los dispositivos de carga y los camiones. Dado que el traslado constituye entre el 40% y el 50% del gasto global de la operación extractora, es necesario realizar esfuerzos adicionales para perfeccionar esta etapa. Mejorar esta área puede tener un impacto positivo en los gastos por cada unidad productiva, resguardando la eficacia operativa de los vehículos de carga.

Es necesario llevar a cabo diversas tareas tanto antes de iniciar la operación de la maquinaria de transporte como durante su operatividad y detención. Esta situación responde a las especificaciones singulares de estas maquinarias y al peligro intrínseco que representan tanto para los operarios como para otras personas en la obra.

Una vez completada la fase de carga, el vehículo debe desactivar los frenos de carga y avanzar cuidadosamente fuera del área de carga, siguiendo las trayectorias y orientaciones establecidas previamente según el tipo de carga. Si se trata de materiales geológicos, se encaminará hacia la instalación de trituración; si es un depósito de baja concentración o sustrato no aprovechable, se dirigirá al área de depósito. Durante el traslado, es crucial llevar a cabo todas las acciones con la debida precaución para evitar fugas de carga en la vía,

especialmente en trayectorias con pendientes pronunciadas. Si se detectan obstáculos en el trayecto, como peñascos, es importante comunicarlo inmediatamente para proceder con la limpieza de la vía. De manera similar, se aplicará el mismo procedimiento si se encuentran fisuras en el camino.

La etapa de vaciado de materiales consiste en descargar los vehículos en ubicaciones preestablecidas, que pueden incluir instalaciones de trituración, áreas de depósito o almacenes de inventario. Para posicionar el vehículo en la zona de vaciado, se debe realizar marcha atrás con precaución, utilizando exclusivamente el pedal de freno para detenerlo y mantenerlo en posición.

En la fase de vaciado, debe configurarse el interruptor de cambios de la transmisión en "Neutral" y activar el freno de mano utilizando la manivela o conmutador adecuado. Antes de iniciar el vaciado, verifique que no haya personas ni elementos situados en la parte trasera de la máquina. Deténgase en la ubicación correcta y asegúrese de que no haya personas ni elementos en la sección trasera de la máquina. Realice la indicación previamente establecida y avance de manera gradual para manejar la caja del vehículo. Si es necesario, utilice cuñas para inmovilizar los neumáticos o coloque una barrera de protección.

Durante las maniobras de descarga en terrenos inclinados, la estabilidad del equipo podría estar en riesgo, aumentando el peligro de volcamiento. Es esencial llevar a cabo estas tareas con sumo cuidado. En situaciones de vaciado de peñascos grandes o materiales que tienden a pegarse, existe el riesgo de que el material se descargue demasiado rápido, generando movimientos bruscos e imprevistos en la caja. Este cambio abrupto podría causar movimientos violentos en el vehículo, lo que podría dañar al operario y/o los mecanismos hidráulicos, la estructura o los tornillos del pivote del chasis del vehículo. Por lo tanto, es necesario realizar el procedimiento con extrema lentitud y meticulosidad.

Se recomienda evitar acciones indebidas durante el vaciado, como usar la caja para desplazar material terroso, descargar sobre acumulaciones preexistentes y bajar la caja antes de proceder con el avance.

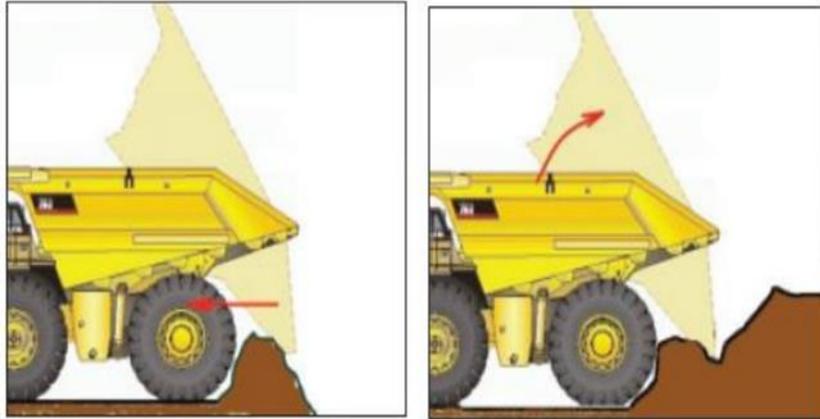


Figura 3. Visualización de la operación de descarga de los equipos de carga

Detalle: Guía de procedimientos para la operación de equipos de carga.

Estimación de la disponibilidad presente de los equipos de carga en la compañía

De manera coherente, se presenta la muestra de equipos de carga en el contexto de este estudio de caso. La tabla 3 detalla el serial, el código de referencia interno y el tiempo registrado (horómetro) para sus respectivas actividades.

Tabla 3

Conjunto de maquinaria de carga para la trituración de caliza

| #. | Variante | Nomenclatura | Horómetro |
|----|----------|--------------|-----------|
| 1 | B6W-821 | V-155 | 23538 |
| 2 | AVQ-923 | V-430 | 16938 |
| 3 | ALM-733 | V-341 | 16942.5 |
| 4 | AVR-754 | V-424 | 16610 |
| 5 | ALM-871 | V-332 | 14121 |
| 6 | ASL-854 | V-365 | 16410.2 |
| 7 | ALN-716 | V-342 | 11460 |
| 8 | AVQ-809 | V-431 | 17119 |
| 9 | AVQ-836 | V-428 | 18304.2 |
| 10 | AVQ-922 | V-409 | 16176.5 |
| 11 | C8L-871 | V-211 | 18556.1 |
| 12 | ALN-747 | V-343 | 16694 |

Detalle: extraído del plan de mantenimiento de la compañía minera.

En la actualidad, la administración y mantenimiento de interrupciones planificadas, la compañía dispone de valores o medidas que se sitúan en el extremo interior de los intervalos definidos para los equipos de carga en el ámbito de la minería, a través del monitoreo y valoración del desempeño de este procedimiento de mantenimiento para una docena de

equipos de carga, se plantea aumentar la operatividad mecánica de esos equipos, estas mismas tácticas están alineadas con los lineamientos de cuidado y metas corporativas. Además, a través de la información proporcionada por la compañía y los documentos analizados, es posible destacar y divulgar los valores vigentes relativos a los parámetros de mantenimiento.

En este sentido, se exponen los valores aceptables de parámetros de mantenimiento para maquinaria de carga y pesada en el sector de minería.

Tabla 4

Intervalo aceptable de parámetros de gestión de mantenimiento

| # | Parámetros | Sigla | Aplicación | Intervalo aceptable |
|---|---|-------|------------|--|
| 1 | Fiabilidad | R | SI | Superior al 90% |
| 2 | Disponibilidad | D | SI | Superior al 90% |
| 3 | Uso | %útil | SI | En un rango de 80% al 95% |
| 4 | Intervalo entre detenciones | MTBF | SI | 40 a 60 horas |
| 5 | Promedio de tiempo empleado en arreglos | MTTR | SI | 4 a 6 horas |
| 6 | Proporción de labores planificadas | %TPR | NO | Superior a 60% |
| 7 | Precisión del servicio | ES | SI | 95% |
| 8 | Gastos asociados al mantenimiento | CM | SI | Menos del 15% del total de facturación |
| 9 | Ingresos totales | FM | SI | Variable |

En consecuencia, se ilustró gráficamente la comparación entre las actividades programadas y no programadas, basándose en el punto 6 de la tabla 4, el cual sugiere que es necesario incrementar el % de tareas programadas al 60%, con el fin de lograr una programación efectiva en el marco del proceso de gestión de cuidado (la compañía en la actualidad se encuentra por encima del 60%, no obstante, se observa en la muestra analizada que ciertos equipos de carga están por debajo de este valor). Es importante señalar que la disponibilidad se materializa en los 4 meses anteriores a la puesta en marcha de la mejora, que abarcan los meses de mayo a agosto/2022. En este contexto, se muestran las figuras que siguen:

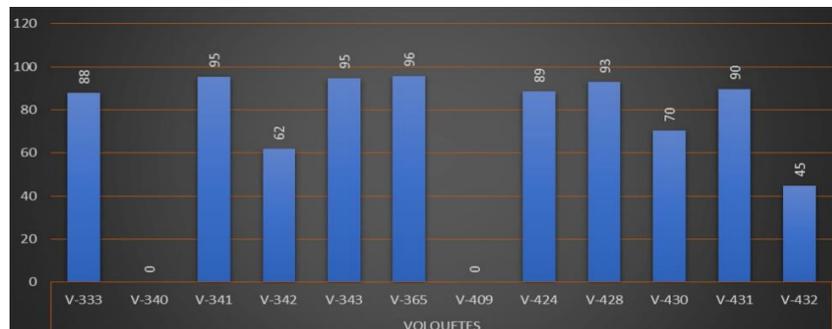


Figura 4. Disposición mecánica de los equipos de carga (mayo/2022)

Detalle: información de mantenimiento institucional.



Figura 5. Disposición mecánica de los equipos de carga (junio/ 2022)

Detalle: información de mantenimiento institucional.

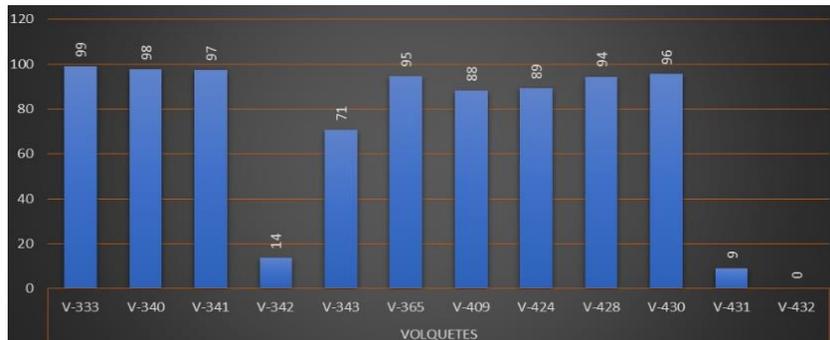


Figura 6. Disposición mecánica de los equipos de carga (julio/2022)

Detalle: información de mantenimiento institucional.

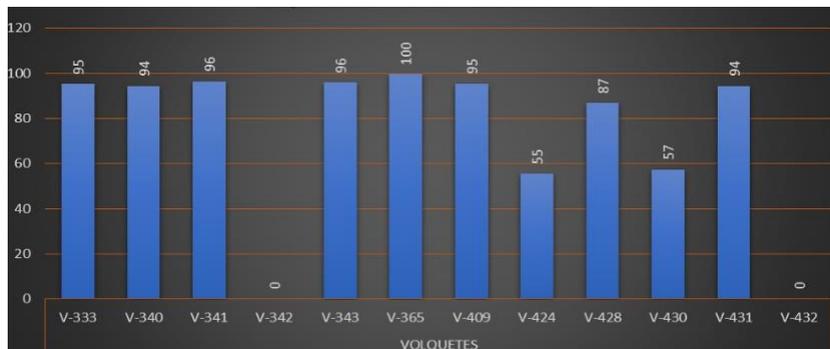


Figura 7. Disposición mecánica de los equipos de carga (agosto/2022)

Detalle: información de mantenimiento institucional

Determinación de la Disposición y confiabilidad in situ antes de la implementación de los equipos de carguío

Se presenta a continuación los horómetros de la flota de equipos considerada para el presente estudio tomando en consideración las ecuaciones establecidas de confiabilidad y disponibilidad de forma detallada.

Tabla 5*Flota de equipos de carguío*

| Nº | MODELO | SERIE | CÓD. INTERNO | HOROMETRO |
|----|---------|----------|--------------|-----------|
| 1 | 336 D2L | ZCT00235 | EX-00032 | 12367 |
| 2 | 336 D2L | ZCT00227 | EX-00031 | 13686 |
| 3 | 336 D2L | ZCT00549 | EX-00026 | 12517 |
| 4 | 336 D2L | ZCT00550 | EX-00027 | 12680 |
| 5 | 336 D2L | ZCT10204 | EX-00037 | 2640 |
| 6 | 336 D2L | ZCT10205 | EX-00038 | 1760 |
| 7 | 336 D2L | ZCT10206 | EX-00039 | 1230 |
| 8 | 336 D2L | ZCT10207 | EX-00040 | 1130 |

Dentro del proceso de sostenimiento de los equipos de carga de la organización, actualmente se establecen valores de indicadores de mantenimiento en cuanto a confiabilidad y disponibilidad por debajo de los parámetros establecidos para los equipos de carga pesada. A través del proceso de monitoreo y evaluación de la gestión de Lean Maintenance (LM) de los equipos de muestra, el propósito planteado es incrementar la disponibilidad mecánica y confiabilidad de los mismos. Esta propuesta se encuentra alineada con los objetivos, misión y visión de la organización. En este sentido, los valores actuales de disponibilidad de los servicios de conservación se establecen utilizando la información recopilada por la organización y los formatos desarrollados.

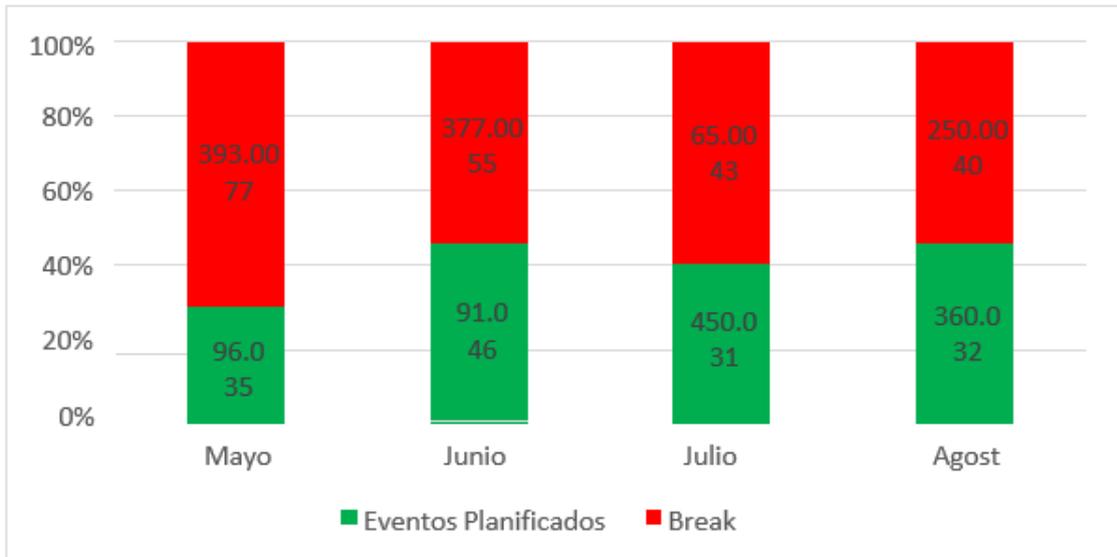
Para dar seguimiento al orden de ideas expuesto, se esclarecen en la siguiente tabla los valores admisibles de los indicadores de mantenimiento para el tipo de rubro establecido dentro del estudio.

Tabla 6*Rangos admisibles de los indicadores de gestión de mantenimiento*

| Nº | Indicadores de gestión | Abreviatura | Aplicación Actual | Rango Admisible |
|----|-----------------------------------|-------------|-------------------|-----------------|
| 1 | Disponibilidad | D | SI | >90% |
| 2 | Confiabilidad | R | SI | >90% |
| 3 | Utilización | %Útil | SI | 80% a 95% |
| 4 | Tiempo medio entre paralizaciones | MTBF | SI | (40 a 60Hr) |
| 5 | Tiempo medio para reparar | MTTR | SI | (4 a 6 Hr) |
| 6 | % de trabajos programados | %TPR | NO | >60% |
| 7 | Precisión de servicio | PS | SI | 95% |
| 8 | Costo de Mantenimiento | CM | SI | <15% FM |
| 9 | Facturación Total | FM | SI | Variable |

Nota: adaptado de Caterpillar (2005)

En tal sentido, se abordan gráficos comparativos sobre las actividades programadas y planificadas y no planificadas con base al rango número 6 presentado en la tabla 6 de indicadores de gestión de mantenimiento. Teóricamente se establece que si las actividades programadas deben superar el 60% para ser consideradas un asunto de gestión de mantenimiento totalmente efectivo, eficiente y eficaz; se evidencia en la siguiente figura que se encuentra en un porcentaje de 40%; tomando en un periodo muestral de 4 meses comprendidos entre mayo, junio, julio y agosto del año 2022.



Por consiguiente, se detallan los datos de fiabilidad y disponibilidad en la década vigente de los equipos dentro del periodo de estudio, que, según la tabla de rangos permitidos para equipos portantes, deben ser superiores al 90%.

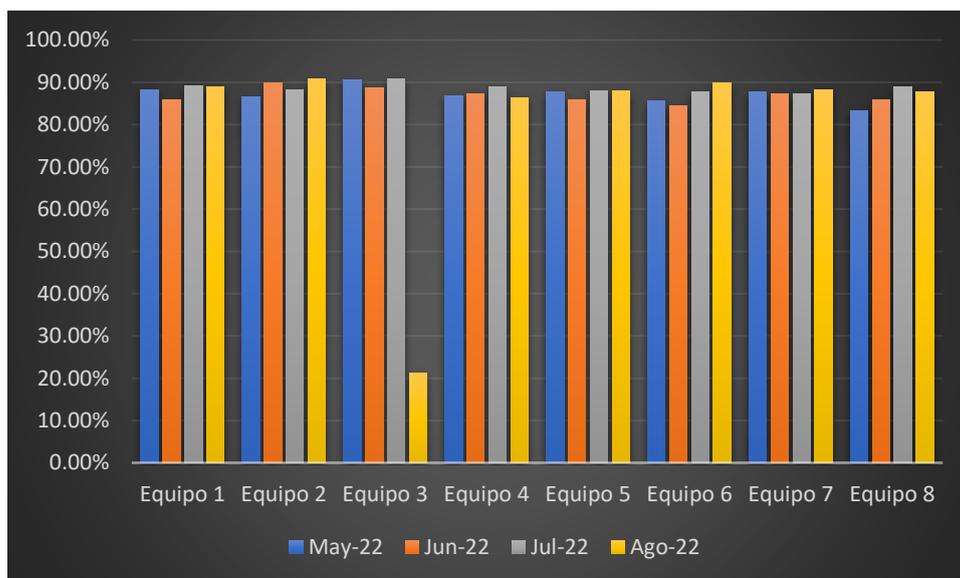


Figura 8. Valores de disponibilidad actuales de los equipos de carguío, considerando los indicadores y data histórica de la organización

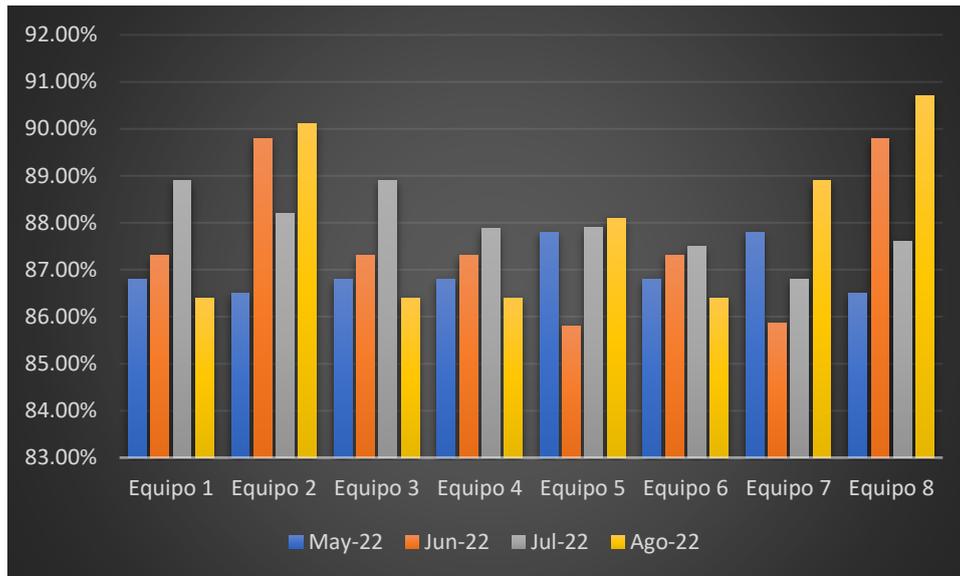


Figura 9. Valores de confiabilidad actuales de los equipos de carguío, considerando los indicadores y data histórica de la organización

Consecuentemente, se presenta a continuación la verificación de costos de mantenimiento que se le antepone a la implementación de Lean Maintenance. En tal sentido, fundamentándose en la tabla de indicadores de equipos carguío del rubro expuesto en el inciso, en relación al costo de mantenimiento; el mismo, debe ser equivalente a 15% de la elaboración y/o registro de la flota- en tal sentido se tiene:

Tabla 7

Costos de mantenimiento de los equipos de carguío

| MES | Antes de Aplicación de LM | | | | | Transición |
|--------------------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Total, sin LM | May-22 | Jun-22 | Jul-22 | Ago-22 | Sep-22 |
| Facturación Mensual (\$) | USD 802,275.8 | USD 285,249.6 | USD 262,362.2 | USD 254,664.0 | USD 281,232.0 | USD 320,760.0 |
| Costo de Mantto (\$) | USD 206,962.4 | USD 49,571.0 | USD 48,967.3 | USD 52,336.7 | USD 56,087.4 | USD 51,740.6 |
| % Costo de Mantto | 26% | 17% | 19% | 21% | 20% | 16% |
| Benchmark 15% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% | 15% |
| Rentabilidad Mensual | | 83% | 81% | 79% | 80% | 84% |

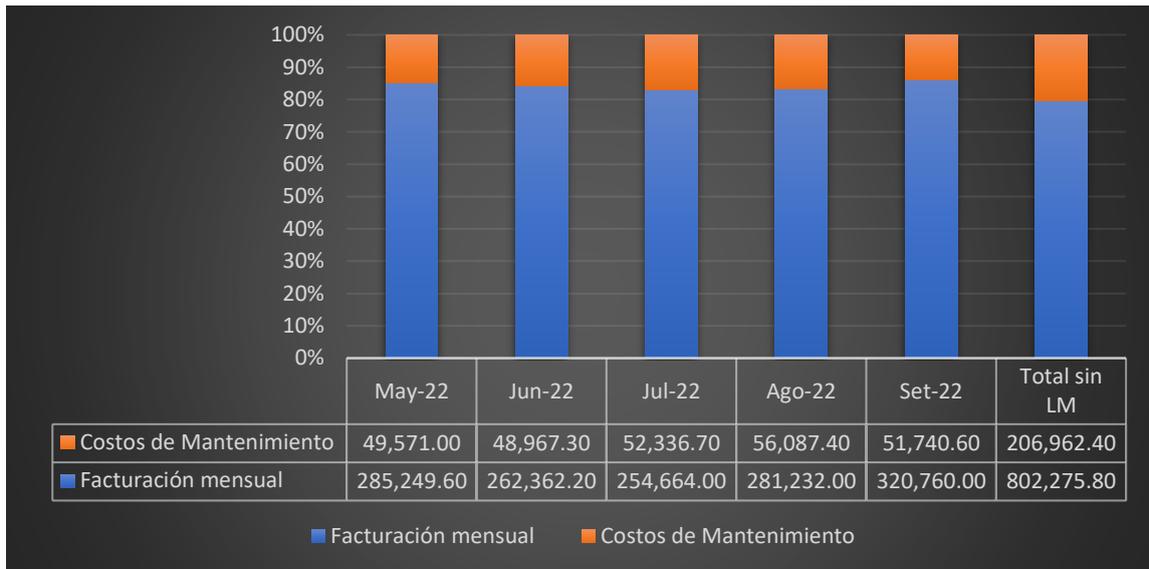


Figura 10. Facturación mensual de la organización en contraposición de los gastos de mantenimiento, considerando los indicadores y data histórica de la organización

Cálculos de confiabilidad y disponibilidad

Para detallar los cálculos de disponibilidad y confiabilidad, se utilizarán las siguientes ecuaciones:

1) Disponibilidad (D):

La disponibilidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

2) Confiabilidad (R):

Se establece por medio de la siguiente fórmula:

$$r = e^{-\frac{t}{MTBF}}$$

Disponibilidad y Confiabilidad de los Equipos de Carguío

Datos Iniciales:

Para calcular la disponibilidad y confiabilidad, utilizamos los datos del horómetro y los parámetros de mantenimiento proporcionados.

