



UPA Universidad
Politécnica Amazónica

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS

**Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo
para mejorar la disponibilidad de la maquinaria
pesada de la Municipalidad Distrital Aramango,
Provincia Bagua – Amazonas**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

Autor: Bach. Ugaz Jara, Bener Onan

<https://orcid.org/0009-0002-8938-8322>

Asesor: Ing. Mejía Vásquez, Eduar Jamis

<https://orcid.org/0000-0002-9018-9569>

Registro: UPA-PITIM0053

Bagua Grande – Perú

2023

Dedicatoria

Quiero dedicar esta tesis primeramente a Dios por permitirme culminar con éxito mi tan anhelada carrera, darme buena salud y fortaleza en todo momento.

A mis padres Camilo Ugaz Mera y Reina Jara Silva, que me apoyaron y estuvieron en los malos y buenos momentos, y por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

A mis hermanos, que juntos a nuestros padres han sido apoyo incondicional y fuente de inspiración para este trabajo.

Agradecimiento

Primeramente, agradecer a mis padres que estuvieron hay en todo momento y por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlos frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

Agradecer a la Universidad Politécnica Amazónica, casa de estudios que me permitió crecer académicamente y tener una educación de calidad.

También agradecer a beca 18 por brindarme la oportunidad de seguir con mis sueños de poder llegar a ser un profesional.

Autoridades universitarias

Rector : Dr. Lázaro Bazán, Ever Salome
Coordinador de escuela : Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

Visto bueno del asesor

Yo Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez, Coordinador y Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Amazónica, dejo constancia de haber asesorado al tesista Bach. Bener Onan Ugaz Jara, en su tesis titulada “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, Provincia Bagua – Amazonas”. Asimismo, se deja constancia que se han levantado las observaciones señaladas en las revisiones previas a esta presentación.

Por lo indicado, doy fe y visto bueno.

Bagua Grande, 20 de noviembre de 2023.



Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

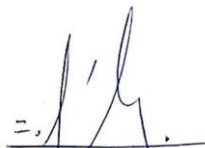
Asesor

Jurado evaluador



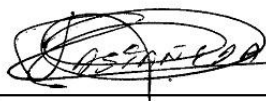
Mg. Ing. Emilio Periche Chunga

Presidente



Dr. Ever Salomé Lázaro Bazán

Secretario



Mg. Ing. Juan José Castañeda León

Vocal

Declaración jurada de no plagio

Yo, Bener Onan Ugaz Jara, identificado con DNI 48363076, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Amazónica.

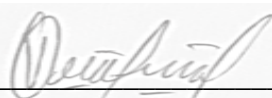
Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, Provincia Bagua – Amazonas”
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.
6. Se ha respetado las consideraciones éticas en la investigación.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda la responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir todas las cargas pecuniarias que pudiera derivarse para la Universidad Politécnica Amazónica en favor de terceros por motivos de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del cumplimiento de lo declarado, y que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias o sanciones civiles y penales que de mi acción deriven.

Bagua Grande, 20 de noviembre de 2023.



Bener Onan Ugaz Jara

DNI. 48363076



Resultado del análisis

Archivo: Informe Bener Ugaz Jara.docx

Estadísticas

Sospechosas en Internet: 5,43%

Porcentaje del texto con expresiones en internet .

Sospechas confirmadas: 3,74%

Confirmada existencia de los tramos en las direcciones encontradas .

Texto analizado: 66,07%

Porcentaje del texto analizado efectivamente (no se analizan las frases cortas, caracteres especiales, texto roto).

Éxito del análisis: 100%

Porcentaje de éxito de la investigación, indica la calidad del análisis, cuanto más alto mejor.

Direcciones más relevantes encontradas:

Dirección (URL)	Ocurrencias	Semejanza
https://www.linguee.com/spanish-english/translation/la+vida+%C3%BAtil+de+los+equipos.html	31	2,78 %
https://es.lamdageeks.com/engine-fuel-tank-sediment-build-up/	24	6,1 %
https://www.mdpi.com/2076-3417/11/6/2546	23	1,87 %
https://www.mdpi.com/2076-3417/11/6/2546/review_report	15	1,34 %
https://es.lamdageeks.com/engine-oil-pan-design/	15	6,06 %
http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11294?show=full	15	3,26 %

Texto analizado:

-16700523495

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS

Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, Provincia Bagua Amazonas

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECÁNICO

Autor: Bach. Ugaz Jara, Bener Onan

orcid.org/0009-0002-8938-8322

Asesor: Ing. Mejía Vásquez, Eduar Jamis

orcid.org/0000-0002-9018-9569

Registro: UPA-PITIM0053

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Autoridades universitarias.....	iv
Visto bueno del asesor.....	v
Jurado evaluador	vi
Declaración jurada de no plagio.....	vii
Índice.....	ix
Índice de tablas.....	xi
Índice de figuras	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
I. Introducción	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación del problema	2
1.4. Hipótesis	3
1.5. Objetivo general	4
1.6. Objetivos específicos	4
II. Marco teórico	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1. Mantenimiento	7
2.2.2. Tipos de mantenimiento	8
2.2.3. Plan de mantenimiento preventivo.....	10
2.2.4. Gestión de mantenimiento.....	10
2.2.5. Indicadores de gestión de mantenimiento	12
2.2.6. Indicadores de disponibilidad.....	12
2.2.7. Maquinaria pesada.....	13
2.3. Definición de términos	14
III. Material y métodos.....	16

3.1.	Diseño de investigación.....	16
3.2.	Población, muestra y muestreo	16
3.3.	Determinación de variables	16
3.4.	Fuentes de información	17
3.5.	Métodos	17
3.6.	Técnicas e instrumentos.....	17
3.7.	Procedimiento	17
3.8.	Análisis estadístico	18
3.9.	Consideraciones éticas.....	18
IV.	Resultados	19
4.1.	Caracterización de los activos de la Municipalidad Distrital Aramango, según la norma ISO 27001	19
4.2.	Cálculo de la disponibilidad actual de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango	21
4.3.	Actividades de mantenimiento preventivo para el pool de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango.....	34
4.4.	Propuesta del plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango.....	42
4.5.	Beneficio económico de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo	56
V.	Discusión.....	65
	Conclusiones	67
	Recomendaciones.....	69
	Referencias bibliográficas	70
	Anexos.....	73

Índice de tablas

Tabla 1 Caracterización del inventario de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Aramango	20
Tabla 2 Horario de trabajo de la Municipalidad Distrital de Aramango.....	21
Tabla 3 Feriados, año 2022	21
Tabla 4 Resumen del periodo de evaluación, año 2022	22
Tabla 5 Historial de paradas por mantenimiento correctivo de volquete volvo FMX4T	23
Tabla 6 Historial de paradas por mantenimiento correctivo de volquete volvo WG42T	24
Tabla 7 Historial de paradas por mantenimiento correctivo de cargador frontal CAT 962M .	26
Tabla 8 Historial de paradas por mantenimiento correctivo de motoniveladora CAT 140K ..	27
Tabla 9 Historial de paradas por mantenimiento correctivo de rodillo liso CAT CS-533E	29
Tabla 10 Historial de paradas por mantenimiento correctivo de camión compactador HINO GH	30
Tabla 11 Resumen de cantidad de días de paradas de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango	31
Tabla 12 Resumen de cantidad de horas de paradas de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango	32
Tabla 13 Calculo de la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango	33
Tabla 14 Actividades de mantenimiento para Volquete volvo FMX4T	34
Tabla 15 Actividades de mantenimiento para Volquete volvo MG42T en KM	35
Tabla 16 Actividades de mantenimiento para cargador frontal CAT 962M.....	36
Tabla 17 Actividades de mantenimiento para Motoniveladora CAT 140K.....	38
Tabla 18 Actividades de mantenimiento para Rodillo liso CAT CS-533E.....	39
Tabla 19 Actividades de mantenimiento para el Camión compactador HINO GH.....	40
Tabla 20 Gastos en el personal mecánico, año 2022.....	56
Tabla 21 Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria camión volquete volvo FMX4T, año 2022.....	56
Tabla 22 Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria camión volquete volvo WG42T, año 2022.....	57
Tabla 23 Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria cargador frontal CAT 962M, año 2022.....	57

Tabla 24 Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria motoniveladora CAT 140K, año 2022	58
Tabla 25 Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria Rodillo liso Cat CS-533E, año 2022.....	58
Tabla 26 Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria camión compactador Hino GH, año 2022	58
Tabla 27 Gastos en el personal mecánico propuesto.....	59
Tabla 28 Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria cargador frontal CAT 962M	59
Tabla 29 Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria motoniveladora CAT 140K.....	60
Tabla 30 Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria rodillo liso CAT CS-533E	61
Tabla 31 Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria camión volquete Volvo FMX4T.....	61
Tabla 32 Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria camión volquete Volvo MG42T	62
Tabla 33 Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria camión compactador Hino GH	63
Tabla 34 Comparación de costos en el personal mecánico año 2022 y el propuesto	63
Tabla 35 Comparación de costo en insumos año 2022, referente a costo de mantenimiento propuesto	64