MTBF: Tiempo medio entre fallos (asumiremos un valor promedio basado en la tabla de indicadores de gestión).

MTTR: Tiempo medio para reparar (también asumiremos un valor promedio basado en la tabla de indicadores de gestión).

Para este ejemplo, usaremos los valores promedio de la tabla de indicadores:

MTBF: 50 horas (promedio de 40 a 60 horas).

MTTR: 5 horas (promedio de 4 a 6 horas).

Cálculos de disponibilidad

Se esclarece lo que se encuentra en las figuras anteriores con base a los siguientes cálculos:

Equipo 1: para mayo, junio, julio y agosto del año de estudio se tiene:

$$D = \frac{50}{50 + 5} * 100 = \frac{50}{55} * 100 \cong 90.91\%$$

Equipo 2: para mayo, junio, julio y agosto del año de estudio se tiene:

$$D = \frac{50}{50 + 5} * 100 = \frac{50}{55} * 100 \cong 90.91\%$$

Equipo 3: para mayo, junio y agosto del año de estudio se tiene:

$$D = \frac{50}{50 + 5} * 100 = \frac{50}{55} * 100 \cong 90.91\%$$

Sin embargo, para el mes de julio se establece la siguiente disponibilidad

$$D = \frac{20}{20 + 5} * 100 = \frac{20}{25} * 100 \cong 80\%$$

Equipo 4: para mayo, junio, julio y agosto del año de estudio se tiene:

$$D = \frac{50}{50 + 5} * 100 = \frac{50}{55} * 100 \cong 90.91\%$$

Equipo 5: para mayo, junio, julio y agosto del año de estudio se tiene:

$$D = \frac{50}{50 + 5} * 100 = \frac{50}{55} * 100 \cong 90.91\%$$

Equipo 6: para mayo, junio, julio y agosto del año de estudio se tiene:

$$D = \frac{50}{50 + 5} * 100 = \frac{50}{55} * 100 \cong 90.91\%$$

Equipo 7: para mayo, junio, julio y agosto del año de estudio se tiene:

$$D = \frac{50}{50 + 5} * 100 = \frac{50}{55} * 100 \cong 90.91\%$$

Equipo 8: para mayo, junio, julio y agosto del año de estudio se tiene:

$$D = \frac{50}{50 + 5} * 100 = \frac{50}{55} * 100 \cong 90.91\%$$

Cálculos de confiabilidad

Se esclarece la confiabilidad establecida en las figuras anteriores se establece lo siguiente:

Equipo 1: según las ecuaciones, en mayo, junio, julio y agosto se tiene:

$$R = 86.00\%$$

Equipo 2: según las ecuaciones, en mayo, junio, julio y agosto se tiene:

$$R = 86.00\%, 86.00\%, 89.00\% \text{ y } 86.00\%$$

Equipo 3: según las ecuaciones, en mayo, junio, julio y agosto se tiene:

$$R = 86.00\%$$

Equipo 4: según las ecuaciones, en mayo, junio, julio y agosto se tiene:

$$R = 86.00\%$$

Equipo 5: según las ecuaciones, en mayo, junio, julio y agosto se tiene:

$$R = 86.00\%$$

Equipo 6: según las ecuaciones, en mayo, junio, julio y agosto se tiene:

$$R = 86.00\%$$

Equipo 7: según las ecuaciones, en mayo, junio, julio y agosto se tiene:

$$R = 86.00\%$$

Equipo 8: según las ecuaciones, en mayo, junio, julio y agosto se tiene:

$$R = 86.00\%, 86.00\%, 86.00\% \text{ y } 90.00\%$$

La demora de 12 horas en el mantenimiento puede estar relacionada con varios factores críticos que afectan la eficiencia y rapidez del proceso de mantenimiento. A continuación, se detallan algunas de las problemáticas más comunes:

Problemáticas que Afectan el Tiempo de Mantenimiento

1. Reparaciones Mayores:

- Descripción: Las reparaciones mayores a menudo requieren desmontar componentes grandes y complejos, lo cual puede llevar varias horas.
- Impacto: Estas reparaciones no solo son intensivas en tiempo, sino que también requieren habilidades especializadas y herramientas específicas.

2. Cambio de Componentes Críticos:

- Descripción: El reemplazo de componentes críticos como motores, transmisiones o sistemas hidráulicos puede ser un proceso complejo y laborioso.
- Impacto: Estos cambios pueden requerir la participación de múltiples técnicos y el uso de equipos de elevación y soporte, lo cual aumenta el tiempo necesario para completar el mantenimiento.

3. Disponibilidad y Acceso a Repuestos:

- Descripción: La falta de disponibilidad inmediata de repuestos críticos puede retrasar significativamente el proceso de mantenimiento.
- Impacto: Si los repuestos no están disponibles en el inventario y necesitan ser pedidos, el tiempo de espera para recibir los componentes puede extender el tiempo de inactividad del equipo.

4. Mano de Obra y Capacitación:

- Descripción: La falta de técnicos capacitados y experimentados puede aumentar el tiempo necesario para realizar el mantenimiento.
- Impacto: Técnicos menos experimentados pueden necesitar más tiempo para diagnosticar problemas y completar reparaciones, y es posible que cometan errores que requieren correcciones adicionales.

5. Herramientas y Equipos Especializados:

- Descripción: La falta de herramientas y equipos especializados necesarios para ciertas reparaciones puede retrasar el proceso.
 - Impacto: La utilización de herramientas inadecuadas puede llevar a un mantenimiento más lento y potencialmente a daños adicionales en los componentes.
6. Procesos Ineficientes:
- Descripción: Procesos de mantenimiento mal planificados o ineficientes pueden contribuir significativamente a la demora.
 - Impacto: La falta de procedimientos estandarizados, una mala coordinación entre los equipos de mantenimiento y la falta de documentación adecuada pueden aumentar el tiempo de mantenimiento.
7. Condiciones del Sitio de Trabajo:
- Descripción: Las condiciones del entorno donde se realiza el mantenimiento (como espacio limitado, condiciones climáticas adversas, etc.) pueden afectar la rapidez del trabajo.
 - Impacto: Estas condiciones pueden hacer que el trabajo sea más difícil y peligroso, lo que lleva a un ritmo más lento para garantizar la seguridad de los trabajadores.

Evaluación LM para la gestión de mantenimiento de los equipos de carga

Después de analizar los parámetros de mantenimiento contempladas en este estudio, se avanza con la evaluación Lean en el contexto de la confiabilidad organizacional, utilizando los indicadores de puntuación Lean para determinar el nivel de avance de la institución (véase el Anexo 2). Si el punto se considera con la partida doble "A" ("2A"), indica un grado de adhesión muy elevado, superior al 95%; en cambio, si se obtiene un punto inferior al 20%, se clasifica con la letra "E".

Además, se establecen las dimensiones de revisión en la tabla 8, basándose en la evaluación Lean y tomando en cuenta las dimensiones definidas por la compañía minera y todos los involucrados en relación con el uso de los equipos de carga

Tabla 8

Clasificación de revisión Lean

| N. | Clasificación | Ítems | Puntaje |
|----|---|-------|---------|
| 1 | Organización y secuencia en operaciones de mantenimiento | 10 | 100 |
| 2 | Datos y detalles de los equipos | 10 | 100 |
| 3 | Protocolos y métodos de mantenimiento | 10 | 100 |
| 4 | Gestión operativa de tareas | 10 | 100 |
| 5 | Análisis de incidencias: Ingeniería de fiabilidad y mejoramiento continuo | 10 | 100 |

Detalle: extraído de la estrategia de mantenimiento en el sector minero.

La Tabla 9 expone las clasificaciones de revisión LM, las cuales se utilizarán para analizar integralmente todos los procedimientos de gestión del mantenimiento. Este análisis permitirá identificar posibles fallos en el proceso, facilitando así la formulación de propuestas de mejora. En este contexto, para cada una de las 5 clasificaciones a evaluar, se plantearán 10 interrogantes. Si todas las respuestas alcanzan el 100%, el puntaje obtenido será de 10.

Tabla 9

Organización y secuencia en operaciones de mantenimiento

| N. | Ítems | (10) | (7) | (5) | (2) | (0) |
|----|--|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | La entidad cuenta con una directriz que establece de manera clara las interconexiones entre la supervisión y los informes de todo el sector de mantenimiento junto con su vínculo con otras áreas departamentales. | X | | | | |
| 2 | La entidad demuestra una clara responsabilidad en hacer frente a las tres operaciones fundamentales de mantenimiento: las programadas, las imprevistas y labores previamente coordinadas | X | | | | |
| 3 | La asignación de funciones entre producción y mantenimiento, así como deberes y jerarquía, están claramente establecidos dentro del marco organizativo. | X | | | | |
| 4 | La configuración administrativa del área de mantenimiento identifica tres funciones fundamentales: realización de tareas, organización y planeación e ingeniería de mantenimiento. | X | | | | |
| 5 | La configuración organizativa fomenta una mentalidad proactiva | X | | | | |
| 6 | Se han establecido equipos para abordar las tres categorías principales: actividades programadas, las imprevistas y labores previamente coordinadas. | X | | | | |
| 7 | Las funciones de planeación y organización se definieron claramente. | X | | | | |
| 8 | El área de ingeniería utiliza enfoques y destrezas sistemáticas para solventar los inconvenientes originados por los equipos | | X | | | |
| 9 | Se dispone de un esquema gráfico que ilustra la secuencia del trabajo y la secuencia de la OT. | | | | X | |

| | | | | | | |
|----|---|--|---|--|--|--|
| 10 | Las áreas departamentales de IDIA y almacenaje, y la división de fabricación, todos contribuyen con el respaldo a las operaciones de mantenimiento. | | X | | | |
|----|---|--|---|--|--|--|

Detalle: Desarrollo independiente, basado en la inspección visual.

A partir de las inspecciones y detecciones consolidadas en esta valoración inicial, se identificó la necesidad de atender los procedimientos de mantenimiento, ya que existen deficiencias en el ámbito de la ingeniería de la información. Esta situación puede mejorarse mediante el uso de aplicaciones informáticas de gestión para el tratamiento de prevención, como MP Maintenance Management, AMT u ORACLE, donde se realiza la codificación de instrumentos, piezas de repuesto y materiales consumibles. La ausencia de estos elementos ocasiona dificultades al asignar instrumentos y equipos al personal de mantenimiento. El puntaje total alcanzado en la evaluación de esta clasificación es 86.

Tabla 10

Datos y detalles de los equipos

| N. | Ítems | (10) | (7) | (5) | (2) | (0) |
|----|---|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | Se dispone de un sistema de registro en un archivo de datos que contine detalles sobre la operatividad de los equipos de la compañía y su situación funcional. | X | | | | |
| 2 | Cada intervención de mantenimiento llevada a cabo en los equipos queda debidamente documentada en el archivo de datos. | X | | | | |
| 3 | Cada equipo ha sido debidamente ingresado en el archivo de datos. | X | | | | |
| 4 | Cada equipo posee un código único que permite su identificación | X | | | | |
| 5 | Los códigos de los equipos abarcan: Localización (en el contexto geográfico y dentro de la instalación empresarial), Organización (categoría y clase de equipos), posicionamiento de sistemas, sub sistemas, elementos y piezas | | X | | | |
| 6 | Cada equipo cuenta con un formulario técnico que detalla sus especificaciones técnicas y su rol en el funcionamiento de la compañía | | | | X | |
| 7 | Se dispone de una herramienta de evaluación crítica para aplicarla a los equipos de la instalación | X | | | | |
| 8 | La evaluación crítica se organiza considerando las implicaciones de las anomalías más relevantes en comparación con la frecuencia de su aparición | | X | | | |
| 9 | Los equipos de la instalación se clasifican según su evaluación crítica. | X | | | | |
| 10 | Se cuenta con una clasificación taxonómica apropiada para, al menos, los equipos considerados "muy críticos, críticos y semi críticos". | X | | | | |

Detalle: Desarrollo independiente, basado en la inspección visual.

Además, en el análisis de la segunda clasificación, es necesario implementar inspección anticipada en el punto 6, dado que los formularios de los equipos dentro de la entidad no cumplen con los requisitos normativos correspondientes. La totalización del puntaje alcanzado en la evaluación de esta clasificación es 86.

Tabla 11

Protocolos y métodos de mantenimiento

| N. | Ítems | (10) | (7) | (5) | (2) | (0) |
|----|--|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | Las labores de mayor importancia dentro de la compañía incluyen: el MP, el MPd, el Mantenimiento Correctivo. | | | X | | |
| 2 | La información detallada en las labores de mantenimiento garantiza su coherencia | | | | X | |
| 3 | El plan de mantenimiento se fundamenta primordialmente en el estado de la maquinaria | | | | X | |
| 4 | Se aplican el RCM a cada uno de los equipos, siendo excluidos solo los críticos y semicríticos. | | | | | X |
| 5 | Se emplean tecnologías de MPd específicas según las incidencias más significativas de los equipos | | | | X | |
| 6 | Se lleva a cabo un análisis de las labores y protocolos de mantenimiento con el fin de evaluar su eficacia | | | | | X |
| 7 | Las labores de mantenimiento se ejecutan utilizando la tecnología apropiada (maquinaria e implementos) y no hay necesidad de re trabajos | | | | X | |
| 8 | Cada una de las áreas brindan respaldo para realizar las labores de mantenimiento | | | X | | |
| 9 | Se realiza un seguimiento de los resultados del programa y se efectúan modificaciones en caso de ser requerido. | | | X | | |
| 10 | La eficacia del programa se comunica de manera regular | X | | | | |

Detalle: Desarrollo independiente, basado en la inspección visual

En la revisión de la tercera clasificación, se observa que existe una cantidad excesiva de intervenciones de mantenimiento correctivo, sin que se lleve a cabo una predicción adecuada de las mismas. Sería recomendable incrementar las prácticas de mantenimiento predictivo y reducir las intervenciones correctivas. Además, se identifican deficiencias en la recopilación de información relacionada con los trabajos realizados, las herramientas utilizadas y los lapsos de ejecución en la gestión de mantenimiento. Asimismo, se observa que las decisiones sobre las reparaciones se toman de manera subjetiva, basándose en el estado actual del equipo, en lugar de en la anticipación temprana de su comportamiento. Es necesario aplicar la metodología RCM a los equipos de carga. La gestión tecnológica se maneja de manera convencional, y también se detecta una falta de maquinaria e implementos adecuados para llevar a cabo las labores. No se cuenta con respaldo operativo especializado y no se presenta evidencia de los resultados positivos de las acciones planificadas que respalden la programación. El puntaje total alcanzado en la evaluación de esta clasificación es 33

Tabla 12*Gestión operativa de tareas*

| N. | Ítems | (10) | (7) | (5) | (2) | (0) |
|----|---|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | El procedimiento de OT se encuentra definido y aplicado de manera uniforme por cada uno de los integrantes de área de mantenimiento | | | X | | |
| 2 | Se dispone de un esquema gráfico que ilustra la secuencia de trabajo, el cual se emplea como un elemento de capacitación | | | | | X |
| 3 | Todas las labores de mantenimiento se llevan a cabo en el marco del procedimiento de OT | | X | | | |
| 4 | Cada miembro del equipo comprende sus deberes durante la realización de sus labores | | X | | | |
| 5 | Se realizan auditorías periódicas al proceso laboral | | X | | | |
| 6 | El encargado del área realiza la asignación de tareas | X | | | | |
| 7 | La asignación de tareas se realiza siguiendo la jerarquía de importancia de OT | X | | | | |
| 8 | El encargado del área lleva a cabo verificaciones para asegurar la correcta ejecución de las labores | | | X | | |
| 9 | Se supervisan los procedimientos operativos con el fin de identificar las ineficiencias temporales | | | | X | |
| 10 | Se efectúan revisiones de las labores realizadas, las cuales son evaluadas por el encargado del área previo a la entrega de trabajos. | | | | X | |

Detalle: Desarrollo independiente, basado en la inspección visual

En la evaluación de la cuarta clasificación, se observa que los procedimientos formales de los órdenes de trabajo (OT) no se aplican de manera efectiva durante las operaciones de mantenimiento. En su mayoría, los órdenes se emiten de manera subjetiva y verbal. Además, es necesario garantizar la implementación de un esquema gráfico que detalle la secuencia de trabajo. Por otro lado, es esencial implementar incentivos y fomentar una cultura que promueva la ejecución de las tareas con un control adecuado, ya que, durante la recogida de información, no se observa un control minucioso de las mismas. Se sugiere establecer normas de trabajo y llevar a cabo la valoración y el control de las tareas ejecutadas. El puntaje total alcanzado en la evaluación de esta clasificación es 55.

Tabla 13*Análisis de incidencias: Ingeniería de confiabilidad y mejoramiento continuo*

| N. | Ítems | (10) | (7) | (5) | (2) | (0) |
|----|--|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | Hay un área dedicada a la Ingeniería de Mantenimiento | X | | | | |
| 2 | El área departamental de Ingeniería analiza la eficacia de las medidas preventivas de mantenimiento | | X | | | |
| 3 | El área departamental de Ingeniería crea metodologías y protocolos de mantenimiento anticipado | | | X | | |
| 4 | Los profesionales de ingeniería están en capacidad de supervisar el estado y pruebas en equipos | X | | | | |
| 5 | Utilizan métodos de ingeniería con el propósito de extender la duración operativa de los equipos: requisitos para su adquisición o para ser reconstruidos, examen de componentes averiados, identificación de la causa fundamental, ingeniería de fiabilidad, entre otros. . | | X | | | |
| 6 | Preparados para llevar a cabo una evaluación constante de la efectividad del proceso de formación de habilidades | X | | | | |
| 7 | Valorar y ejecutar labores de mantenimiento conforme a los principios de RCM | | X | | | |
| 8 | Ajustar la periodicidad de mantenimiento de componentes con base al análisis de confiabilidad correspondiente | | | | X | |
| 9 | Revisar regularmente los programas de mantenimiento | | | X | | |
| 10 | Examinar el registro histórico de los equipos críticos para perfeccionar las operaciones de mantenimiento | | X | | | |

Detalle: Desarrollo independiente, basado en la inspección visual.

En la revisión de la última clasificación, se observa que, aunque se ha considerado el departamento de desarrollo de mantenimiento predictivo, aún no se ha instaurado, institucionalizado ni implementado. En relación con las técnicas de ingeniería, solo se examina la faceta vinculada a las fallas en el presente. Además, la revisión regular de los planes de mantenimiento no se lleva a cabo de manera consistente debido a la falta de profesionales cualificados. El puntaje total alcanzado en la evaluación de esta dimensión es 70.

Resultados de la evaluación fundamentada en LM

Se presenta en la tabla un resumen de resultados de la evaluación basado en en Lean.

Tabla 14

Resultados de la evaluación

| N. | Clasificación | Ítems | Puntos | Puntaje alcanzado | Acatamiento |
|----------------------------------|--|--------------|---------------|--------------------------|--------------------|
| 1 | Organización y secuencia en operaciones de mantenimiento | 10 | 100 | 86 | 86% |
| 2 | Datos y detalles de los equipos | 10 | 100 | 86 | 86% |
| 3 | Protocolos y métodos de mantenimiento | 10 | 100 | 33 | 33% |
| 4 | Gestión operativa de tareas | 10 | 100 | 55 | 55% |
| 5 | Análisis de incidencias. Ingeniería de fiabilidad y mejoramiento continuo | 10 | 100 | 70 | 70% |
| Sumatoria total de puntos | | 50 | 500 | 330 | 66% |

Detalle: Desarrollo independiente

Se observa una marcada disparidad en el acatamiento de la tercera clasificación los protocolos y métodos de mantenimiento (33%) y gestión operativa de tareas (55%).