Índice de figuras

Figura 1	Modelo de gestión de mantenimiento	11
Figura 2	Pool de maquinarias referenciales	13
Figura 3	Diseño de investigación	16
Figura 4	Procedimiento según objetivos planteados	18
Figura 5	Comportamiento de la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango	33
Figura 6	Cartilla de mantenimiento preventivo para Volquete volvo FMX4T	43
Figura 7	Cartilla de mantenimiento preventivo para Volquete volvo MG42T	44
Figura 8	Cartilla de mantenimiento preventivo para el Camión compactador HINO GH.....	45
Figura 9	Cartilla de mantenimiento preventivo para cargador frontal CAT 962M	46
Figura 10	Cartilla de mantenimiento preventivo para Motoniveladora CAT 140K	47
Figura 11	Cartilla de mantenimiento preventivo para Rodillo liso CAT CS-533E	48
Figura 12	Cronograma de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada.....	49
Figura 13	Formatos de inspección diaria para volquetes volvo FMX4T y MG42T	50
Figura 14	Formato de inspección diaria para camión compactador HINO GH.....	51
Figura 15	Formato de inspección diaria para cargador frontal CAT 962M.....	52
Figura 16	Formato de inspección diaria para motoniveladora CAT 140K	53
Figura 17	Formato de inspección diaria para rodillo liso CAT CS-533E.....	54
Figura 18	Formato de reportes de trabajo	55

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la Municipalidad Distrital Aramango, Provincia Bagua – Amazonas. Se considera un nivel de investigación descriptiva, con un diseño de investigación descriptiva con propuesta, no experimental. De acuerdo a resultados se encontraron 6 equipos críticos como cargador frontal CAT 962M, motoniveladora CAT 140K, rodillo liso CAT CS - 533 E, y equipos de transporte de material pesado como volquetes Volvo FMX 4T y MG 42T, y camión compactador HINO GH, con un total de 2990.45 horas perdidas. Consecuente a esto, se calculó la disponibilidad para cada máquina, resultando una disponibilidad del 77.29% como la más baja del volquete Volvo FMX4T, y una disponibilidad del 84.11% como la mejor disponibilidad en la motoniveladora CAT 104K. Con la propuesta del plan de mantenimiento preventivo se logró identificar a que máquinas y la cantidad de equipos a los que se le realizará el mantenimiento preventivo, también se logró estructurar los modelos de las cartillas de mantenimiento, los formatos de inspección diaria y los formatos para las órdenes de trabajo para el pool de maquinaria, y también se logró proponer un cronograma de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada. Por último, se muestra un beneficio económico que generará el plan de mantenimiento preventivo propuesto, logrando así mejoras considerables en el aspecto económico. Un plan de mantenimiento preventivo puede generar beneficios económicos significativos al mejorar la eficiencia operativa y prolongar la vida útil de los equipos.

Palabras clave: Propuesta, mantenimiento preventivo, disponibilidad, plan de mantenimiento.

ABSTRACT

The objective of this research work was to propose a preventive maintenance plan to improve the availability of heavy equipment in the Aramango District Municipality, Bagua Province – Amazonas. A level of descriptive research is considered, with a descriptive research design with a proposal, not experimental. According to the results, 6 critical pieces of equipment were found such as CAT 962M front loader, CAT 140K motor grader, CAT CS - 533 E smooth roller, and heavy material transport equipment such as Volvo FMX 4T and MG 42T dump trucks, and HINO GH compactor truck, with a total of 2990.45 hours lost. Consequently, the availability for each machine was calculated, resulting in an availability of 77.29% as the lowest for the Volvo FMX4T dump truck, and an availability of 84.11% as the best availability for the CAT 104K motor grader. With the proposal of the preventive maintenance plan, it was possible to identify which machines and the amount of equipment to which preventive maintenance will be carried out. It was also possible to structure the maintenance booklet models, the daily inspection formats and the formats for work orders for the machinery pool, and it was also possible to propose a preventive maintenance schedule for heavy machinery. Finally, an economic benefit that the proposed preventive maintenance plan will generate is shown, thus achieving considerable improvements in the economic aspect. A preventive maintenance plan can generate significant economic benefits by improving operational efficiency and extending the life of equipment.