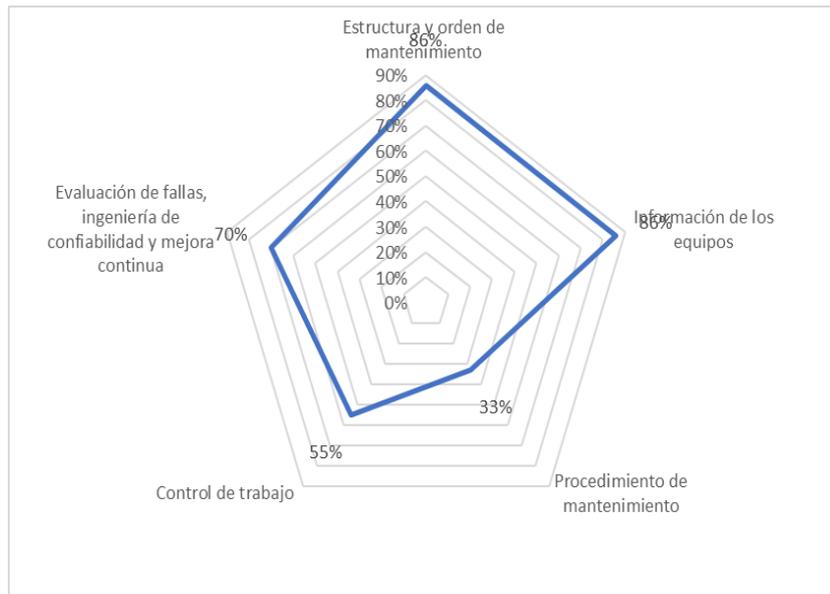


Figura 11. Resultados de evaluación Lean de los equipos de carga.

Detalle: Desarrollo independiente.

Detección de dificultades

Los desechos originados durante la fase de carga en la operatividad tienen su procedencia en diversos puntos:

- **Interrupciones mecánicas:** Estas interrupciones afectan el funcionamiento óptimo de los equipos de carga. Por lo tanto, es crucial identificar y analizar las causas que generan los desperfectos, independientemente de las razones que ocasionan su detención. Además, es importante que los trabajadores estén informados sobre las consecuencias de las deficiencias en los equipos. Estas situaciones, a largo plazo, podrían derivar en demoras y/o la falta de actividades de mantenimiento.



Figura 12. Interrupción mecánica de equipo de carga – local minero

Detalle: Desarrollo independiente.

- Alteraciones y ajustes: Estas alteraciones provienen de la falta de formación y comprensión durante la ejecución de cambios en los equipos, o de la carencia de instrumentos adecuados para realizar la tarea de manera eficiente. Esto obstaculiza la reducción de los intervalos de mantenimiento. Por esta razón, es fundamental que los encargados de supervisar, así como los jefes, responsables y líderes de la instalación, se mantengan informados sobre los plazos necesarios para realizar las modificaciones.
- Retrasos y detenciones de menor escala: En el largo plazo, estas situaciones pueden generar problemas sustanciales relacionados con los costos y los períodos de tiempo, independientemente de si se trata de detenciones extensas o de intervalos más cortos con un impacto menor. Estos factores afectan los parámetros de mantenimiento a lo largo del tiempo.



Figura 13. Detención de menor escala – equipo de carga

Detalle: Desarrollo independiente.

- Organización y secuencia en operaciones de mantenimiento: Las disposiciones regulares de mantenimiento se basan en la categorización del personal en grupos ocupacionales. Así, en la mayoría de las compañías tradicionales, se establece una estructura organizativa que divide el área de mantenimiento en subdepartamentos de mecánica, electricidad e instrumentación. Esta disposición implica, además, la organización secuencial de las tareas a realizar, así como la disposición de la maquinaria, los instrumentos y el material consumible.
- Datos y detalles de los equipos: Se trata de un sistema basado en principios de registro, respaldado por recursos ofimáticos. Este sistema engloba un conjunto de procesos tanto reglamentados como flexibles, que simplifica la adquisición, tratamiento y difusión de la información esencial en todas las jerarquías de la organización, con el fin de respaldar la posterior selección de alternativas en fases sucesivas.
- Protocolo y métodos de mantenimiento: Este informe es emitido por un experto o encargado de obra cualificado, que aprueba la retirada de activos debido a su caducidad o deterioro. El informe de mantenimiento documenta meticulosamente todas las operaciones de mantenimiento realizadas en un bien a lo largo de su período de uso.

- Gestión operativa de tareas: En términos generales, hace referencia al conjunto de sistemas de monitoreo y/o control del horario laboral establecido por una compañía para su personal. El objetivo de estas acciones es evaluar si los empleados están gestionando de manera efectiva sus horas productivas.
- Análisis de incidencias, ingeniería de fiabilidad y mejoramiento continuo: Estos métodos buscan adquirir un entendimiento completo de los datos personales y relevantes de los individuos, permitiendo la evaluación de la confiabilidad del personal en una entidad. El propósito es prevenir riesgos potenciales que pudieran resultar en perjuicios y devaluación para la organización.

Considerando lo expuesto previamente, se pudieron identificar las causas fundamentales que contribuyen a las paradas imprevistas, ocasionando contratiempos económicos en una instalación minera situada en Arequipa. Tras analizar la condición de la instalación, se identificaron y priorizaron las causas fundamentales, entre las que se encuentran los gastos económicos, los intervalos de mantenimiento y la DEC. Los datos recogidos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 15

Análisis de causa fundamental

| Causa fundamental | Descripción | Orden de importancia según frecuencia | % | Frecuencia acumulada | % acumulado |
|--------------------------|---|--|----------------|-----------------------------|--------------------|
| Cr-1 | Protocolos y métodos de mantenimiento | 58 | 30.05% | 58 | 30.05% |
| Cr-2 | Organización y secuencia en operaciones de mantenimiento | 54 | 27.98% | 147 | 76.16% |
| Cr-3 | Gestión operativa de tareas | 35 | 18.13% | 93 | 48.18% |
| Cr-4 | Datos y detalles de los equipos | 17 | 13% | 164 | 88.16% |
| Cr-5 | Análisis de incidencias, ingeniería de fiabilidad y mejoramiento continuo | 13 | 10.84% | 177 | 100% |
| TOTAL | | 177 | 100.00% | | |

Asimismo, los cálculos revelaron que el porcentaje máximo alcanzado fue del 30.05%, lo que señala deficiencias significativas en los protocolos y métodos de mantenimiento de la instalación

minera. Las causas raíz identificadas en la evaluación se describen en la tabla previa, incluyendo el orden de importancia según frecuencia y el porcentaje de aparición.

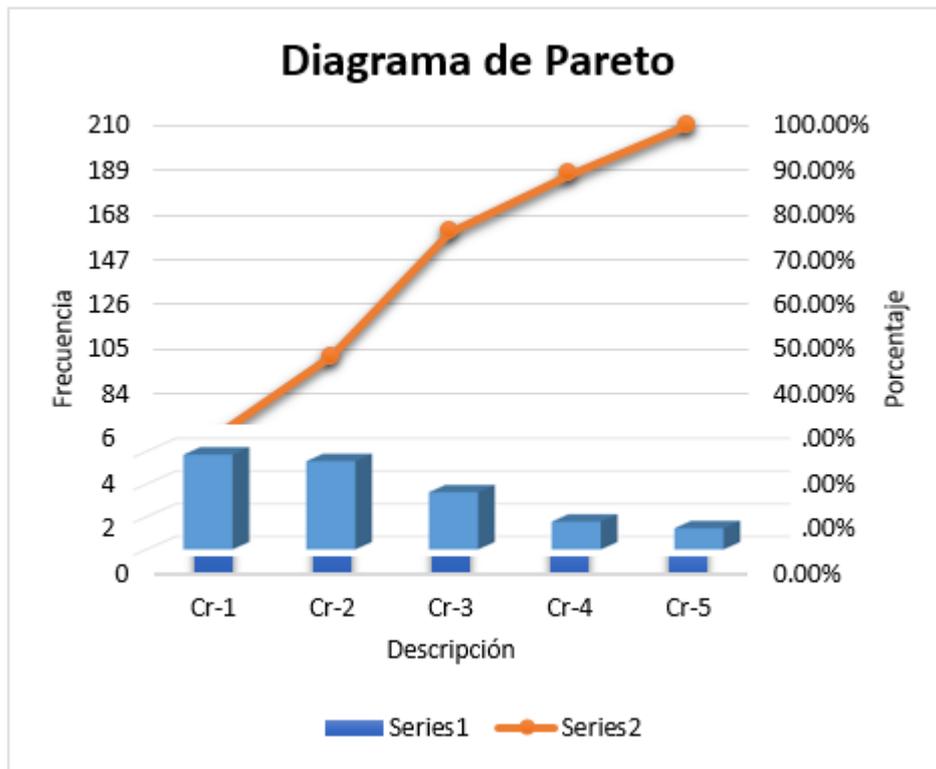


Figura 14. Diagrama de Pareto en el local minero cuprífera.

Basándonos en la información suministrada en la tabla 12, se aplicó la Ley de Pareto, que se rige por la regla 80/20, para identificar y dar prioridad a los problemas clave que explican el 80% de las dificultades experimentadas en la administración de mantenimiento de la entidad mencionada (Figura 12). Este instrumento permite concluir que el 20% de los problemas que afectan el 80% restante de la confiabilidad y la DEC se originan en estructuras de gestión, como los protocolos y métodos de mantenimiento, así como en la gestión operativa de tareas. También se deben considerar las destrezas y la formación de los empleados, con el fin de optimizar los procedimientos de mantenimiento de los equipos de carga, abordándolos de manera prioritaria en la búsqueda de soluciones.

En este marco, y teniendo en cuenta estos elementos fundamentales de los desafíos que enfrenta la entidad, el propósito de este estudio es mejorar la DEC mediante la implementación de un proyecto de optimización basado en la evaluación Lean. Dada la inadecuada gestión de estos procesos, la evaluación de la situación actual resulta desafiante y la toma de decisiones informadas para impulsar un progreso continuo en toda la instalación minera se ve obstaculizada.

Evaluación de la gestión de procesos en el mantenimiento de equipos de carga

En el transcurso de los mantenimientos programados en los equipos de carga, se destacan las siguientes particularidades del proceso:

- El equipo de sustentación planificado estará fuera de servicio durante 12 horas.
- En el lapso de mantenimiento, la completa duración del período de 12 horas establecido, se emplea en la labor de montaje y desmontaje de los equipos en una instalación que no es óptima para esta labor.
- Cada mantenimiento implica la definición de 4 pasos secundarios que contribuyen al retraso en la ejecución de la labor.
- Si bien es cierto que la extensión del tiempo se debe ensamblando de la estructura, este procedimiento también implica riesgos para los trabajadores.

4.2. Implementación del proyecto de optimización basado en LM

Después de realizar la evaluación Lean y definir los equipos seleccionados para la valoración de los resultados identificados, se avanza hacia la formulación del proyecto de optimización, cuyo objetivo es facilitar la recopilación de información para mejorar la Disponibilidad Eficiente de los Equipos de Carga (DEC) en el proceso de trituración y desplazamiento de materiales compuestos por caliza. Por lo tanto, se proponen las siguientes actividades alineadas con la evaluación realizada:

1. Creación de un diagrama de espina de pescado para respaldar técnicamente las labores de mantenimiento preventivo y correctivo en la zona de mantenimiento.
2. Desarrollo del proceso para la ejecución del mantenimiento preventivo.
3. Elaboración visual de la estrategia de planificación para el mejoramiento continuo.
4. Desarrollo de un protocolo de administración para la gestión de la entrega de suministros, repuestos y materiales consumibles, mediante la elaboración de un diagrama de flujo operativo.
5. Producción de informes (mapa de procesos).
6. Establecimiento de metas estratégicas para la zona de mantenimiento.
7. Realización de labores de mantenimiento preventivo.
8. Definición de intervalos de sustitución de aceites para maquinaria.
9. Reconocimiento de filtros y suministros de mantenimiento destinados a los equipos de carga.
10. Establecimiento de criterios para realizar el mantenimiento según el estado de los equipos.

11. Elaboración de un listado de tareas y evaluación de modos y efectos de fallos (FMEA).
12. Creación de una lista de verificación para la realización de tareas de conservación.
13. Proyecto de mantenimiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la evaluación Lean, se identificó que las áreas y labores más relevantes para mejorar la DEC se encuentran dentro del ámbito de mantenimiento preventivo, ya que los equipos deben someterse necesariamente a un mantenimiento en el taller cada 250 horas. En esta sección, se realizan tanto las tareas planeadas como las evaluaciones de calidad, lo que implica realizar la revisión de los equipos al momento de ingresarlos y verificar su estado.

4.2.1. Diagrama de espina de pescado

Se han identificado deficiencias en la capacidad de los técnicos a cargo del mantenimiento preventivo (PM), especialmente entre aquellos que son nuevos o tienen experiencia limitada. La falta de instructivos y representaciones gráficas de los sistemas hidráulicos y eléctricos de la maquinaria representa un desafío adicional. Asimismo, la ausencia de un área adecuada para la limpieza de los equipos antes de su ingreso al taller dificulta la labor inspectiva para identificar problemas como escapes de fluidos, sujetadores no asegurados, grietas y otros aspectos similares.

Además, debido al desgaste por el uso continuado, los equipos sin formato requieren una sustitución frecuente, y el tiempo medio necesario para una recarga total es de alrededor de 60 minutos. La sobrecarga de trabajo de los encargados complica la capacidad de centrarse en el monitoreo y la supervisión de las tareas de prevención.

Se han observado también problemas en los listados de verificación del mantenimiento preventivo, los cuales son demasiado largos y dificultan su implementación. Estos no están diseñados para detectar fallos, como se evidenció en el análisis de RCM. Para superar estos problemas, se han desarrollado evaluaciones especializadas específicas.

Las causas de la baja disponibilidad de los equipos de carga pueden ser múltiples. A partir de los datos proporcionados en las imágenes, se pueden identificar las siguientes causas principales:

1. Fallas Frecuentes de Componentes Críticos:

- Los componentes como filtros de combustible, filtros de aire y filtros de transmisión tienen frecuencias de cambio específicas que deben ser respetadas. Si no se cambian a tiempo, pueden causar fallos en el equipo.

2. Mantenimiento Inadecuado:

- Una mayor frecuencia de fallas puede resultar de la falta de un adecuado mantenimiento de prevención. Para garantizar la duración de los elementos y así evitar fallos inesperados, es necesario seguir el programa de mantenimiento preventivo.

3. Retrasos en la Disponibilidad de Repuestos:

- Si los repuestos no están disponibles cuando se necesitan, el tiempo de inactividad del equipo puede aumentar significativamente. Esto puede ser debido a una mala gestión del inventario o retrasos en el suministro.

4. Ineficiencias en el Proceso de Mantenimiento:

- El personal de mantenimiento carece de la formación adecuada., procedimientos ineficientes y herramientas inadecuadas pueden prolongar el tiempo necesario para realizar reparaciones y mantenimiento preventivo.

Con este fin, debe tenerse en consideración el siguiente modelo para identificar las causas fundamentales de los procesos que se encuentran en el ámbito del área departamental de mantenimiento (ver figura)

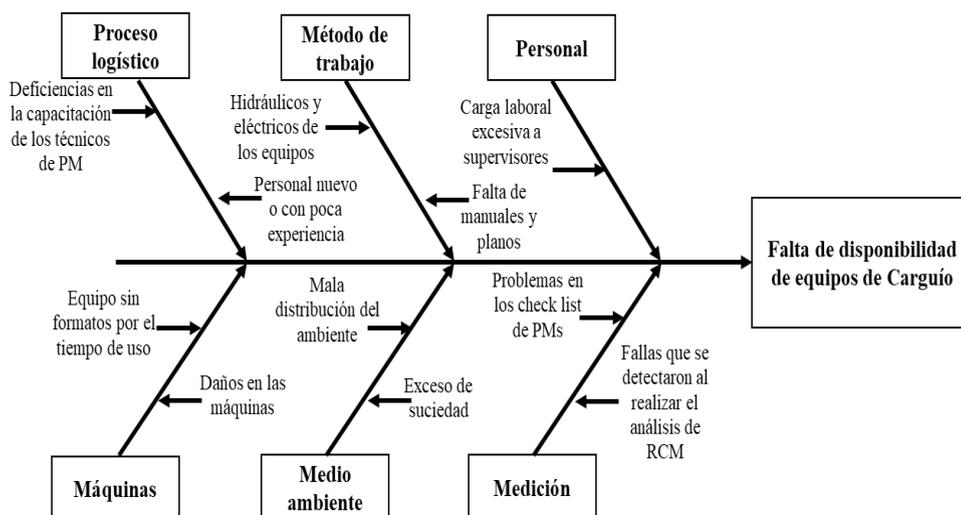


Figura 15. Diagrama espina de pescado

4.2.2. Protocolo para la implementación de mantenimiento preventivo

Mejora en la realización de las tareas de mantenimiento preventivo

En esta fase, se busca garantizar la adecuada ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo, así como establecer un seguimiento para evaluar la calidad de las mismas. Este proceso incluye la identificación de los pasos, labores, encargados y productos que deben generarse para cada actividad a ejecutar.

Preparación y asignación de responsabilidades

En la fase inicial, se tiene en cuenta la preparación de los instrumentos, maquinaria y materiales necesarios antes de realizar el mantenimiento, recayendo la responsabilidad en el colaborador principal o jefe del departamento de mantenimiento. Las responsabilidades dentro de esta sección son las siguientes:

Colaborador principal: Debe generar la solicitud correspondiente y coordinar con el depósito de repuestos y suministros para asegurar la provisión de los insumos necesarios, garantizando así la ejecución eficiente y efectiva del mantenimiento programado.

Jefe del departamento: Debe organizar los instrumentos para el equipo que llevará a cabo las tareas y coordinar el recojo de partes de recambio, elementos filtrantes, complementos, suministros y otros elementos requeridos. Su presencia es esencial, ya que es el responsable de autorizar la entrega de dichos materiales.

El encargado de gestionar la petición de los equipos de carga para el mantenimiento es el supervisor del área departamental de mantenimiento, cuyas funciones incluyen:

1. Sincronizar con el líder de operaciones la distribución del equipo.
2. Garantizar la disponibilidad de personal adecuado y los materiales necesarios para realizar el mantenimiento.
3. Establecer el equipo o conjunto de empleados encargados del mantenimiento.
4. Distribuir la documentación, que incluye representaciones gráficas de mantenimiento, documentos de verificación y ajustes, directrices, documentos de revisión y otros relacionados.
5. Implementar los protocolos de seguridad, como el IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Controles).
6. Entrada del equipo al área de mantenimiento

Para la entrada del equipo de carga a la zona de mantenimiento, los encargados primordiales son el jefe de mantenimiento y el líder del equipo de mantenimiento. En sus roles, se incluyen las siguientes tareas:

1. Designar al personal encargado de realizar el lavado de carrocería y armazón.
2. Crear y designar los conjuntos de trabajo para llevar a cabo las labores correspondientes.
3. Supervisión y ejecución del mantenimiento

Durante la permanencia del equipo de carga en el centro de servicio, se coordinan todos los procedimientos. Es esencial contar con la supervisión del encargado de mantenimiento y el líder del grupo de trabajo. Entre las responsabilidades asociadas a este proceso, se incluyen:

Designar y garantizar la presencia del personal encargado de la revisión, donde se verificará y certificará el adecuado funcionamiento de: sistema de iluminación, circuito eléctrico, aire acondicionado, escapes, aseo completo y la condición del parabrisas, entre otros aspectos relacionados con la evaluación de la integridad estructural de la maquinaria, de acuerdo con el PMP establecido por la compañía.

1. Garantizar la inspección del cuaderno de anotaciones del operario de la maquinaria.
2. Recopilar información de los mantenimientos realizados previamente.
3. Designar empleados para realizar el proceso de lavado.
4. Asegurarse del aseo del espacio donde se realizó el mantenimiento.
5. Ejecución del mantenimiento

El encargado de supervisión de mantenimiento y el líder del equipo son los responsables designados para esta fase. Sus funciones son las siguientes:

1. Designar y garantizar la presencia del personal para llevar a cabo las tareas de acuerdo con la programación y los esquemas de mantenimiento.
2. Realizar la toma de muestras, mecanismos de filtrado y aceite, el proceso de engrasado y lubricación, inspección de ruedas de vehículos, inspección de contenedores y cubos, así como corregir cualquier anomalía identificada durante la revisión.
3. Garantizar la adecuada utilización de las herramientas.
4. Control de calidad

En el ámbito de control de calidad, el encargado de mantenimiento y el líder del grupo son los responsables. Sus tareas incluyen:

1. Confirmar que las actividades se ejecuten conforme a lo estipulado en el programa de mantenimiento.
2. Verificar la corrección de las observaciones detectadas antes de que el equipo ingrese a la zona de mantenimiento.
3. Garantizar la creación del registro de pendientes (Backlogs).
4. Devolución del equipo y aseo del área de mantenimiento

En relación con la devolución del equipo y el aseo de la zona de mantenimiento, la responsabilidad recae en el encargado (supervisor) de mantenimiento y en el líder del equipo. Entre sus funciones se incluyen:

1. Completar la cesión del equipo en condiciones operativas a la zona designada para las labores.
2. Notificar al ayudante del sector receptor la funcionalidad del equipo para la renovación de la red interna.
3. Asegurarse de que se ejecute la organización y el aseo en el espacio de mantenimiento.
4. Documentación y seguimiento

Finalmente, la responsabilidad en cuanto a la documentación recae en el supervisor, cuyas funciones incluyen la presentación del reporte y la revisión de los registros pendientes (Backlogs).

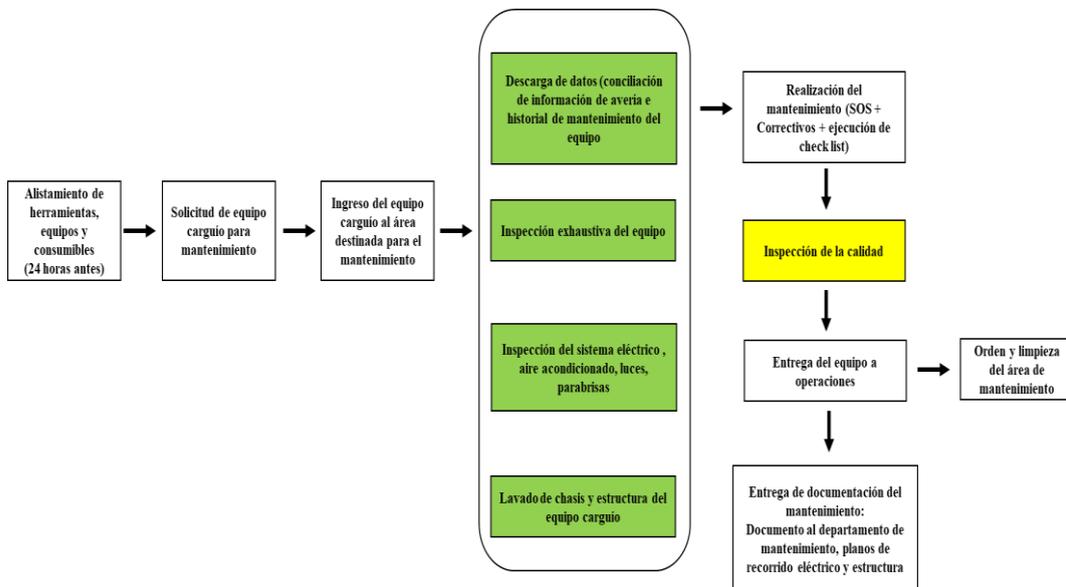


Figura 16. Diagrama de proceso de ejecución del mantenimiento de prevención

Mejora de la disponibilidad de los equipos de carga mediante el diseño de planes de mantenimiento

La implementación estratégica del plan de gestión de mantenimiento se estructura mediante una secuencia metodológica que comprende las siguientes etapas:

- a) Socialización integral del plan de mantenimiento
- b) Distribución e implementación de instrumentos de gestión
- c) Estructuración de programas formativos
- d) Implementación de mejoras en la gestión de mantenimiento
- e) Monitoreo y valoración de la gestión en el contexto minero

Difusión del plan de mantenimiento

La implementación del plan de mantenimiento optimizado requiere una difusión transversal en la organización minera, abarcando desde los niveles directivos hasta el personal técnico-operativo. Este proceso busca generar una integración efectiva de todos los colaboradores con los lineamientos estratégicos, ya que la disponibilidad mecánica se basa en la función, el punto de vista y los objetivos del plan actualizado. De esta forma, se minimizan las interrupciones no programadas, lo que incrementa los indicadores productivos y optimiza la rentabilidad empresarial.

El propósito central se enfoca en fomentar una cultura organizacional consciente de la relevancia de una gestión de mantenimiento eficiente. En este contexto, García (2009) sostiene que la administración efectiva del desempeño requiere superar la resistencia natural al cambio, un fenómeno que se presenta como respuesta frente a nuevos paradigmas o modificaciones en los esquemas operativos establecidos. La gestión transformacional representa una responsabilidad fundamental de la dirección, la cual debe propiciar un ambiente organizacional donde el personal técnico, facilitadores y líderes asuman iniciativas innovadoras, gestionen riesgos calculados y se alineen con objetivos organizacionales comunes. Esta conceptualización destaca el rol crítico del capital humano en la fase inicial de implementación.

Asignación de herramientas de gestión

Esta fase operativa contempla la dotación sistemática de recursos instrumentales orientados al registro, monitoreo y control de las intervenciones técnicas. La distribución de estos recursos se lleva a cabo estratégicamente entre el personal de ingeniería y técnico del departamento de mantenimiento, bajo un enfoque de optimización de costos y maximización de la satisfacción del usuario interno, lo que se refleja en la reducción de interrupciones operativas no programadas. La implementación de estas herramientas de gestión facilita la consolidación de una base de datos robusta integrada en el sistema de información para la adopción de medidas estratégicas. Esto permite optimizar el uso de los activos, prolongando su ciclo de vida útil, ejerciendo control sobre las anomalías operativas, racionalizando el uso de recursos y manteniendo un registro histórico detallado por equipo, lo cual facilita la medición precisa mediante indicadores de gestión especializados.

El instrumental de gestión comprende:

Formatos de órdenes de trabajo

Este instrumento documental permite la sistematización detallada de las características técnicas del equipo y las intervenciones de mantenimiento ejecutadas o programadas. El protocolo de implementación establece la siguiente secuencia operativa:

El supervisor de mantenimiento, como responsable directo de la recepción de equipos con anomalías operativas en el taller, genera la Orden de Trabajo (OT) correspondiente. En este documento se especifica con precisión técnica la naturaleza de la intervención requerida, ya sea mantenimiento preventivo o correctivo de averías identificadas, y se gestiona la ejecución del servicio. La documentación se transfiere al personal técnico designado, quien, una vez realizada la intervención, complementa las secciones pertinentes: análisis diagnóstico, identificación causal, metodología de resolución implementada, especificación de trabajos realizados, componentes reemplazados y servicios externos requeridos.

Al culminar la intervención, el responsable de mantenimiento realiza el control de calidad, registrando los parámetros temporales de finalización. Posterior a la validación técnica, la documentación se remite a la jefatura o asistencia del área para la consolidación

de la información económica: valorización de componentes utilizados, costos indirectos y costos directos de mano de obra de la intervención. En el sistema informatizado de gestión del mantenimiento, la información se digitaliza y, posteriormente, se archiva de manera física con su respectiva documentación de respaldo.

Formato de control de la actividad diaria

Este instrumento de gestión está estructurado para la documentación sistemática de las intervenciones técnicas ejecutadas cotidianamente por el personal de mantenimiento, permitiendo la trazabilidad temporal de cada actividad vinculada a las órdenes de trabajo correspondientes.

| Logo | CONTROL DE ACTIVIDADES | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------|----------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|
| | | | | | | | Fecha: / / |
| Turno: Noche | Día | Horade ingreso: _____ | | | Hora de salida: _____ | | |
| Apellidos y Nombres: _____ | | DNI: _____ | | | | | |
| Ítem | Equipo | Horometro | Sistema | Hora inicio | Hora Final | Total Hrs | Descripción del trabajo |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| | | | | Total Horas | | | |
| Firma del Trabajador | | | | Firma del supervisor | | | |

La implementación de este sistema de control responde a principios fundamentales de la administración operativa. Como sustento teórico, Fayol (1918) define el control como el proceso de verificación sistemática que garantiza la ejecución conforme a la programación establecida,

las directrices emitidas y los principios administrativos vigentes, facilitando la identificación de desviaciones y oportunidades de mejora para prevenir su recurrencia.

Bajo este marco conceptual, el instrumento de registro facilita la consolidación de información operativa diaria, incluyendo la caracterización de las intervenciones realizadas y su dimensión temporal. Esto permite una gestión eficiente de los costos asociados a la mano de obra, así como la construcción de un repositorio histórico detallado por equipo.

Formato de reportes de avería

Este instrumento documental ha sido diseñado para establecer un canal de comunicación formal entre el área operativa y la jefatura de Mantenimiento, facilitando la notificación de anomalías técnicas y la solicitud de intervenciones programadas en los equipos. El protocolo establece que el operador del equipo es responsable del registro inicial de la novedad, el cual requiere la validación posterior del supervisor de operaciones mediante su autorización formal. Una vez completado este proceso, la documentación se canaliza hacia el departamento de mantenimiento, donde el supervisor técnico genera la orden de trabajo correspondiente, en función del diagnóstico preliminar de la anomalía mecánica identificada.

Este flujo documental garantiza que tanto la supervisión técnica como la operativa mantengan visibilidad sobre el estado de indisponibilidad del equipo y los tiempos estimados de recuperación, permitiendo así la implementación de medidas de contingencia en los planes de

producción.

| | | | | |
|------------------------------|--|----------------------------|--|------------------|
| | | REPORTE DE AVERIAS | | N°: |
| Fecha: | | Supervisor de Operaciones: | | |
| Proyecto: | | Operador: | | |
| Código: | | Año: | | |
| Tipo: | | Placa: | | |
| Marca: | | Horómetro: | | |
| Prioridad: | | | | |
| Normal () | | Urgente () | | Programado () |
| Naturaleza: | | | | |
| Mantenimiento () | | Avería () | | Re -Ingreso () |
| Tipo de Mantenimiento | | | | |
| Preventivo () | | Correctivo () | | Modificativo () |
| DESCRIPCION | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Datos del Operador | | Aprobado: Si () No () | | |
| | | Jefe de Operaciones | | |

La implementación de este sistema encuentra su fundamento teórico en Castaño (2014), quien sostiene que estos mecanismos de documentación facilitan la recopilación sistemática y el análisis estadístico de los patrones de corte, constituyendo una base fundamental para la evaluación de los índices de confiabilidad y la calidad del servicio técnico.

Formato de historial de máquinas

| Logo | | HISTORIAL DE MAQUINA | | | | | | |
|--|-----------------------------|---|------------------------------|---------------------|-----------------|-------------|--|-------------------|
| Código: | | | | Año: | | | | |
| Tipo: | | | | Chasis: | | | | |
| Marca: | | | | Motor: | | | | |
| Modelo: | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Fecha | Orden de Trabajo | Trabajos Realizado | | Repuestos | | Mecánico | | Costo Total (S/.) |
| | | N-U-P-R | | C-A | | S-LL-MP-LUB | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Donde: | | | | | | | | |
| TRABAJOS REALIZADOS | | REPUESTOS | | | MECANICO | | | |
| N: Normal U: Urgente P: Programado R: Re- Ingreso | Descripción de los trabajos | C: Cambiado A: Arreglado | Descripción de los Repuestos | Nombres y apellidos | | Firma | | |

Se presenta una propuesta de sistematización documental orientada a optimizar los procesos de búsqueda en el departamento de sustento, donde se identificó una deficiencia en la gestión de la información técnica de los equipos. La solución metodológica propone la implementación de un formato estructurado que integre los parámetros técnicos y económicos de las intervenciones realizadas en cada unidad operativa.

En concordancia con Ochoa y Hidalgo (2010), la metodología plantea la elaboración de un expediente técnico individualizado para cada tipo de equipo, en el cual se consolide secuencialmente la información derivada de las órdenes de trabajo. Este expediente debe contemplar los siguientes parámetros críticos:

1. Caracterización técnica de la anomalía que motivó el ingreso al taller.
2. Especificación detallada de las intervenciones realizadas.
3. Cuantificación temporal de la indisponibilidad operativa.
4. Registro de horas-hombre invertidas y su valorización económica.
5. Inventario y costeo de los componentes reemplazados.
6. Consolidación del costo integral de la intervención.

Gestión de la logística de mantenimiento

La gestión logística integrada constituye un factor crítico para la optimización de recursos económicos y temporales, mediante una administración sistemática de materiales que minimiza riesgos en la planificación operativa, cuyas desviaciones pueden generar impactos económicos significativos para la organización. Se proponen las siguientes estrategias de mejora:

Disposición de la gestión de salidas de materiales y equipos

Se implementa un sistema documental hacia el control de salida de componentes como contestación a las deficiencias identificadas en la interfaz logística entre mantenimiento y almacén. Este instrumento de gestión, diseñado específicamente hacia el área de equipos, tiene como fin fundamental optimizar el control de activos y establecer parámetros para la determinación de niveles de inventario máximos y mínimos. El protocolo establece la emisión de documentación por duplicado, garantizando la trazabilidad en ambas unidades operativas (Mantenimiento-Almacén).

| CONTROL DE SALIDA DE MATERIALES – EQUIPOS | | | | | | |
|---|-------------|--------|-----------|-------------|-------------------|---------|
| SOLICITANTE | | | ACTIVIDAD | | CODIGO EQUIPO | |
| | | | MP | | | |
| | | | MC | | FECHA | / / |
| TIPO | ACTIVIDAD | | LL | | | |
| | LUBRICANTES | | ED | | | |
| | COMBUSTIBLE | | OH | | | |
| | | | TALLER | | | |
| OBSERVACION | | | | | | |
| ITEM | CODIGO | UNIDAD | Nº PARTE | DESCRIPCION | PEDIDO | ENTREGA |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| VºBº JEFE DE AREA | | | ALMACEN | | TECNICO/ MECANICO | |

Contratación del personal calificado

El diagnóstico organizacional evidenció deficiencias en la cualificación del personal y en la cobertura horaria. La propuesta incluye la incorporación de dos especialistas en gestión de almacenes, quienes trabajarán en estrecha colaboración con el área de recursos humanos, bajo un régimen de turnos rotativos de 12 horas, cubriendo tanto operaciones diurnas como nocturnas.

Esta inversión en capital humano, proyectada en S/ 64,400.00 anuales, requiere el cumplimiento de un perfil técnico específico. Como sustento teórico, Camargo (2014) destaca la importancia de contar con personal altamente cualificado que cumpla con los requisitos del perfil técnico establecido, lo que permitirá optimizar los procesos de caracterización de componentes, control de inventarios y tiempos de respuesta.

Establecimiento de programa de mantenimiento

Ante las deficiencias identificadas en la realización del mantenimiento, causadas por la falta de una clasificación alineada con las especificaciones técnicas de los fabricantes, se propone la optimización del sistema de gestión de mantenimiento. Este enfoque tiene como objetivo estructurar las operaciones dentro de un marco programático organizado, lo que permitirá evaluar los puntos críticos de los equipos de la empresa minera. La implementación de este programa facilita el cumplimiento del ciclo de vida de los componentes, reduciendo la frecuencia de intervenciones correctivas no programadas.

Establecimiento de programa de capacitaciones

El diagnóstico organizacional, basado en el análisis de datos y la aplicación de instrumentos de evaluación, identificó deficiencias en las competencias técnico-mecánicas del personal de mantenimiento, especialmente en la gestión de flotas de camiones y excavadoras. En respuesta, se plantea la implementación de un programa estructurado de desarrollo de competencias, diseñado a partir de una evaluación sistemática de las brechas de conocimiento detectadas en el personal técnico.

Este programa adopta un enfoque preventivo en la gestión del conocimiento, orientado a facilitar la adaptación del personal frente a las innovaciones tecnológicas y metodológicas en el área de mantenimiento. Su objetivo principal es fortalecer las capacidades técnicas necesarias para implementar metodologías innovadoras y operar equipos de nueva generación de manera eficiente.

La estructura metodológica del programa contempla un plan de desarrollo anual, con sesiones mensuales de ocho horas por técnico. Este enfoque garantiza una progresión sistemática en el desarrollo de competencias específicas, promoviendo una transferencia de conocimiento efectiva.

1. Cambios y contenidos del programa:
2. Seguridad en maquinaria pesada.
3. Mantenimiento y manejo de neumáticos.
4. Soldadura para mantenimiento de maquinaria pesada.
5. Controles y contaminación en la maquinaria.

6. Conocimiento integral de las máquinas.
7. Operación del camión Mercedes-Benz Actros 4144k Cargo Mat.
8. Operación de la excavadora CAT 390D.
9. Importancia del mantenimiento mecánico.
10. Lubricación en maquinaria pesada.
11. Herramientas informáticas para la identificación de averías.
12. Mantenimiento del sistema hidráulico.
13. Mantenimiento del sistema hidráulico del camión Mercedes-Benz Actros 4144k.
14. Aseguramiento del buen funcionamiento del sistema hidráulico de la excavadora CAT 390D.
15. Funcionamiento del tren de potencia.
16. Análisis de la curva de potencia del Mercedes-Benz Actros 4144k.
17. Análisis de la curva de potencia de la excavadora CAT 390D.
18. Mantenimiento de motores de maquinaria pesada.
19. Electrónica aplicada a maquinaria pesada.
20. Electricidad del camión Mercedes-Benz Actros 4144k.
21. Sistema electrónico de la excavadora CAT 390D.
22. Mantenimiento preventivo y análisis técnico.

Recursos humanos

El proyecto integra la intervención activa del personal técnico especializado en mantenimiento, el cual está distribuido en las distintas áreas operativas, así como especialistas representantes de las marcas asociadas a la corporación minera.

Recursos Materiales

La implementación del programa formativo se ejecutará en las instalaciones corporativas, utilizando infraestructura educativa que comprende mobiliario ergonómico, superficies de trabajo colaborativo, elementos didácticos, sistemas audiovisuales y material técnico-pedagógico, incluyendo instrumentos de evaluación y documentación especializada.

| | | CRONOGRAMA DE CAPACITACION | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-----------|------------|---------|
| Tema | Mes | | | | | | | | | | | | Expositor | Duración | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | |
| Seguridad en maquinaria pesada. | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |
| Mantenimiento y manejo de neumáticos. | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |
| Soldadura de mantenimiento de maquinaria pesada | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |
| Contaminación en la maquinaria y controles | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |
| Reconocimiento de la maquinaria. | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |
| Importancia Mantenimiento mecánico- | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |
| Herramientas Informáticas para la detección de fallas | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |
| Mantenimiento del sistema hidráulico | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |
| Mantenimiento de tren de potencia | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |
| Mantenimiento de motores. | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |
| Electrónica de la Maquinaria | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |
| Mantenimiento y el análisis técnico | | | | | | | | | | | | | | A convenir | 8 Horas |

La planificación temporal de las intervenciones formativas dirigidas al personal técnico se diseña con base en criterios metodológicos específicos. En este sentido, Tapia (2009) subraya que la efectividad de los procesos formativos radica en su implementación sistemática y en su adecuada contextualización temporal. El autor establece una relación directa entre la inversión en el desarrollo de competencias y el incremento de indicadores como la productividad y la rentabilidad. Esta premisa sustenta la estructuración del programa formativo, al considerar que el fortalecimiento de las capacidades técnico-analíticas del personal contribuirá significativamente a mejorar la eficiencia en el diagnóstico y resolución de fallas, optimizando los tiempos de respuesta y elevando los estándares de servicio.

La optimización en la toma de decisiones requiere integrar procesos formativos diversos y fomentar el desarrollo de competencias específicas. La falta de conocimiento actualizado sobre procedimientos técnicos innovadores, así como la ausencia de una cultura preventiva consolidada, puede comprometer el desempeño operativo. Por lo tanto, la implementación de un programa formativo estructurado se alinea directamente con las directrices estratégicas corporativas.

La intervención formativa tiene una duración de 90 minutos y está diseñada para reunir al personal corporativo en instalaciones previamente designadas, con una inversión total de S/ 700. El contenido se centra en la optimización del sistema de gestión de mantenimiento, utilizando metodologías validadas. A través de un proceso de diagnóstico participativo realizado con líderes departamentales, se identificó como eje temático prioritario la "Optimización de Sistemas de

| | |
|--|--|
| Logo | CURSO IMPORTANCIA DE UN PLAN DE GESTION DE MANTENIMIENTO |
| OBJETIVO DEL CURSO | |
| Proporcionar al personal de toda la empresa minera los conocimientos en base a conceptos de la importancia de la Gestión de Mantenimiento basado en la disponibilidad mecánica | |
| DIRIGIDO A: | |
| Gerente, Jefe de Operaciones, jefe de Logística, Jefe de Mantenimiento, Supervisores de Mantenimiento, Operadores, Mecánicos. | |
| DURACION: | |
| El curso tendrá una duración de 90 minutos | |
| CONTENIDO: | |
| Consideraciones Fundamentales del Mantenimiento | <ol style="list-style-type: none"> 1. Conceptos Básicos de la Gestión de Mantenimiento 2. Tipos de Mantenimiento 3. Ciclo de vida de los Equipos 4. Mantenimiento Preventivo 5. Control de la piezas y Repuestos 6. Importancia de la Gestión de Mantenimiento |
| Situación Actual del Área de Mantenimiento en la Empresa Minera. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis general del área 2. Importancia de la mano de obra en el área 3. Indicadores actuales de gestión |
| Mejora del Plan de Mantenimiento | <ol style="list-style-type: none"> 1. Objetivos plan de gestión de mantenimiento 2. Importancia plan de gestión de mantenimiento 3. Beneficios plan de gestión de mantenimiento 4. Plan de gestión de mantenimiento 5. Recomendaciones del fabricante |
| Sugerencias y Preguntas | |

El diseño curricular propuesto para la inducción corporativa pone énfasis en la importancia estratégica de la optimización de la gestión de mantenimiento en el sector minero. La formación se reconoce como un componente esencial para el desarrollo de las competencias y habilidades de los empleados, las cuales son clave para mejorar diversos procesos y permiten a la organización

cumplir con su misión, según lo señalado por Realpe (2010). En este sentido, puede afirmarse que la formación contribuye significativamente a la creación de valor dentro de las empresas.

4.2.3. Diagrama de proceso del proyecto de optimización para el mejoramiento continuo

En esta fase, se establece el diagrama de procesos para la gestión estratégica del mejoramiento continuo, considerando los puntos críticos identificados durante la evaluación y el seguimiento de las actividades de mantenimiento, así como el análisis de las mejoras propuestas por los involucrados. Estas propuestas son revisadas por el "comité de mantenimiento" y presentadas durante la reunión mensual de "coordinación y gerencia de mantenimiento". Con este propósito, se plantea el siguiente proyecto de optimización.

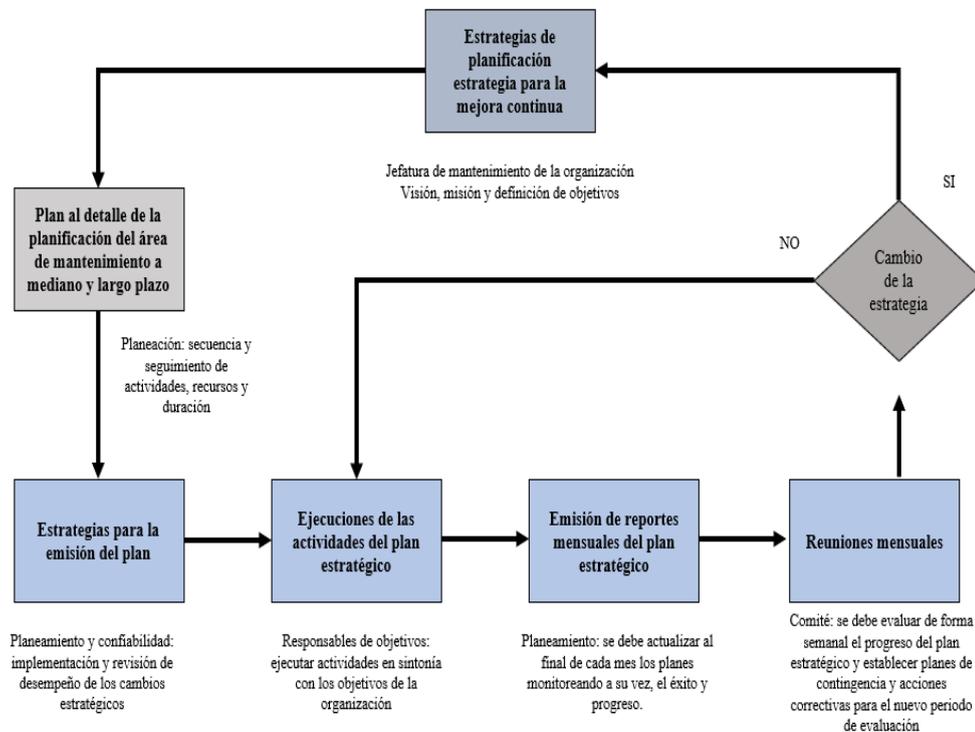


Figura 17. Diagrama de proceso del proyecto de optimización de mejoramiento continuo

Detalle: Desarrollo independiente

4.2.4. Análisis de la gestión en la distribución de suministros, repuestos y material consumible mediante un diagrama de proceso.

En esta sección del plan, el objetivo es llevar a cabo auditorías y evaluaciones de la gestión de piezas de repuestos, suministros y materiales consumibles esenciales para la ejecución de las labores de mantenimiento. Esto abarca desde la solicitud hasta la adquisición, almacenaje, utilización y gestión para su reposición. Así se presenta la siguiente figura:

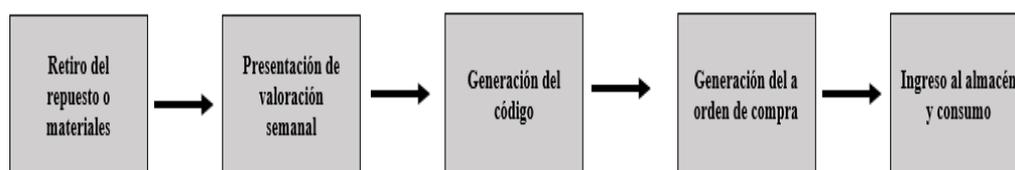


Figura 18. Diagrama de proceso para la gestión de asignación de suministros, suministros y consumibles

Detalle: Desarrollo independiente

4.2.4. Análisis y monitoreo de la información compilada

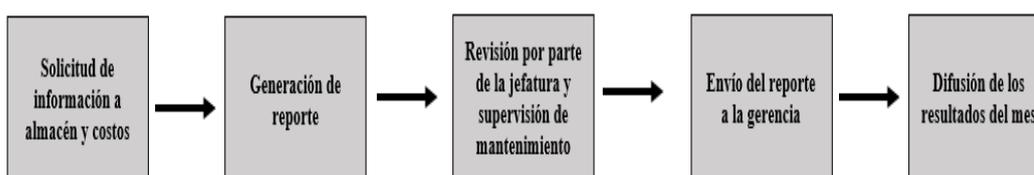


Figura 19. Diagrama de proceso para la compilación de información

Detalle: Desarrollo independiente

4.2.5. Propósitos tácticos en la unidad de mantenimiento

Es esencial establecer de manera clara los propósitos estratégicos del área y su alcance, cuya definición no solo indicará la ruta para su dirección, sino que delinearán las distintas acciones que deben emprenderse para alcanzarlos. En este contexto, se expone lo siguiente:

Tabla 16

Propósitos tácticos en la unidad de mantenimiento

| Propósitos tácticos | | | | |
|---|---|---|--|--|
| Misión: Garantizar la ejecución de las labores de sostenimiento preventivo con el fin de asegurar la operatividad de los dispositivos | | | | |
| Visión: Convertirse en una entidad líder en la industria minera, manteniendo una flota de equipos de carga con un índice de disponibilidad del 90%. | | | | |
| Departamento operativo | Elementos preventivos (seguridad y sustitución) | PM | Servicio de campo | Equipos de carga |
| Propósito general | Implementar acciones preventivas con el objetivo de prever posibles fallas en los | Garantizar una exactitud del 100% en la ejecución | Asegurar el cumplimiento de las programaciones en terreno mediante la DEC, | Realizar las labores de campo esenciales de acuerdo con la |

| | | | | |
|------------------------|---|--|--|--|
| | equipos de carga, a realizar cada 250 horas | de las labores, con una variación no mayor a ± 10 horas en ciclos de 250 horas | cubriendo el 95% de las tareas de campo | planificación establecida |
| Propósitos específicos | Sostener un intervalo medio entre fallos que supere las 60 horas después de la sustitución de los elementos constituyentes durante el mantenimiento de prevención | Promedio de MTBF que exceda las 60 horas | Adherencia a los cronogramas de inspección, toma de decisiones, adquisición de repuestos y consumibles en intervalos de 250 horas, ya sea de forma semanal, mensual o anual. | Nivel de operatividad que supere el 93%. |
| | Informar la DEC mensualmente | MTTR y PM que no exceda las 6 horas | | Nivel de disponibilidad que supere el 90% |
| | Evaluar la fiabilidad de los equipos de carga | Proporcionar servicios con una tasa de ejecución superior al 85% | | Índices de confiabilidad mayor al 85% |
| | Examinar el estado del taller cada 500 horas una vez que el equipo haya abandonado las instalaciones de mantenimiento | Tasa de consumo (2 unidades por cada 1000 horas) | | Informe mensual de los gastos relacionados con el mantenimiento y reporte mensual detallado de las horas y los reemplazos de componentes en los equipos de carga |
| | Supervisar los términos y condiciones de las garantías en el ámbito del mantenimiento | | | Adherencia a las revisiones programadas cada 250 horas y cada 1000 horas |

Después de definir los objetivos tácticos, se elaboró un resumen de las tareas de mantenimiento, detallando actividades como el reemplazo de aceite, cambio de purificadores, análisis de aceite (SOS), entre otros, con el propósito de estructurar listas de verificación. Asimismo, se diseñó un conjunto de prácticas de mantenimiento basadas en cinco principios: orientaciones del fabricante, supervisión de condiciones, técnicas estándar, prescripciones legales y RCM-AMFE. Todas estas prácticas están directamente vinculadas con las actividades de mantenimiento (ver tabla 14).

4.2.6. Labores de mantenimiento de prevención

Se basa en los intervalos de mantenimiento de prevención para los equipos de carga a 250, 500 y 1000 horas. Dentro de este marco operativo, se definen sus labores fundamentales.

Para 250 horas

| | | 102-EQO-FOR-031 | | | | | |
|--|-----------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------|--------|-------------------|
| | | Versión: 01 | | | | | |
| | | Fecha: 01/10/2022 | | | | | |
| EQUIPO | | CAMION VOLQUETE FMX 8 X 4 I SHIF | | | | | |
| V-432 | | 1 | | | | | |
| SERVICIO EJECUTADO | | PLANO | 250 Horas | | | | |
| 4 | FECHA / / | HOR ACTUAL | 14834.53 Horas | | | | |
| UBICACIÓN | HOROMETRO Hrs | HOR PROGRAMADO | 13972.15 Horas | | | | |
| PROPIETARIO | | HOR ULTIMO MITO | 13722.15 Horas | | | | |
| LUBRICANTES | | | | | | | |
| COMPARTIMENTO | LUBRICANTE | SERVICIOS | | | | | |
| DESCRIPCION | CAPAC. | CAMBIO | NIVEL | TOMA DE MUESTRA | | | |
| | | | | SI/NO | FRECUENCIA CAMBIO | | |
| DIFERENCIAL DELANTERO | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 4 | - | X | 1000 | | |
| M.FINAL DELANTERO LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | - | X | 1000 | | |
| M.FINAL DELANTERO RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | - | X | 1000 | | |
| M.FINAL POSTERIOR LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | - | X | 1000 | | |
| M.FINAL POSTERIOR RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | - | X | 1000 | | |
| TRANSMISION | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 4 | - | X | 1000 | | |
| SISTEMA HIDRAULICO | MOBIL M-DTE 28 | 35 | - | X | 2000 | | |
| SISTEMA DIRECCION | TRANSMISION OIL DE XRON II | 2 | - | X | 500 | | |
| MOTOR | MOBIL DELVAC ELITE 15W40 | 9 | - | X | 500 | | |
| SISTEMA DE REFRIGERACION | MOBIL MINING COOLANT 50% | 8 | - | X | 4000 | | |
| FILTROS | | | | | | | |
| TIPO DE FILTRO | NUMEROS DE PARTE DE FILTROS | | | SERVICIOS | | | |
| DESCRIPCION | ORIGINAL | FLEETGUARD | DONALSON | BALDWIN | CANT | CAMBIO | FRECUENCIA CAMBIO |
| FILTRO DE COMBUSTIBLE | 20978003 | FF5507 | P550529 | WOK 11102/23 | 1 | SI | 250 |
| FILTRO COMBUSTIBLE SEPARADOR | 21380475 | FS19988 | P551838 | 0 | 1 | SI | 250 |
| FILTRO DE DIRECCION | 21392404 | HF8182 | 20580233 | H801 | 1 | - | 500 |
| FILTRO DE AIRE (PRIMARIO) 500 | 21337557 | 0 | 0 | 0 | 1 | - | 500 |
| FILTRO BYPASS | 21707132 | LF3834 | 0 | 477558 | 1 | - | 500 |
| FILTRO ACEITE MOTOR | 21707133 | LF887 | 0 | 488834 | 2 | - | 500 |
| ELEMENTO FILTRO DE RETORNO HYDR | 535192 | 511882 | 0 | 0 | 1 | - | 1000 |
| FILTRO DE AIRE (PRIMARIO) (KIT) 1000 | 21892753 | 0 | 0 | 0 | 1 | - | 1000 |
| FILTRO SECADOR DE AIRE | 23280138 | 23280134 | 0 | 0 | 1 | - | 1000 |
| KIT DE FILTRO DE TRANSMISION | 22923120 | HF29040 | 0 | 0 | 1 | - | 1000 |
| FILTRO CASERA | AF55712 | AF25305 | P782611 | 0 | 1 | - | 2000 |
| FILTRO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE | 21743197 | 0 | 0 | C527 | 1 | - | 2000 |
| TOMA DE MUESTRAS PARA ANALISIS DE ACEITE | | | | | | | |
| COMPARTIMENTO | LUBRICANTE | TOMA DE MUESTRA | | | | | |
| DIFERENCIAL DELANTERO | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| DIFERENCIAL POSTERIOR | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| M.FINAL DELANTERO LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| M.FINAL DELANTERO RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| M.FINAL POSTERIOR LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| M.FINAL POSTERIOR RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| TRANSMISION | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| SISTEMA HIDRAULICO | MOBIL M-DTE 28 | | | | | | |
| SISTEMA DIRECCION | TRANSMISION OIL DE XRON II | | | | | | |
| MOTOR | MOBIL DELVAC ELITE 15W40 | | | | | | |
| SISTEMA DE REFRIGERACION | MOBIL MINING COOLANT 50% | | | | | | |
| PREDICTIVO - SERVICIO 3W% | | | | | | | |
| INSPECCION DE MANGUETAS Y PINES (SOLO VOLQUETES) | | | | | | | |
| DESCRIPCION | BUENO | MALO | FRECUENCIA | | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANGUETAS POS01 | | | 250 | | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANGUETAS POS02 | | | 250 | | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANGUETAS POS03 | | | 250 | | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANGUETAS POS04 | | | 250 | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| LUBRICADOR | | | | SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO | | | |

Para 500 horas

| | | 102-EQO-FOR-031 | | | | | |
|--|----------------------------------|--|----------------|-----------------------------|-------------------|--------|-------------------|
| | | Versión: 01 | | | | | |
| | | Fecha: 01/10/2022 | | | | | |
| EQUIPO | | PLANO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | |
| V-431 | CAMION VOLQUETE FMX 8 X 4 I SHIF | 2 | | | | | |
| SERVICIO EJECUTADO | | PLANO | 500 Horas | | | | |
| 4 | | HOR ACTUAL | 18630.08 Horas | | | | |
| UBICACION | | HOR PROGRAMADO | 17859.31 Horas | | | | |
| PROPIETARIO | | HOR ULTIMO MTO | 17869.31 Horas | | | | |
| LUBRICANTES | | | | | | | |
| COMPARTIMENTO | LUBRICANTE | SERVICIOS | | | | | |
| DESCRIPCION | CAPAC. | CAMBIO | NIVEL | TOMA DE MUESTRA | | | |
| | | | | SI/NO | FRECUENCIA CAMBIO | | |
| DIFERENCIAL DELANTERO | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 4 | - | X | - | 1000 | |
| M.FINAL DELANTERO LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | - | X | - | 1000 | |
| M.FINAL DELANTERO RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | - | X | - | 1000 | |
| M.FINAL POSTERIOR LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | - | X | - | 1000 | |
| M.FINAL POSTERIOR RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | - | X | - | 1000 | |
| TRANSMISION | | 4 | - | X | - | 1000 | |
| SISTEMA HIDRAULICO | MOBIL M-DTE 28 | 35 | - | X | - | 2000 | |
| SISTEMA DIRECCION | TRANSMISION OIL DEARON # | 2 | X | | SI | 500 | |
| MOTOR | MOBIL DELVAC ELITE 15W40 | 9 | X | | SI | 500 | |
| SISTEMA DE REFRIGERACION | MOBIL MNING COOLANT 50% | 8 | - | X | - | 4000 | |
| FILTROS | | | | | | | |
| TIPO DE FILTRO | NUMEROS DE PARTE DE FILTROS | | | | SERVICIOS | | |
| DESCRIPCION | ORIGINAL | FLEETGUARD | DONALSON | SAWYN | CANT | CAMBIO | FRECUENCIA CAMBIO |
| FILTRO DE COMBUSTIBLE | 20978003 | FF5507 | P550529 | WOK 11102/23 | 1 | SI | 250 |
| FILTRO COMBUSTIBLE SEPARADOR | 21380475 | FS19988 | P551838 | 0 | 1 | SI | 250 |
| FILTRO DE DIRECCION | 21392404 | HF8162 | 20580233 | H801 | 1 | SI | 500 |
| FILTRO DE AIRE (PRIMARIO) 500 | 21337557 | 0 | 0 | 0 | 1 | SI | 500 |
| FILTRO BYPASS | 21707132 | LF3854 | 0 | 477558 | 1 | SI | 500 |
| FILTRO ACEITE MOTOR | 21707133 | LF687 | 0 | 488834 | 2 | SI | 500 |
| ELEMENTO FILTRO DE RETORNO D'HYDR | 3335192 | ST1882 | 0 | 0 | 1 | - | 1000 |
| FILTRO DE AIRE PRIMARIO (KIT) 1000 | 21883755 | 0 | 0 | 0 | 1 | - | 1000 |
| FILTRO SECADOR DE AIRE | 23280138 | 23280134 | 0 | 0 | 1 | - | 1000 |
| KIT DE FILTRO DE TRANSMISION | 22023120 | HF29040 | 0 | 0 | 1 | - | 1000 |
| FILTRO CABINA | AF59712 | AF23305 | P782811 | 0 | 1 | - | 2000 |
| FILTRO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE | 21743197 | 0 | C3271 | 0 | 1 | - | 2000 |
| TOMA DE MUESTRAS PARA ANALISIS DE ACEITE | | | | | | | |
| COMPARTIMENTO | LUBRICANTE | TOMA DE MUESTRA | | | | | |
| DIFERENCIAL DELANTERO | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| DIFERENCIAL POSTERIOR | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| M.FINAL DELANTERO LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| M.FINAL DELANTERO RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| M.FINAL POSTERIOR LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| M.FINAL POSTERIOR RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | | | | | | |
| TRANSMISION | | | | | | | |
| SISTEMA HIDRAULICO | MOBIL M-DTE 28 | | | | | | |
| SISTEMA DIRECCION | TRANSMISION OIL DEARON # | SI | | | | | |
| MOTOR | MOBIL DELVAC ELITE 15W40 | SI | | | | | |
| SISTEMA DE REFRIGERACION | MOBIL MNING COOLANT 50% | | | | | | |
| PREDICTIVO - SEGUIMIENTO 3W% | | | | | | | |
| INSPECCION DE MANQUETAS Y PINES (SOLO VOLQUETES) | | | | | | | |
| DESCRIPCION | BUENO | MALO | FRECUENCIA | | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANQUETAS POS01 | | | 250 | | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANQUETAS POS02 | | | 250 | | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANQUETAS POS03 | | | 250 | | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANQUETAS POS04 | | | 250 | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| LUBRICADOR | | | | SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO | | | |

Para 1000 horas

| | | 102-EGO-FOR-031 | | | | |
|--|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|-------------------|
| | | Versión: 01 | | | | |
| | | Fecha: 01/10/2022 | | | | |
| V-430 | | 4 | | | | |
| PLANO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| CAMION VOLQUETE FMX 8 X 4 I SHIF | | | | | | |
| SERVICIO EJECUTADO | | PLANO | | | | |
| 4 | | 1000 Horas | | | | |
| UBICACIÓN | | HOR ACTUAL : 18488.15 Horas | | | | |
| PROPIETARIO | | HOR PROGRAMADO : 17985 Horas | | | | |
| | | HOR ULTIMO MTO : 17715 Horas | | | | |
| LUBRICANTES | | | | | | |
| COMPARTIMENTO | LUBRICANTE | SERVICIOS | | | | |
| | DESCRIPCION | CAPAC. | TOMA DE MUESTRA FRECUENCIA CAMBIO | | | |
| DIFERENCIAL DELANTERO | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 4 | SI 1000 | | | |
| M.FINAL DELANTERO LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | SI 1000 | | | |
| M.FINAL DELANTERO RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | SI 1000 | | | |
| M.FINAL POSTERIOR LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | SI 1000 | | | |
| M.FINAL POSTERIOR RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 1 | SI 1000 | | | |
| TRANSMISION | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | 4 | SI 1000 | | | |
| SISTEMA HIDRAULICO | MOBIL M-DTE 28 | 35 | - X 2000 | | | |
| SISTEMA DIRECCION | TRANSMISION OIL DE XRON II | 2 | X SI 500 | | | |
| MOTOR | MOBIL DELVAC ELTE 15W40 | 9 | X SI 500 | | | |
| SISTEMA DE REFRIGERACION | MOBIL MINING COOLANT 50% | 8 | - X 4000 | | | |
| FILTROS | | | | | | |
| TIPO DE FILTRO | NUMEROS DE PARTE DE FILTROS | | | | SERVICIOS | |
| DESCRIPCION | ORIGINAL | FLEETGUARD | DONALSON | SAWYN | CANT | FRECUENCIA CAMBIO |
| FILTRO DE COMBUSTIBLE | 20978003 | FF5507 | P550529 | WOK 11102/23 | 1 | SI 250 |
| FILTRO COMBUSTIBLE SEPARADOR | 21380475 | FS19988 | P551838 | 0 | 1 | SI 250 |
| FILTRO DE DIRECCION | 21392404 | RF8182 | 20580233 | RB01 | 1 | SI 500 |
| FILTRO DE AIRE (PRIMARIO) 500 | 21337557 | 0 | 0 | 0 | 1 | SI 500 |
| FILTRO BYPASS | 21707132 | LF3854 | 0 | 477558 | 1 | SI 500 |
| FILTRO ACEITE MOTOR | 21707133 | LF887 | 0 | 488834 | 2 | SI 500 |
| ELEMENTO FILTRO DE RETORNO OYOR | 5335192 | ST1882 | 0 | 0 | 1 | SI 1000 |
| FILTRO DE AIRE PRIMARIO (KIT) 500 | 21893755 | 0 | 0 | 0 | 1 | SI 1000 |
| FILTRO SEPARADOR DE AIRE | 21280138 | 23280134 | 0 | 0 | 1 | SI 1000 |
| KIT DE FILTRO DE TRANSMISION | 22023120 | RP28040 | 0 | 0 | 1 | SI 1000 |
| FILTRO CABINA | 4135712 | AP25305 | P782877 | 0 | 1 | - 2000 |
| FILTRO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE | 21743197 | 0 | CS271 | 0 | 1 | - 2000 |
| TOMA DE MUESTRAS PARA ANALISIS DE ACEITE | | | | | | |
| COMPARTIMENTO | LUBRICANTE | TOMA DE MUESTRA | | | | |
| DIFERENCIAL DELANTERO | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | SI | | | | |
| DIFERENCIAL POSTERIOR | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | SI | | | | |
| M.FINAL DELANTERO LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | SI | | | | |
| M.FINAL DELANTERO RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | SI | | | | |
| M.FINAL POSTERIOR LH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | SI | | | | |
| M.FINAL POSTERIOR RH | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | SI | | | | |
| TRANSMISION | MOBIL M-LUBE HD 85W140 | SI | | | | |
| SISTEMA HIDRAULICO | MOBIL M-DTE 28 | SI | | | | |
| SISTEMA DIRECCION | TRANSMISION OIL DE XRON II | SI | | | | |
| MOTOR | MOBIL DELVAC ELTE 15W40 | SI | | | | |
| SISTEMA DE REFRIGERACION | MOBIL MINING COOLANT 50% | SI | | | | |
| PREDICTIVO - SEGUIMIENTO 3W's | | | | | | |
| INSPECCION DE MANQUETAS Y PINES (SOLO VOLQUETES) | | | | | | |
| DESCRIPCION | BUENO | MALO | FRECUENCIA | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANQUETAS POS01 | | | 250 | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANQUETAS POS02 | | | 250 | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANQUETAS POS03 | | | 250 | | | |
| INSPECCION DE PINES Y MANQUETAS POS04 | | | 250 | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| LUBRICADOR | | | | SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO | | |

4.3. Valoración del rendimiento a través de la disponibilidad y confiabilidad

Después de implementar las mejoras basadas en la filosofía Lean, se acometió una nueva valoración para analizar la efectividad de dichas mejoras, lo cual tendrá un impacto sustancial en los indicadores de mantenimiento. En este contexto, se muestra la figura que sigue.



Figura 20. Mapa de proceso para la generación de reportes

En las clasificaciones de evaluación diagnóstica, se observa un aumento significativo en el cumplimiento de las normas regulatorias. En cuanto a la organización y secuencia en las operaciones de mantenimiento, se ha alcanzado un nivel del 91%. Por otro lado, en lo referente a los datos y detalles de los equipos, se ha logrado un cumplimiento del 89%. Respecto a los protocolos y métodos de mantenimiento, se registra un nivel del 85%. La gestión operativa de tareas, identificada como la dimensión más crítica de la evaluación, también se sitúa en un 85%. Finalmente, en el análisis de incidencias, ingeniería de fiabilidad y mejoramiento continuo, se alcanza un nivel del 90%.

Como resultado, se examinan los indicadores de DEC tras la implementación de las mejoras basadas en la metodología LM, analizados durante los primeros cuatro meses de 2023. A continuación, se presentan los resultados:

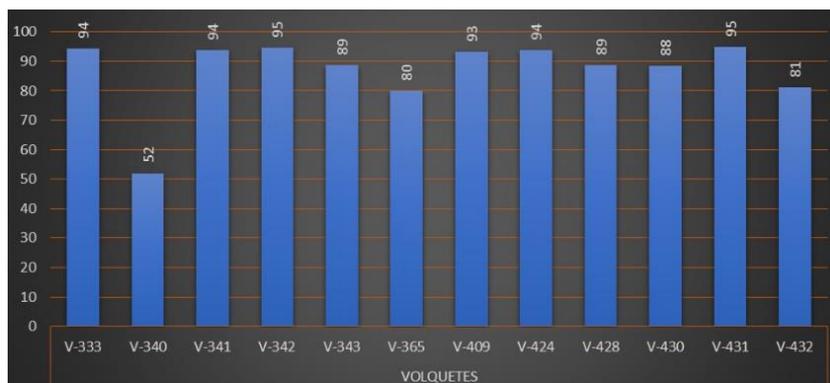


Figura 21. Disponibilidad mecánica de los equipos de carga (enero-abril 2023)

Detalle: información de mantenimiento institucional.

Análisis de mantenibilidad

Tiempo Medio de Reparación (MTTR) o Mantenibilidad

Se emplea la fórmula siguiente para calcular el MTTR o tiempo medio de reparación:

$$MTTR = \frac{\text{tiempo para la restauración de cada equipo}}{\text{cantidad de fallas}}$$

La tabla que sigue proporciona el lapso medio de reparación por cada equipo catalogado crítico.

Tabla 17

Síntesis de la mantenibilidad de los equipos de transporte y carga

| Equipo | Número de fallas | Período de recuperación por equipo | MTTR |
|--------------|------------------|------------------------------------|-------------|
| 00039255MV | 10 | 10 | 1 |
| 00031870 MV | 48 | 36 | 0.9 |
| 00014762 MV | 60 | 36 | 0.6 |
| 00022302 MV | 66 | 78 | 1.18 |
| Total | 184 | 160 | 3.68 |

Fuente: Desarrollo independiente

A partir de la información recopilada durante el período de observación y los análisis realizados, se determinó la criticidad de los equipos mediante la aplicación del diagrama de Pareto. Se recomienda la implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP) que incluya una descripción detallada de todos los equipos, sus componentes y las relaciones correspondientes entre ellos, como se especifica en las tablas que se presentan a continuación.

En este contexto, se presenta el calendario del programa de mantenimiento preventivo, que abarca un período de seis meses durante el año 2023.

Estimación de indicadores después de la Implementación

Se realizó la estimación de nuevos itinerarios mediante la acumulación total de las horas asignadas a las detenciones planeadas, considerando tanto las ya realizadas como las contempladas en el PMP desarrollado en las secciones previas.

Cargador CAT 950H CATERPILLAR

Tabla 22

Con el P.M.Preventivo para CAT 950H CATERPILLAR

| Detalles de la tarea | Intervalo | Extensión temporal de la tarea | Ocurrencia semestral | Total de tiempo expresado en minutos | Total de tiempo expresado en horas |
|---|--------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Revisar refrigerante de aceite del motor | Semanal | 15 | 26 | 390 | 6,50 |
| Limpiar refrigerante de aceite del motor | 6 meses | 25 | 1 | 25 | 0,42 |
| Ajuste de la tubería de descarga | Semanal | 10 | 26 | 260 | 4,33 |
| Realizar ajuste de las válvulas de entrada y salida | 15 días | 25 | 13 | 325 | 5,42 |
| Retirar el polvo del colector de polvo presionando varias veces la válvula de vacío | semanal | 10 | 26 | 260 | 4,33 |
| Reemplazo del filtro de aire | 15 días | 45 | 13 | 585 | 9,75 |
| Este control no puede ser efectuado en la máquina y máquina y debe ser efectuado en un banco de pruebas apropiado | 1 vez al año | 720 | 0 | 0 | 0 |
| Revisar Tuercas, colocar grasa en extensiones" | 1 vez al año | 120 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | | | | 30,75 |

Fuente: Desarrollo independiente

Cargador Cat GC CATERPILLAR

Tabla 23

Con el P.M. Preventivo para Cargador Cat GC CATERPILLAR

| Detalles de la tarea | Intervalo | Extensión temporal de la tarea | Ocurrencia semestral | Total de tiempo expresado en minutos | Total de tiempo expresado en horas |
|--|-----------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Reemplazar el filtro de aire del motor con la finalidad de restringir su rendimiento, lo que podría conllevar al riesgo de daños en sus componentes | 6 meses | 90 | 1 | 90 | 1,50 |
| Examinar el filtro de aire del motor con el propósito de asegurar un rendimiento eficiente y prolongar la vida útil del motor | 3 meses | 40 | 2 | 80 | 1,33 |
| Efectuar la regulación de las válvulas de entrada y salida | 2 meses | 30 | 3 | 90 | 1,50 |
| Aplicar una cantidad abundante de lubricante a cada pasador del conjunto de sobrecarga | 6 meses | 90 | 1 | 90 | 1,50 |
| Evaluar el sistema de control de sobrecarga para garantizar la operación segura de la máquina. Este sistema impide el arranque en condiciones de sobrecarga y notifica al operario mediante señales visuales y auditivas | 3 meses | 35 | 2 | 70 | 1,17 |
| Sustituir el filtro de aire del motor con la intención de restringir el rendimiento del motor, lo que podría exponer a sus componentes al riesgo de sufrir daños | 3 meses | 90 | 2 | 180 | 3,00 |
| Inspeccionar el filtro de aire del motor, esto con el fin de tener un rendimiento óptimo e incrementar la vida útil del motor | 6 meses | 45 | 1 | 45 | 0,75 |
| Total | | | | | 10,75 |

Fuente: Desarrollo independiente

Freno del motor VEB390

Tabla 24

Con el P.M. para Freno del motor VEB390

| Detalles de la tarea | Intervalo | Extensión temporal de la tarea | Ocurrencia semestral | Total de tiempo expresado en minutos | Total de tiempo expresado en horas |
|--|--------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Examinar para asegurar la ausencia de acumulación de materiales inflamables, como hojas, pajas, entre otros | mensual | 15 | 6 | 90 | 1,50 |
| *Examinar la correcta instalación y verificar que no haya experimentado ningún tipo de desalineación | 6 meses | 25 | 1 | 25 | 0,42 |
| Realizar la limpieza de la cámara apaga chispas en el equipo, siguiendo las indicaciones proporcionadas en el manual de apoyo | mensual | 10 | 6 | 60 | 1,00 |
| Examinar el sistema de refrigeración para mejorar el rendimiento del motor y prevenir posibles recalentamientos o fallos en su funcionamiento | cada 15 días | 10 | 13 | 130 | 2,17 |
| Examinar que el nivel de refrigerante se sitúe dentro de los parámetros especificados (MIN y MAX) de acuerdo con las indicaciones proporcionadas en el manual de apoyo | 3 meses | 25 | 2 | 50 | 0,83 |
| Añadir refrigerante premezclado al depósito de recuperación con el objetivo de cumplir con las especificaciones requeridas | 4 meses | 15 | 1 | 15 | 0,25 |
| Examinar la limpieza y la adecuada sujeción de los cables | 3 meses | 30 | 2 | 60 | 1,00 |
| Eliminar la corrosión presente en el cable mediante el uso de una solución de limpieza | 3 meses | 30 | 2 | 60 | 1,00 |
| Aplicar lubricante en los extremos de los cables como medida preventiva contra la corrosión | mensual | 15 | 6 | 90 | 1,50 |
| Examinar para asegurar la ausencia de acumulación de materiales inflamables, como hojas, pajas y otros residuos | 3 meses | 30 | 2 | 60 | 1,00 |
| Examinar la correcta instalación y verificar que no haya experimentado ningún tipo de desalineación | 3 meses | 30 | 2 | 60 | 1,00 |
| Realizar la limpieza de la cámara anti-chispas en el equipo de acuerdo con las instrucciones proporcionadas en el manual de apoyo | mensual | 15 | 6 | 90 | 1,50 |
| Total | | | | | 13,17 |

Fuente: Desarrollo independiente

Articulado, aplicación Volquet

Tabla 25

Con el P.M. para Articulado, aplicación Volquete

| Detalle de la tarea | Intervalo | Extensión temporal de la tarea | Ocurrencia semestral | Total de tiempo expresado en minutos | Total de tiempo expresado en horas |
|--|-----------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Sustituir la bomba hidráulica que presenta signos de deterioro* | 1 año | 60 | 0 | 0 | 0,00 |
| Examinar el estado de la bomba para asegurar que se encuentre en condiciones adecuadas | 3 meses | 15 | 2 | 30 | 0,50 |
| Sustituir el filtro de aceite en el depósito de la instalación hidráulica | 2 meses | 40 | 3 | 120 | 2,00 |
| Realizar la limpieza del filtro de aspiración | mensual | 30 | 6 | 180 | 3,00 |
| Reemplazar el filtro de aceite (cartucho) | 2 meses | 40 | 3 | 120 | 2,00 |
| Examinar que el nivel de aceite en el depósito sea el apropiado y no supere la marca de nivel MAX, ya que superarla podría ocasionar daños en el circuito del sistema hidráulico | semanal | 20 | 26 | 520 | 8,67 |
| Examinar la limpieza y la adecuada fijación de los cables | 3 meses | 30 | 2 | 60 | 1,00 |
| Eliminar la corrosión del cable mediante el uso de una solución de limpieza | 3 meses | 30 | 2 | 60 | 1,00 |
| Examinar que la correa del ventilador esté ajustada con la tensión adecuada | 2 meses | 20 | 3 | 60 | 1,00 |
| Ajustar la tensión de la correa del ventilador | 3 meses | 40 | 2 | 80 | 1,33 |
| Total | | | | | 20,50 |

Fuente: Desarrollo independiente

Tabla 26*Cuadro resumen de Datos con el P.M.*

| Equipo | Duración del periodo de inactividad (horas) | Total | Período completo de inactividad previo a la implementación | Mejora en términos porcentuales |
|---------------------------------|---|-------|--|---------------------------------|
| Cargador CAT 950H CATERPILLAR | 30,75 | | | |
| Cargador Cat GC CATERPILLAR | 10,75 | | | |
| | | 75,17 | 160 | 46% |
| Freno del motor VEB390 | 13,17 | | | |
| Articulado, aplicación Volquete | 20,50 | | | |

Fuente: Desarrollo independiente

La tabla previa resume la información de los equipos luego de aplicar el PMP.

Evaluación de resultados posterior a la implementación por medio de los indicadores de disponibilidad y confiabilidad.

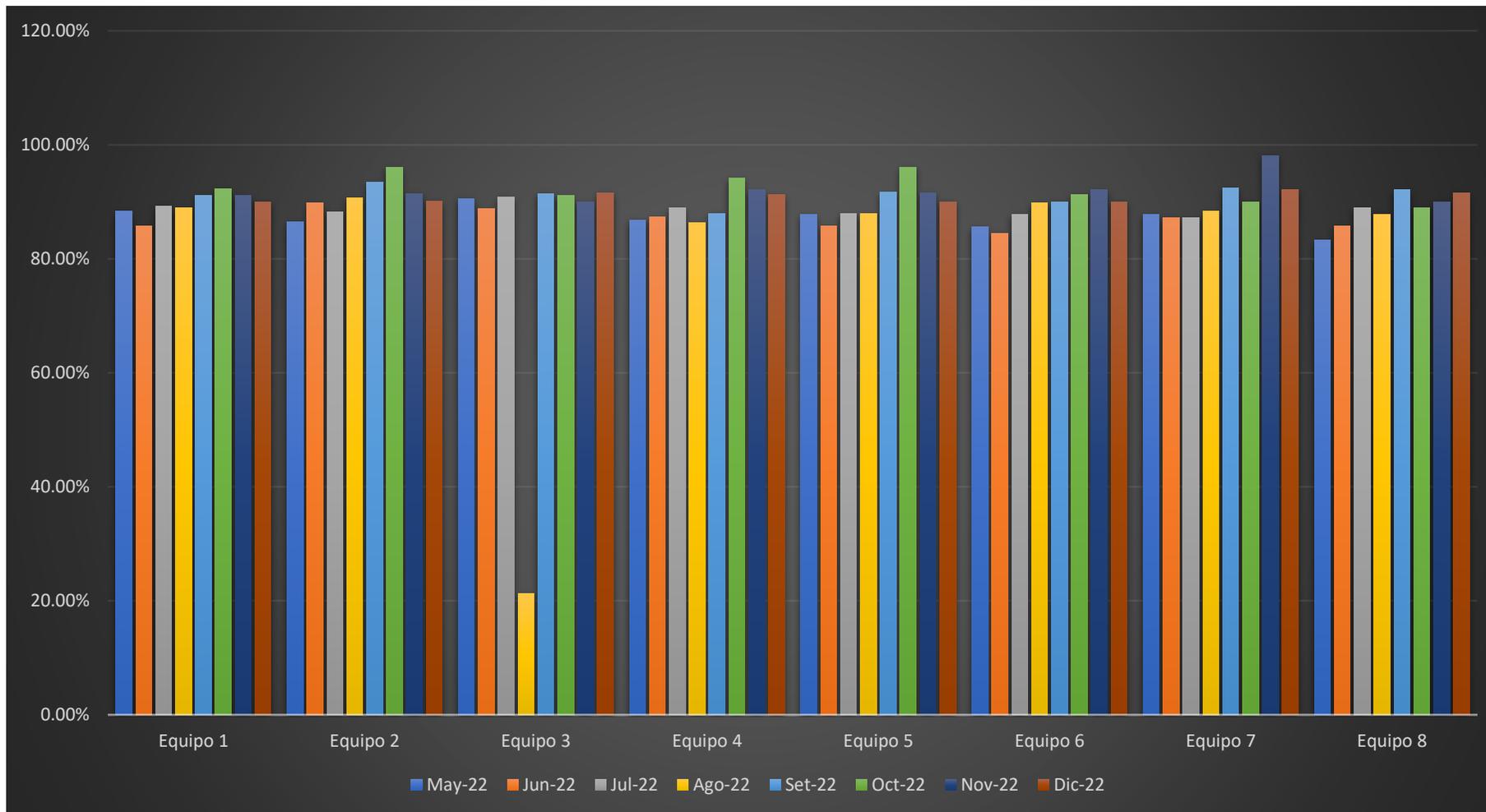


Figura 22. Valores de disponibilidad antes y después de la implementación

Detalle: información de mantenimiento institucional.

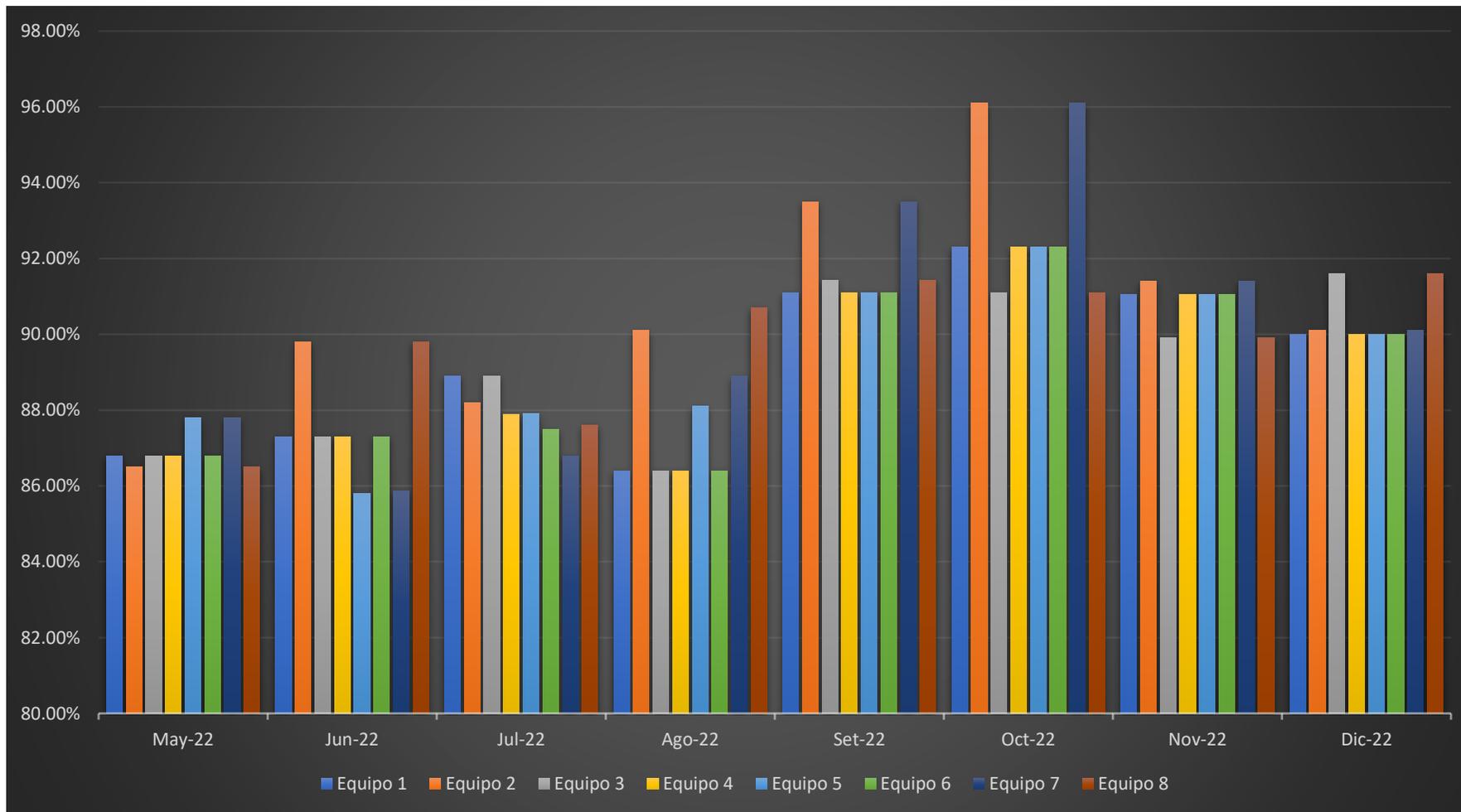


Figura 23. Valores de confiabilidad antes y después de la implementación

Detalle: información de mantenimiento institucional.

Tendencia de facturación mensual en contraposición de los gastos de mantenimiento posterior a la implementación.

Se toma en consideración que el mantenimiento debe ser el 10% de los ingresos o producción total de la organización. En tal sentido, se tiene:

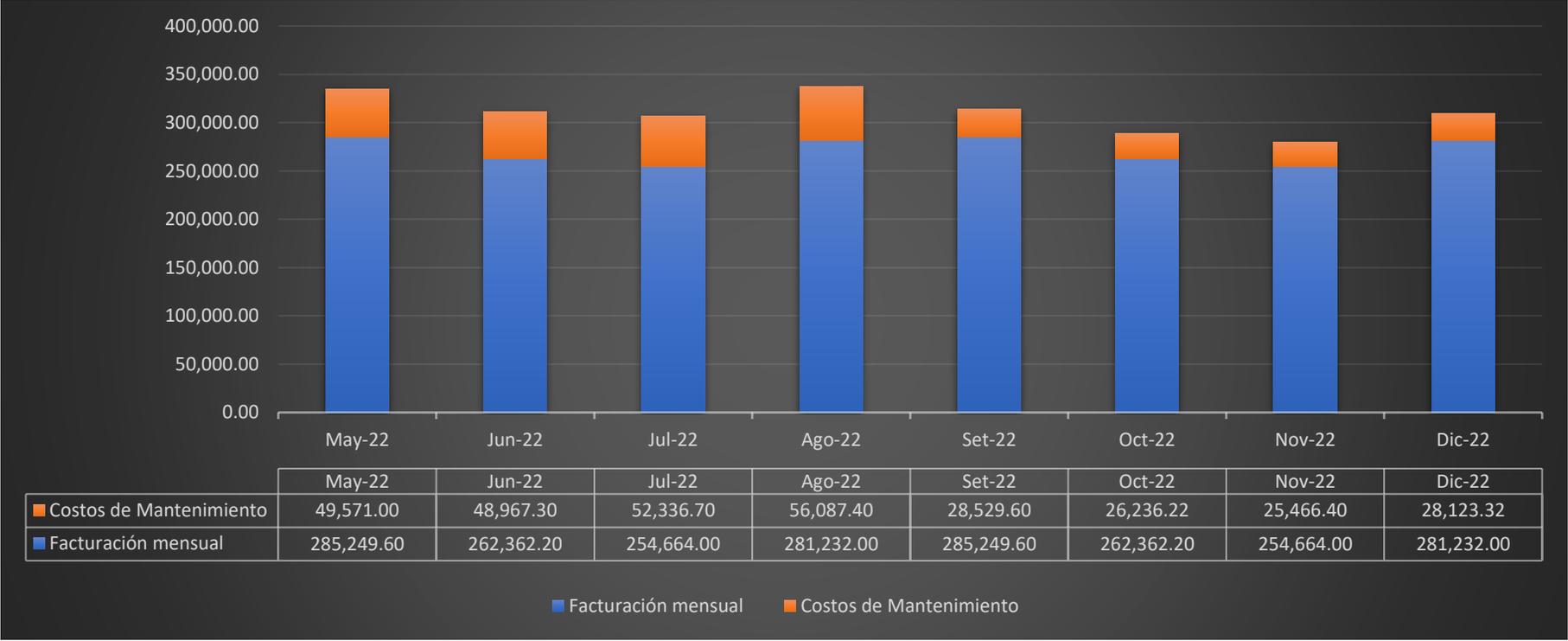


Figura 24. Valores gastoso de mantenimiento antes y después de la implementación del LM

Cálculos para la gestión de material

Para calcular el consumo mensual de repuestos y materiales, usaremos los datos proporcionados en las imágenes de los planes de mantenimiento preventivo. A continuación, se detallan los materiales y sus frecuencias de cambio.

Materiales y Frecuencias de Cambio

Equipo V-432

Filtro de Combustible: Cada 250 horas

Filtro Combustible Separador: Cada 250 horas

Filtro de Aire (Primario): Cada 500 horas

Filtro de Aire (Secundario): Cada 500 horas

Filtro de Transmisión: Cada 1000 horas

Filtro Hidráulico: Cada 1000 horas

Filtro de Aceite: Cada 250 horas

Equipo V-431

Filtro de Combustible: Cada 250 horas

Filtro Combustible Separador: Cada 250 horas

Filtro de Aire (Primario): Cada 500 horas

Filtro de Aire (Secundario): Cada 500 horas

Filtro de Transmisión: Cada 1000 horas

Filtro Hidráulico: Cada 1000 horas

Filtro de Aceite: Cada 250 horas

Equipo V-430

Filtro de Combustible: Cada 250 horas

Filtro Combustible Separador: Cada 250 horas

Filtro de Aire (Primario): Cada 500 horas

Filtro de Aire (Secundario): Cada 500 horas

Filtro de Transmisión: Cada 1000 horas

Filtro Hidráulico: Cada 1000 horas

Filtro de Aceite: Cada 250 horas

Cálculo del Consumo Promedio Mensual

Suposiciones:

- Los equipos operan 250 horas al mes.

Cálculo del Consumo Promedio Mensual para cada material por equipo:

- **Filtro de Combustible:** 1 unidad cada 250 horas \rightarrow 1 unidad/mes
- **Filtro Combustible Separador:** 1 unidad cada 250 horas \rightarrow 1 unidad/mes
- **Filtro de Aire (Primario):** 1 unidad cada 500 horas \rightarrow 0.5 unidades/mes
- **Filtro de Aire (Secundario):** 1 unidad cada 500 horas \rightarrow 0.5 unidades/mes
- **Filtro de Transmisión:** 1 unidad cada 1000 horas \rightarrow 0.25 unidades/mes
- **Filtro Hidráulico:** 1 unidad cada 1000 horas \rightarrow 0.25 unidades/mes
- **Filtro de Aceite:** 1 unidad cada 250 horas \rightarrow 1 unidad/mes

Cálculo del Consumo Total Mensual

Sumamos el consumo mensual de cada equipo para obtener el consumo total mensual para toda la flota.

Consumo Total Mensual para 3 Equipos

- **Filtro de Combustible:** $1 \times 3 = 3$ \times 3 = $3 \times 3 = 9$ unidades/mes
- **Filtro Combustible Separador:** $1 \times 3 = 3$ \times 3 = $3 \times 3 = 9$ unidades/mes
- **Filtro de Aire (Primario):** $0.5 \times 3 = 1.5$ \times 3 = $1.5 \times 3 = 4.5$ unidades/mes

- **Filtro de Aire (Secundario):** $0.5 \times 3 = 1.5$ unidades/mes
- **Filtro de Transmisión:** $0.25 \times 3 = 0.75$ unidades/mes
- **Filtro Hidráulico:** $0.25 \times 3 = 0.75$ unidades/mes
- **Filtro de Aceite:** $1 \times 3 = 3$ unidades/mes

Determinación del stock de seguridad

Suponiendo una desviación estándar del consumo mensual (σ_L) y un nivel de servicio deseado del 95% ($Z = 1.65$), calculamos el stock de seguridad para cada material.

$$\text{Stock de seguridad} = Z * \sigma_L$$

Para este ejemplo, asumimos $\sigma_L = 0.5$ unidades/mes para cada material.

- **Filtro de Combustible:** $1.65 \times 0.5 = 0.825 \approx 1$ unidad
- **Filtro Combustible Separador:** $1.65 \times 0.5 = 0.825 \approx 1$ unidad
- **Filtro de Aire (Primario):** $1.65 \times 0.5 = 0.825 \approx 1$ unidad
- **Filtro de Aire (Secundario):** $1.65 \times 0.5 = 0.825 \approx 1$ unidad
- **Filtro de Transmisión:** $1.65 \times 0.5 = 0.825 \approx 1$ unidad
- **Filtro Hidráulico:** $1.65 \times 0.5 = 0.825 \approx 1$ unidad
- **Filtro de Aceite:** $1.65 \times 0.5 = 0.825 \approx 1$ unidad

Cálculo del punto de reorden (ROP)

Se toma en consideración el reorden como:

$$ROP = (\text{consumo diario promedio} * \text{Lead time}) + \text{Stick de seguridad}$$

Para la empresa se considera un lead time de 30 días (1 mes) y el consumo diario por horas de los materiales. Se tiene:

$$\text{Consumo diario promedio} = \frac{\text{Consumo mensual}}{30}$$

Por material se tiene lo siguiente:

Filtro de combustible:

$$ROP = \left(\frac{3}{30} * 30\right) + 1 = 3 + 1 = 4 \text{ unidades}$$

Filtro de combustible separador:

$$ROP = \left(\frac{3}{30} * 30\right) + 1 = 3 + 1 = 4 \text{ unidades}$$

Filtro de aire primario:

$$ROP = \left(\frac{1.5}{30} * 30\right) + 1 = 1.5 + 1 = 3 \text{ unidades}$$

Filtro de aire secundario:

$$ROP = \left(\frac{1.5}{30} * 30\right) + 1 = 1.5 + 1 = 3 \text{ unidades}$$

Filtro de transmisión:

$$ROP = \left(\frac{0.75}{30} * 30\right) + 1 = 0.75 + 1 = 2 \text{ unidades}$$

Filtro de hidráulico:

$$ROP = \left(\frac{0.75}{30} * 30\right) + 1 = 0.75 + 1 = 2 \text{ unidades}$$

Filtro de aceite:

$$ROP = \left(\frac{3}{30} * 30\right) + 1 = 3 + 1 = 4 \text{ unidades}$$

Discusión.

Respecto a la evaluación de los indicadores tras la implementación de las mejoras, la organización utiliza formatos en Excel que contienen el historial del DEC, los cuales se emplearon para determinar la disponibilidad mecánica en el marco de la presente investigación. En este contexto, se observó que la disponibilidad mecánica, después de la puesta en práctica de las mejoras, se mantiene alrededor del 90%, cumpliendo con los estándares establecidos por las normativas regulatorias actuales.

Durante la aplicación de la metodología LM, se realizó una evaluación individual para cada clasificación, asignando puntuaciones que oscilan entre 0 y 100. Los resultados mostraron que dos clasificaciones presentan un rendimiento igual o inferior al 55%, debido a las deficiencias detectadas.

En cuanto a los protocolos y métodos de mantenimiento, estos reflejan un rendimiento del 33%, evidenciando la ausencia de un flujo de trabajo bien definido para orientar la ejecución de las órdenes de trabajo (OT) y la falta de aprovechamiento de estas como herramientas de capacitación. Además, se destaca la baja frecuencia con la que los encargados revisan las pruebas de las labores realizadas antes de la entrega de los equipos. Este análisis también reveló que el RCM no se aplica de manera uniforme en los equipos clasificados como “críticos” y “semicríticos”, y que las labores de mantenimiento no se evalúan adecuadamente.

En cuanto a la gestión operativa de tareas, se identificó un rendimiento del 55%, destacando la insuficiente capacitación de los operarios en tareas básicas de mantenimiento periódico. Asimismo, se detectó la ausencia de un enfoque personalizado de formación que tenga en cuenta las habilidades individuales del empleado en relación con los requisitos específicos de su puesto.

Tras esta evaluación, se implementó un proyecto de optimización que identificó el área más crítica para mejorar el DEC: el mantenimiento preventivo. Este enfoque se basa en la obligatoriedad de realizar mantenimientos preventivos y en la instalación de backlogs para los equipos, los cuales deben ingresar al taller cada 250 horas de operación. En este sector, se ejecutan tareas programadas junto con inspecciones de calidad, como la revisión de ingreso y la confirmación de conformidad, antes de la entrega de los equipos al área operativa. Estos procesos están diseñados para reducir la incidencia de fallos.

Adicionalmente, se desarrolló un resumen de las tareas de mantenimiento, abarcando actividades como el cambio de aceite, reemplazo de purificadores, análisis de aceite (SOS), entre otras, con el objetivo de organizar listas de verificación. También se estableció un conjunto de prácticas de mantenimiento basadas en cinco protocolos: orientaciones del fabricante, supervisión de

condiciones, técnicas estándar, prescripciones reglamentarias y RCM-AMFE. Estos protocolos se aplican en todas las tareas de mantenimiento, garantizando un enfoque integral y sistemático.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- 1) Se confirmó que la utilización de la filosofía LM contribuyó a la mejora del DEC, promoviendo procesos de gestión del mantenimiento más seguros, fiables y rentables.
- 2) Se evidenció que la aplicación de la filosofía LM incrementó la confiabilidad de los equipos de carga. Esto se logró mediante la implementación de diagnósticos precisos y el establecimiento de parámetros de adecuación, seguimiento y control de calidad tanto del mantenimiento como de las actividades ejecutadas. Estas acciones incrementan la probabilidad de que un equipo opere de manera eficiente durante un intervalo definido y bajo condiciones específicas de operación, tales como presión, temperatura, velocidad, tensión, forma de onda eléctrica, nivel de vibración, entre otras.
- 3) La implementación de la filosofía LM también mejoró la calidad del mantenimiento de los equipos, asegurando que estos estén disponibles para operar dentro de un período de tiempo determinado, siempre que las acciones de mantenimiento se lleven a cabo conforme a los procedimientos establecidos.

Recomendaciones

- 1) Se recomienda adoptar e implementar en los procedimientos de gestión de mantenimiento de la compañía en cuestión la metodología LM. Esta metodología permitirá evaluar y analizar el nivel de desarrollo de los procesos de gestión y ejecución del mantenimiento, facilitando la identificación de brechas significativas en su operación. Asimismo, puede servir como un modelo adaptable para su implementación en diversas compañías e industrias.
- 2) Es fundamental establecer un ambiente laboral favorable para la implementación de mejoras, involucrando activamente a líderes, planificadores, supervisores y

técnicos. El objetivo es alinear la visión y las propuestas de mejora en el área, promoviendo un trabajo colaborativo orientado hacia metas claras y resultados concretos que generen valor para la organización. Este enfoque fomenta la confiabilidad y eficiencia de los procesos.

- 3) Se propone aplicar la metodología LM como una estrategia de mejora enfocada en optimizar los indicadores de gestión de mantenimiento de los equipos. Esto resultará en una reducción de costos asociados al mantenimiento, un factor clave para alcanzar los objetivos organizacionales y mejorar la rentabilidad. Sin embargo, la implementación de la metodología por sí sola no es suficiente; es indispensable crear un entorno laboral que promueva el mejoramiento continuo entre los miembros de la compañía. Además, se sugiere incluir una sub-recomendación que contemple la estimación de los costos asociados a las operaciones, garantizando así una planificación financiera efectiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afriyuddin, C., Akmal, Y., Diky, H., & Erry, R. (2018). Implementation of Total Productive Maintenance (Tpm) in the Application of Overall Equipment (Oee) in Pt.Xyz. International Journal of Innovative Science and Research Technology. ISSN No:-2456-2165 3(9). Obtenido de <https://ijisrt.com/wp-content/uploads/2018/09/IJISRT18SP118.pdf>
- Anaya, G. (2020). Diseño de la propuesta de implementación de un sistema de mantenimiento productivo total TPM para la Empresa Colombiana de Cementos S.A.S. en la región de Rio Claro - Antioquia. Antioquía, Colombia.
- Correira, G., Da Silva, J., Fernandes, O., Casais, C., Silva, B., & Carvalh, J. (2020). Implementing a maintenance strategic plan using TPM methodology. ACAAP. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10400.22/18994>
- Cuba, C. (2018). Propuesta de mejora para incrementar la disponibilidad de los equipos en el proceso de teñido, a través de un plan de mantenimiento en una empresa textil peruana. Lima.
- Díaz, S. y Medina, A. (2020). *Reducción de tiempos improductivos para mejorar la productividad de los procesos de Carguío y Acarreo tajo Pampa Verde, minera la Zanja*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Perú]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73912/D%C3%A1z_RSS-Medina_EAN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kanti, T., & Cudney, E. (2018). Total productive maintenance. Total Quality Management & Business Excellence. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1438843>
- Lama, O. y Alayo, J. (2021). Modelo de implementación de mantenimiento lean para incrementar la eficiencia global de los equipos mineros de acarreo a través del mantenimiento productivo total y mejora continua. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú].

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/655656/Lama_HO.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Logan, J. R. (2018). Relying on the census in urban social science. *Sage Journal*, 17(3), 540-549. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1111/cico.12331>

López, Y. S. (2021). “Implementación del Mantenimiento Productivo Total para aumentar la disponibilidad de las máquinas del área de maestranza en REC. Lima.

Martínez, A. y Michan, P. (2019). *Mejora en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo de una empresa minera de la Libertad*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte, Perú]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73912/D%C3%A1z_RSS-Medina_EAN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mohan, R., Roselyn, P., Uthra, A., Devaraj, D., & Umachandran, K. (2021). Intelligent machine learning based total productive maintenance approach for achieving zero downtime in industrial machinery. *COMPUTER & INDUSTRIAL ENGINEERING*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107267>

Muñoz, M. (2019). Propuesta para mejorar el plan de mantenimiento de la planta de producción de agua potable de guayaquil identificando la criticidad de los equipos del proceso productivo enfocado en la técnica T.P.M. Ecuador.

Ogie, K., Denny, H., Alfa, O., EL, H., & Erry, R. (2018). An Analysis of Total Productive Maintenance (TPM) using Total Production Ratio (TPR) Method on Aluminum Die Casting Products in PT XYZ. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. Obtenido de <https://ijisrt.com/wp-content/uploads/2018/06/An-Analysis-of-Total-Productive-Maintenance-TPM-using-Total-Production-Ratio-TPR-Method-on-Aluminum-Die-Casting-Products-in-PT-XYZ-2.pdf>

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol*, 35(1), 227-232. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

- Rathi, R., Mohammed, S., Amin, M., & Molleti, K. (2022). Identification of total productive maintenance barriers in Indian manufacturing industries. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.222>
- Reyes, P. (2020). Diseño de un Plan de Mantenimiento Productivo Total en una Empresa de Transporte de Mineral para Aumentar la Disponibilidad de Flota. Lima.
- Ribeiro, L., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F., & Matias, J. (2020). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.128>
- Salgado, C. (2020). *Mejora de la productividad en equipos de acarreo y transporte de mineral y desmonte en la veta Gavia, Nivel 100, Unidad Minera Huarón*. [Tesis de grado, Universidad Continental, Perú]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8430/3/IV_FIN_10_TE_Salgado_Gaspar_2020.pdf
- Shaturaev, S., & Bekimbetova, G. (2021). TRANSFORMATION OF BUSINESS EFFICIENCY WITH THE LEAN MANAGEMENT. Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft. Obtenido de <https://cyberleninka.ru/article/n/transformation-of-business-efficiency-with-the-lean-management>
- Subha, S., Sudharsanan, T., Vijaya, V., & Padmakumar, M. (2019). Overall Equipment Effectiveness (OEE) analysis and improvement in a spinning unit. International Journal of Applied Engineering Research. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Padmakumar-Muthuswamy-2/publication/283782277_Overall_equipment_effectiveness_OEE_analysis_and_improvement_in_a_spinning_unit/links/62908f14c660ab61f8490fd1/Overall-equipment-effectiveness-OEE-analysis-and-improvement-
- Sukma, D., Prabowo, H., Setiawan, I., Kurnia, H., & Fahturizal, M. (2022). Implementation of Total Productive Maintenance to Improve Overall Equipment Effectiveness of Linear Accelerator Synergy Platform Cancer Therapy. International Journal of Enigneering. 32(7) 1246 - 1256. Obtenido de 10.5829/IJE.2022.35.07A.04

- Tejada, J. (2019). Propuesta de Modelo de Optimización de la Disponibilidad de Maquinaria y Equipo del Área de Maestranza de la Empresa FAMAI, Utilizando la Metodología del Mantenimiento Productivo Total –TPM. Arequipa.
- Torres, R. (2019). “Implementación de Metodología TPM para Reducir Costos de Mantenimiento en Planta de Productos Químicos”. Lima.
- Velezmoro, M. y Solís, A. (2019). *Implementación de la metodología Lean Maintenance para la línea de producción “gres porcelánico” en una empresa del rubro cerámico*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/651722/Velezmoro_JM.pdf?sequence=3&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

| PROBLEMA General | OBJETIVOS General | PROBLEMÁTICA DE ESTUDIO | VARIABLES | DIMENSIONES | METODOLOGÍA |
|--|---|--|--|---|--|
| ¿En qué medida la implementación del Lean Maintenance mejora la disponibilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022? | Determinar en qué medida la implementación del Lean Maintenance mejora la disponibilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022 | La empresa minera recurre al mantenimiento correctivo, provocando paradas innecesarias de largo tiempo no planificadas, afectando negativamente en el transporte de los minerales y la productividad | VARIABLE DEPENDIENTE: Lean Maintenance | D1. Mantenimiento autónomo D2. Mantenimiento planificado D3. Capacitación | Enfoque: Cuantitativo Tipo: aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Pre experimental Población: Información del mantenimiento realizado de los meses de Julio a Septiembre Muestreo: no probabilístico Técnica: Ficha de análisis Instrumento: Guía de análisis Análisis: Estadística descriptiva e Inferencial Línea de investigación: Mantenimiento |
| Específicas | Específicos | | VARIABLE INDEPENDIENTE: Disponibilidad | D1. Fiabilidad D2. Mantenibilidad | |
| ¿En qué medida la implementación del Lean Maintenance mejora la disponibilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022? | Determinar en qué medida la implementación del Lean Maintenance mejora la fiabilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022 | | | | |
| ¿En qué medida la implementación del Lean Maintenance mejora la mantenibilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022? | Determinar en qué medida la implementación del Lean Maintenance mejora la mantenibilidad de equipos de carguío en una empresa minera de Arequipa – 2022 | | | | |

Anexo 2. Criterios de puntuación de autodiagnóstico Lean

| Explicación | |
|--------------------|--|
| | Define el nivel más alto de valoración del criterio. El evaluado está totalmente de acuerdo con la afirmación. |
| A | El evaluado confirma la existencia del documento escrito o lo indicado en el criterio, y el personal lo conoce. Considera que más del 95% cumple con lo afirmado. |
| | Define el segundo nivel de valoración del criterio El evaluado está de acuerdo con la afirmación, en términos generales. |
| B | El evaluado considera que, a pesar que no se tiene un documento escrito, el personal conoce el proceso o procedimiento Considera que más del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio |
| | Define el tercer nivel de valoración del criterio El evaluado no está de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación hecha. |
| C | El evaluado no está seguro de la existencia de un documento escrito al respecto, y en todo caso no es de conocimiento de todos El evaluado considera que el 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio |
| | Define un nivel inferior al promedio de valoración del criterio El evaluado no está de acuerdo con la afirmación del criterio, en términos generales |
| D | El evaluado considera que el personal no tiene conocimiento del proceso o procedimiento mencionado en el criterio El evaluado considera que menos del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio |
| | Define el nivel más bajo de valoración del criterio El evaluado está totalmente en desacuerdo con la afirmación |
| E | El evaluado confirma que no existe documento alguno y que el personal desconoce aspectos relacionados El evaluado considera que menos del 20% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio |

Anexo 3. Proyección de Mantenimiento preventivo

| PROYECCION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | PROYECTA DO | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---------|-----------|-------------------------|-----------|---------------|----------------|------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------|------------|---------------------|---------|
| | | | | ULTIMO MANTENIMIENTO | | | DATOS ACTUALES | | | | TIEMPO FALTANTE | | | PROX. MANTENIMIENTO | |
| FLOTA | COD | PLACA | FRE C. | FECHA | PLA NO | HOROM ETRO | HOROM ETRO | FECHA | T. USO | HR/ KM TRA B | HR/K M FAL | DI AS FAL L | FECHA | PM | HOROM. |
| CAMION VOLQUETE | V-333 | ALN-715 | 250 | 30-abr.-23 | PM5 | 18,113.0 | 18,295.2 | 23-may.-23 | 16 | 182 | 68 | 5 | 28-may.-23 | PM6 | 18363.0 |
| CAMION VOLQUETE | V-430 | AVQ-923 | 250 | 1-may.-23 | PM7 | 17,715.0 | 17,895.6 | 23-may.-23 | 16 | 181 | 69 | 5 | 28-may.-23 | PM8 | 17965.0 |
| CAMION VOLQUETE | V-340 | ALL-926 | 250 | 19-abr.-23 | PM5 | 15,012.0 | 15,181.3 | 23-may.-23 | 16 | 169 | 81 | 6 | 29-may.-23 | PM6 | 15262.0 |
| CAMION VOLQUETE | V-332 | ALM-871 | 250 | 7-may.-23 | PM2 | 14,903.6 | 15,055.4 | 23-may.-23 | 16 | 152 | 98 | 7 | 30-may.-23 | PM3 | 15153.6 |
| CAMION VOLQUETE | V-341 | ALM-733 | 250 | 6-may.-23 | PM2 | 17,708.2 | 17,839.3 | 23-may.-23 | 16 | 131 | 119 | 8 | 31-may.-23 | PM3 | 17958.2 |
| CAMION VOLQUETE | V-365 | ASL-854 | 250 | 12-abr.-23 | PM2 | 16,893.4 | 17,025.3 | 23-may.-23 | 16 | 132 | 118 | 8 | 31-may.-23 | PM3 | 17143.4 |
| CAMION VOLQUETE | V-432 | AVS-845 | 250 | 8-may.-23 | PM3 | 13,722.2 | 13,838.3 | 23-may.-23 | 16 | 116 | 134 | 9 | 1-jun.-23 | PM4 | 13972.2 |
| CAMION VOLQUETE | V-409 | AVQ-922 | 250 | 20-abr.-23 | PM2 | 16,711.5 | 16,806.5 | 23-may.-23 | 16 | 95 | 155 | 10 | 2-jun.-23 | PM3 | 16961.5 |
| CAMION VOLQUETE | V-342 | ALN-716 | 250 | 16-may.- 23 | PM5 | 12,218.0 | 12,277.2 | 23-may.-23 | 16 | 59 | 191 | 12 | 4-jun.-23 | PM6 | 12468.0 |
| CAMION VOLQUETE | V-343 | ALN-747 | 250 | 17-may.- 23 | PM6 | 17,456.0 | 17,529.5 | 23-may.-23 | 16 | 73 | 177 | 12 | 4-jun.-23 | PM7 | 17706.0 |
| CAMION VOLQUETE | V-424 | AVR-754 | 250 | 20-may.- 23 | PM4 | 17,521.0 | 17,547.6 | 23-may.-23 | 16 | 27 | 223 | 14 | 6-jun.-23 | PM5 | 17771.0 |
| CAMION VOLQUETE | V-431 | AVQ-809 | 250 | 18-may.- 23 | PM3 | 17,864.0 | 17,890.6 | 23-may.-23 | 16 | 27 | 223 | 14 | 6-jun.-23 | PM4 | 18114.0 |

Anexo 4. Data de disponibilidad mecánica de los equipos

| Familia | Modelo | Equipo | Grupo plan | Disponibilidad Mecánica | Tiempo parada | Estado | FECHA |
|-----------|----------|--------|------------|-------------------------|---------------|-------------|------------|
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 94 | 41.75 | | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 0 | 744.00 | Operacional | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 97 | 23.67 | Operacional | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 96 | 32.67 | Operacional | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 77 | 170.50 | | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 53 | 353.31 | Operacional | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 95 | 40.50 | Operacional | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 97 | 22.58 | Operacional | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 92 | 61.00 | Operacional | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 87 | 99.58 | Operacional | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 37 | 467.17 | Operacional | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 4 | 716.00 | Operacional | 31/01/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 98 | 14 | Operacional | 28/02/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 0 | 672 | | 28/02/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 97 | 19.58 | | 28/02/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 99 | 9.75 | | 28/02/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 80 | 132.83 | | 28/02/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 59 | 272.44 | Operacional | 28/02/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 62 | 256.42 | Operacional | 28/02/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 92 | 51.67 | Operacional | 28/02/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 71 | 192.92 | Operacional | 28/02/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 85 | 98.92 | Operacional | 28/02/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 58 | 280.58 | Operacional | 28/02/2022 |

| | | | | | | | |
|-----------|----------|-------|-----|----|--------|-------------|------------|
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 7 | 624 | | 28/02/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 98 | 17.92 | Garantía | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 0 | 744 | Operacional | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 97 | 19.5 | Operacional | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 90 | 71.08 | Operacional | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 95 | 37.42 | Operacional | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 96 | 30.71 | Operacional | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 0 | 744 | | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 32 | 503.17 | Operacional | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 94 | 47.33 | Operacional | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 81 | 142.08 | Operacional | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 92 | 60.83 | Operacional | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 66 | 252 | Operacional | 31/03/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 83 | 121.92 | Operacional | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 0 | 720 | | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 96 | 28.35 | Operacional | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 91 | 64.5 | Operacional | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 90 | 68.5 | Operacional | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 90 | 70.16 | | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 0 | 720 | | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 92 | 61.23 | | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 90 | 71.17 | Operacional | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 89 | 76.89 | Operacional | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 80 | 145.98 | Operacional | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 80 | 145.58 | | 30/04/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 88 | 90.03 | | 31/05/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 0 | 744 | | 31/05/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 95 | 34.17 | | 31/05/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 62 | 282.68 | | 31/05/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 95 | 38.95 | | 31/05/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 96 | 31.49 | | 31/05/2022 |

| | | | | | | | |
|-----------|----------|-------|-----|----|--------|-------------|------------|
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 0 | 744 | | 31/05/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 89 | 85.5 | | 31/05/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 93 | 52.83 | Operacional | 31/05/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 70 | 221.47 | | 31/05/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 90 | 76.66 | Operacional | 31/05/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 45 | 412.29 | | 31/05/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 95 | 36.25 | | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 6 | 678 | | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 96 | 25.58 | | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 99 | 4.83 | | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 99 | 9.23 | | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 93 | 50.91 | | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 24 | 550.83 | | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 97 | 19.56 | | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 94 | 40.14 | | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 89 | 75.75 | | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 14 | 622 | Operacional | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 0 | 720 | | 30/06/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 99 | 6.82 | | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 98 | 17.33 | | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 97 | 20 | | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 14 | 642.06 | Operacional | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 71 | 217.42 | | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 95 | 39.88 | | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 88 | 87.45 | | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 89 | 80 | | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 94 | 41.58 | | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 96 | 33.5 | | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 9 | 676 | Operacional | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 0 | 744 | | 31/07/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 95 | 35.17 | | 31/08/2022 |

| | | | | | | | |
|-----------|----------|-------|-----|-----|--------|-------------------|------------|
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 94 | 41.5 | | 31/08/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 96 | 26.58 | | 31/08/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 0 | 744 | Operacional | 31/08/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 96 | 30.92 | | 31/08/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 100 | 2 | Stand by:20220809 | 31/08/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 95 | 34 | | 31/08/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 55 | 332 | | 31/08/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 87 | 98.2 | | 31/08/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 57 | 317.58 | | 31/08/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 94 | 41.67 | | 31/08/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 0 | 744 | | 31/08/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 96 | 32.22 | | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 91 | 61.79 | | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 72 | 203.33 | | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 86 | 99.67 | Operacional | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 94 | 41.67 | | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 92 | 60.25 | Stand by:20220913 | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 77 | 163.85 | | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 83 | 121.6 | | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 76 | 174.67 | | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 94 | 40.25 | | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 95 | 38.67 | | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 0 | 720 | | 30/09/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 95 | 35.75 | | 31/10/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 98 | 17 | | 31/10/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 97 | 20.08 | | 31/10/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 96 | 31.98 | | 31/10/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 96 | 27 | | 31/10/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 91 | 69.33 | | 31/10/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 34 | 493.58 | | 31/10/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 73 | 203.32 | | 31/10/2022 |

| | | | | | | |
|-----------|----------|-------|-----|----|--------|------------|
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 96 | 26.17 | 31/10/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 73 | 201.63 | 31/10/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 96 | 30.67 | 31/10/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 0 | 744 | 31/10/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 98 | 13.67 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 85 | 109.92 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 84 | 113.49 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 97 | 23.25 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 91 | 64.4 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 95 | 38.52 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 0 | 720 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 74 | 186.4 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 82 | 131.17 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 89 | 76.48 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 95 | 33.08 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 0 | 720 | 30/11/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 94 | 43.17 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 59 | 308.32 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 87 | 94.48 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 95 | 40.18 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 94 | 41.72 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 82 | 133.33 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 72 | 206.65 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 90 | 77.98 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 51 | 364.14 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 64 | 267.4 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 69 | 232.71 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 14 | 642.17 | 31/12/2022 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 92 | 58.73 | 31/01/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 93 | 55.75 | 31/01/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 91 | 65.4 | 31/01/2023 |

| | | | | | | | |
|-----------|----------|-------|-----|----|--------|-------------------|------------|
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 88 | 90.73 | | 31/01/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 96 | 31.5 | | 31/01/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 85 | 111.65 | | 31/01/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 94 | 47.5 | | 31/01/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 88 | 88.48 | Stand by:20230118 | 31/01/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 93 | 53.69 | | 31/01/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 94 | 42.9 | | 31/01/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 94 | 48.07 | | 31/01/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 85 | 108.78 | Operacional | 31/01/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 96 | 29.35 | Operacional | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 65 | 234.48 | | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 93 | 45.11 | | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 97 | 22.79 | | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 70 | 199 | | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 92 | 53.99 | | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 94 | 42.89 | | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 96 | 29.15 | | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 82 | 119.99 | Operacional | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 71 | 194.97 | | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 98 | 13.63 | | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 94 | 43.1 | | 28/02/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 94 | 42.72 | Operacional | 31/03/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 0 | 744 | | 31/03/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 93 | 51.12 | Operacional | 31/03/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 97 | 20.4 | Operacional | 31/03/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 94 | 41.73 | Stand by:20230313 | 31/03/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 81 | 138.95 | Operacional | 31/03/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 95 | 35.49 | Stand by:20230311 | 31/03/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 97 | 23.3 | Stand by:20230313 | 31/03/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 93 | 55.26 | Stand by:20230311 | 31/03/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 97 | 24.13 | Stand by:20230329 | 31/03/2023 |

| | | | | | | | |
|-----------|----------|-------|-----|-----|--------|-------------------|------------|
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 95 | 35.87 | Operacional | 31/03/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 91 | 66.78 | Stand by:20230309 | 31/03/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 95 | 35.82 | Operacional | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 50 | 357.23 | Operacional | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 97 | 20.25 | | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 97 | 21.62 | Operacional | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 94 | 39.69 | Operacional | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 62 | 276.42 | Operacional | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 90 | 69.03 | Operacional | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 94 | 42 | Operacional | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 87 | 91.75 | Stand by:20230425 | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 92 | 57.91 | Operacional | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 93 | 51.59 | Operacional | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 54 | 330.17 | | 30/04/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-333 | TAR | 98 | 2.73 | | 31/05/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-340 | TAR | 100 | 0 | | 31/05/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-341 | TAR | 100 | 0 | | 31/05/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-342 | TAR | 99 | 1.98 | | 31/05/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-343 | TAR | 97 | 3.98 | | 31/05/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-365 | TAR | 100 | 0 | | 31/05/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-409 | TAR | 99 | 1 | | 31/05/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-424 | TAR | 100 | 0 | | 31/05/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-428 | TAR | 97 | 4.98 | | 31/05/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-430 | TAR | 99 | 1.15 | Operacional | 31/05/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-431 | TAR | 94 | 8.47 | Operacional | 31/05/2023 |
| VOLQUETES | FMX 8X4R | V-432 | TAR | 55 | 64.81 | | 31/05/2023 |

Anexo 5. Check list de excavadora

| HOJA DE INSPECCION DE EXCAVADORA | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|---------------------|--|
| CODIGO | | | | | |
| DESCRIPCION | | | | PROPIETARIO | |
| MARCA | | | | FECHA DE INSPECCION | |
| MODELO | | | | LUGAR DE INSPECCION | |
| SERIE MAQ. | | | | | |
| HOROMETRO | | | | | |

| | B | M | R | NO | OBSERVACIONES |
|----------------------------------|---|---|---|----|---------------|
| MOTOR | | | | | |
| FILTRO(S) DE ACEITE | | | | | |
| FILTRO(S) DE COMBUSTIBLE | | | | | |
| FILTRO DE AIRE | | | | | |
| BOMBA DE INYECCIÓN REGULADA | | | | | |
| RADIADOR C/ANTICONGELANTE | | | | | |
| M | | | | | |
| TURBO ALIMENTADOR | | | | | |
| FAJAS | | | | | |
| TANQUE Y CAÑERÍAS DE COMBUSTIBLE | | | | | |
| TUBO DE ESCAPE | | | | | |
| SILENCIADOR | | | | | |
| NIVEL DE ACEITE (CAMBIO) | | | | | |
| SEPARADOR DE AGUA | | | | | |
| SOPORTES DE MOTOR | | | | | |
| FILTRO DE REFRIGERANTE | | | | | |
| MULTIPLE DE EXC/ADMI | | | | | |
| | | | | | |
| SISTEMA ELÉCTRICO | | | | | |
| ALTERNADOR | | | | | |
| ARRANCADOR | | | | | |

| | | | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|
| BATERÍA(S) | | | | | |
| TABLERO DE CONTROL | | | | | |
| LUCES DEL/POST/INT | | | | | |
| CLAXON | | | | | |
| ALARMA DE RETROCESO | | | | | |
| CIRCULINA | | | | | |
| FAROS NEBLINEROS | | | | | |
| LUCES DEL TABLERO | | | | | |
| LIMPIAPARABRISAS | | | | | |
| LUCES DE ALARMA | | | | | |
| TARJETA ELECTRÓNICA | | | | | |
| FUSIBLES | | | | | |
| | | | | | |
| SISTEMA DE FRENOS TRAS. Y GIRO | | | | | |
| FRENO DE GIRO | | | | | |
| PRESIÓN HIDR. DE FRENOS | | | | | |
| FRENO DE PARQUEO | | | | | |
| NIVEL DE ACEITE DE ENGRANAJES DE GIRO | | | | | |
| SISTEMA HIDRÁULICO | | | | | |

| | | | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|
| NIVEL DE ACEITE | | | | | |
| TANQUE HIDRÁULICO | | | | | |
| FILTROS HIDRÁULICOS | | | | | |
| ENFRIADOR DE ACEITE | | | | | |
| MANGUERAS Y CONEX. HIDRÁULICAS | | | | | |
| RESPIRADOR DE TANQUE | | | | | |
| | | | | | |
| VARIOS | | | | | |
| CABINA ROP | | | | | |
| PARABRISAS Y LUNAS | | | | | |
| LLAVE DE CONTACTO | | | | | |
| HOROMETRO | | | | | |
| AIRE ACONDICIONADO/CALEFACCIÓN | | | | | |
| EQUIPO DE COMUNICACIÓN – RADIO | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| LIMPIEZA INTERIOR | | | | | |
| ASIENTO (S) | | | | | |
| CINTURÓN DE SEGURIDAD | | | | | |
| BOTIQUÍN C/MEDICINAS | | | | | |
| EXTINTOR | | | | | |
| ESPEJO INT + 2 RETROVISORES | | | | | |
| LLANTAS | | | | | |
| CÓDIGO, LOGOTIPO | | | | | |
| PUERTAS Y MANIJAS | | | | | |
| NIVEL DE ACEITE / CAJA DE ENGRANAJE | | | | | |
| PINTURA GENERAL | | | | | |
| CHASIS | | | | | |
| MANUAL DE OPERACIONES, PARTES Y MANTENIMIENTO | | | | | |
| CAPOT DE MOTOR Y PISTONES DE GAS | | | | | |
| | | | | | |
| ACCESORIOS | | | | | |
| BOON | | | | | |
| MANGUERAS DE BLOCK A BOON : 9 | | | | | |
| 4 MANGUERAS DE BOTELLAS DE BOON | | | | | |
| 2 MANG. DE PUENTE BOTELLAS DE BOON | | | | | |
| BOTELLAS HIDR. | | | | | |
| ABRAZADERAS DE PLÁSTICO PARA MANG. | | | | | |
| CABLEADO ELÉCTRICO | | | | | |
| FAROS DE TRABAJO | | | | | |
| PINES CON SEGUROS Y PERNOS | | | | | |
| TUBERÍAS HIDRÁULICAS | | | | | |
| GRASERAS | | | | | |
| RETEN DE GRASA | | | | | |
| MANGUERAS DE LUBRICACIÓN DE PINES | | | | | |
| STICK | | | | | |
| ACOPLES PARA CUCHARÓN | | | | | |
| PIN DE ACOPLES CON TUERCA Y SEGURO | | | | | |
| BOTELLA HIDR | | | | | |
| BOCINAS | | | | | |
| MANGUERAS | | | | | |
| PINES CON SEGUROS Y PERNOS | | | | | |

| | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|
| GRASERAS | | | | | | |
| CUCHARÓN | | | | | | |
| BASE DE UÑAS | | | | | | |
| UÑAS CON SEGUROS | | | | | | |
| BOCINAS | | | | | | |
| PINES CON SEGUROS Y PERNOS | | | | | | |

Anexo 6. Check list de camión volquete

| HOJA DE INSPECCION DE CAMION VOLQUETE | | | | | |
|---|----------|---------------------|----------|-----------|----------------------|
| CODIGO | | | | | |
| DESCRIPCION | | PROPIETARIO | | | |
| MARCA | | FECHA DE INSPECCION | | | |
| MODELO | | LUGAR DE INSPECCION | | | |
| SERIE MAQ. | | | | | |
| HOROMETRO | | | | | |
| PLACA | | | | | |
| | | | | | |
| | B | M | R | NO | OBSERVACIONES |
| MOTOR | | | | | |
| Funcionamiento de motor | | | | | |
| Tapa de llenado de aceite de motor | | | | | |
| Varilla de medición de nivel de aceite | | | | | |
| Fugas de aceite de motor | | | | | |
| Estado de filtros de aire | | | | | |
| Estado de filtros de aceite | | | | | |
| Estado del turbo alimentador | | | | | |
| Faja de ventilador | | | | | |
| Estado del radiador | | | | | |
| Tapa de radiador | | | | | |
| Estado de mangueras de radiador y enfriador | | | | | |
| Freno de motor | | | | | |
| Bomba de agua | | | | | |
| Compresor | | | | | |
| SISTEMA DE LUBRICACION | | | | | |
| Estado del aceite | | | | | |
| Horómetro y fecha del último cambio | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| Consumo de aceite | | | | | |
| Fugas de aceite | | | | | |
| SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE | | | | | |
| Tuberías de múltiple de admisión | | | | | |
| Tuberías de múltiple de escape | | | | | |
| Silenciador | | | | | |
| Soportes de silenciador | | | | | |
| Fugas de gases de escape | | | | | |
| SISTEMA DE COMBUSTIBLE | | | | | |
| Humo por el escape | | | | | |
| Bomba de cebado de combustible | | | | | |
| Filtro de petróleo | | | | | |
| Tanque de combustible | | | | | |
| Tapa de tanque de combustible | | | | | |
| Medidor de nivel de tanque de combustible | | | | | |
| Estado de los inyectores | | | | | |
| Estado de las cañerías | | | | | |
| Fugas de petróleo | | | | | |
| Estado de la bomba de inyección | | | | | |
| Estado del filtro racor | | | | | |
| SISTEMA ELECTRICO MOTRIZ | | | | | |
| Alternador | | | | | |

| | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|
| Carga de alternador | | | | | |
| Faja de alternador | | | | | |
| Amperímetro | | | | | |
| Acumuladores (baterías) | | | | | |
| Bornes de baterías | | | | | |
| Cables de baterías | | | | | |
| Cableado del circuito en general | | | | | |
| Luces en general | | | | | |
| Plumilla limpia parabrisas | | | | | |
| Claxon | | | | | |
| Arrancador | | | | | |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| Chapa de contacto | | | | | |
| Luces de alta y baja | | | | | |
| Luces de direccionales | | | | | |
| Luces de estacionamiento | | | | | |
| Luces de frenos | | | | | |
| Luces de la cabina | | | | | |
| Alarma de retroceso | | | | | |
| Faro neblinero y pirata | | | | | |
| Trico | | | | | |
| Tablero de control | | | | | |
| Roceador | | | | | |
| SISTEMA DE TRANSMISION | | | | | |
| Embrague | | | | | |
| Pedal de embrague | | | | | |
| Disco de embrague | | | | | |
| Nivel de líquido | | | | | |
| Nivel de aceite Corona 1 | | | | | |
| Nivel de aceite Corona 2 | | | | | |
| Bloqueadores de diferencial | | | | | |
| Nivel de aceite de los cubos eje medio | | | | | |
| Nivel de aceite de los cubos posteriores | | | | | |
| CAJA DE CAMBIOS | | | | | |
| Estado y nivel de aceite | | | | | |
| Filtro de aceite | | | | | |
| Ruidos en el interior | | | | | |
| Fugas de aceite | | | | | |
| ACOPLES DE TRANSMISION | | | | | |
| Cardanes | | | | | |
| Crucetas | | | | | |
| Soportes de cardan | | | | | |
| Graseras de cardan y cruceta | | | | | |
| SISTEMA DE FRENO | | | | | |
| Estado de los frenos | | | | | |
| Bomba maestra de freno | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| Fugas de aire. | | | | | |
| Compresor | | | | | |
| Estado de los "pulmones" posteriores 04 | | | | | |
| Estado de los "pulmones" delanteros 02 | | | | | |
| Estado de las zapatas delanteras 2 | | | | | |
| Estado de las zapatas posteriores 4 | | | | | |
| SISTEMA DE DIRECCION | | | | | |
| Mecanismos de dirección | | | | | |
| Cilindros de dirección | | | | | |
| Bomba hidráulica de dirección | | | | | |

| | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|
| Alineamiento de dirección | | | | | |
| Terminales de dirección | | | | | |
| Filtro | | | | | |
| Brazo de dirección | | | | | |
| Caja de dirección/Bomba | | | | | |
| SUSPENSION | | | | | |
| Muelles delanteros | | | | | |
| Muelles posteriores | | | | | |
| Resortes progresivos 04 | | | | | |
| Amortiguadores | | | | | |
| Barra estabilizadora | | | | | |
| Barras de torque "V" | | | | | |
| SISTEMA DE NEUMATICOS | | | | | |
| Estado de llantas y aros (D,M,P) | | | | | |
| Llanta de repuesto | | | | | |
| Pernos y tuercas de llanta | | | | | |
| Espárragos | | | | | |
| CABINA | | | | | |
| Indicadores | | | | | |
| Controles | | | | | |
| Asiento de copiloto y/o pasajero | | | | | |
| Ventilador/calefacción | | | | | |
| Espejos laterales retrovisores | | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Coderas | | | | | |
| Correa desseguridad | | | | | |
| Pisos | | | | | |
| Tapiz de puertas | | | | | |
| Chapas de puertas | | | | | |
| Cremallera de vidrio de puertas | | | | | |
| Manija de levanta vidrio | | | | | |
| Parabrisas y vidrios | | | | | |
| Bisagras de puerta | | | | | |
| Gomas de puerta | | | | | |
| Tapasol | | | | | |
| circulina | | | | | |
| ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS | | | | | |
| Extintor (6Kg) | | | | | |
| Gata hidráulica 20 Ton con palanca | | | | | |
| Llave de rueda con palanca | | | | | |
| Triángulo de seguridad | | | | | |
| Llave de contacto | | | | | |
| Herramientas | | | | | |
| Botiquín | | | | | |
| Placas | | | | | |
| Linterna | | | | | |
| Cinta reflectora | | | | | |
| Conos de seguridad / tacos metálicos | | | | | |
| Medidor de aire | | | | | |
| VOLQUETE | | | | | |
| Bomba hidráulica | | | | | |
| cardan de toma fuerza | | | | | |
| Block de válvulas | | | | | |
| Mangueras hidráulicas | | | | | |
| Tanque hidráulico | | | | | |
| Filtro hidra. | | | | | |
| Pistón telescópico | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| tolva | | | | | |
| Compuerta de tolva | | | | | |
| pin de anclaje de tolva | | | | | |
| luces de tolva | | | | | |
| Guía de tolva | | | | | |
| Seguro de tolva levantada | | | | | |
| DOCUMENTOS | | | | | |
| SOAT | | | | | |
| Manual de operaciones y/o mantenimiento | | | | | |
| Tarjeta de propiedad | | | | | |

LEYENDA:

B : Existe el componente en buen estado

M : Existe el componente en mal estado, es necesario reemplazar.

R : Existe el componente en regular estado, puede seguir trabajando.

NO: No existe el componente. Esto puede ser por que le falta o porque no es parte del equipo.

OBSERVACIONE

ESTADO DE LLANTAS