Keywords: Proposal, preventive maintenance, availability, maintenance plan.

I. Introducción

1.1. Realidad problemática

A nivel internacional, la competitividad se basa en una gestión integrada de la industria, con un trabajo en equipo de todos los sectores, que convergen en un mismo propósito. Las industrias se centran en la producción y en todo lo que la rodea (clientes, necesidades, recursos, contexto político y social) para optimizar la eficacia operativa, la calidad y la productividad. La necesidad de que la función de Mantenimiento esté a la altura de los constantes cambios y complejidades del sistema industrial exige que el Mantenimiento esté sólidamente estructurado y adecuadamente planificado. A lo largo de los años, la importancia del mantenimiento, y en consecuencia toda la gestión necesaria, ha ido cambiando, asumiendo un papel cada vez más importante en las organizaciones, en especial en el rubro de la construcción, buscando garantizar la disponibilidad de los activos y maquinaria pesada, destacando la optimización de la fiabilidad, los costes y la seguridad (Martins et al., 2020).

La industria de la construcción es uno de los muchos factores que mueven las economías nacionales de países de todo el mundo. Actualmente, en el sector de la construcción se utilizan muchos tipos de maquinaria para ahorrar tiempo en la construcción. A pesar de ello, el sector de la construcción se enfrenta a presupuestos anuales cada vez más elevados para reparar la maquinaria. Los proyectos necesitan elegir maquinaria fiable y de alta calidad, por ello, debe disponerse de servicios adicionales para esta posibilidad. Para mantener la eficacia y precisión de la maquinaria, disponer de un plan de comprobación de las condiciones puede influir positivamente al proceso, logrando que sea más rápido y rentable (ahorrar tiempo, ahorrar costes). Cuando se producen interferencias en el transcurso del funcionamiento de la maquinaria pesada, se puede detener todo el proceso de construcción. Para garantizar que la maquinaria y los equipos utilizados en la producción se mantienen correctamente y están preparados para responder a las necesidades actuales y futuras, es necesario proporcionar una gestión adecuada (Viewwika & Panutporn, 2019).

El Perú ha manifestado un desarrollo continuo en los últimos 20 años, lo que ha provocado un importante aumento de las actividades logísticas. Además, el mercado de equipamiento, obras públicas y pool minero está indisolublemente ligado y es totalmente dependiente de los sectores de la construcción y la minería, por lo que el comportamiento del mercado de maquinaria pesada no puede estudiarse al margen de los mercados que le dan razón de ser. Debido a su alto grado de informalidad y a que se centra en bienes con poco aporte

tecnológico, la producción nacional de maquinaria pesada de construcción, obras públicas y minería es insignificante. Por otro lado, las organizaciones de medianas y pequeñas no se preocupan por el mantenimiento de los equipos, brindándoles solo un mantenimiento correctivo cuando las averías se presentan (Vega, 2017).

La gestión de la disponibilidad de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango requiere la implantación de nuevos procesos y tecnologías, así como un mayor control de los índices de cumplimiento de un plan de mantenimiento preventivo. La mayoría de las máquinas del municipio del distrito están averiadas o tienen problemas de componentes. Si alguna de las máquinas falla, la producción se detiene durante muchos días, y es frecuente que la máquina se vea obligada a funcionar a pesar de que sigue teniendo defectos y fallos en general. Cuando una máquina se ve obligada a dejar de producir, no satisface sus objetivos económicos a medio y largo plazo y aumenta sus costes de mantenimiento. Al mismo tiempo, con las averías y los fallos presentes, el reporte de disponibilidad de maquinarias aptas en todas las áreas evaluadas es ineficiente, y esto genera pérdidas de tiempo debido a las paradas por falta de mantenimiento y búsqueda de la disposición de maquinarias en las condiciones apropiadas para su funcionamiento.

1.2. Formulación del problema

¿Al proponer un plan de mantenimiento preventivo mejorará la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, provincia Bagua - Amazonas?.

1.3. Justificación del problema

Justificación científica

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo maximizar la disponibilidad y eficiencia operativa de la maquinaria pesada. Esto se traduce en un rendimiento más consistente y productivo en las actividades diarias de la municipalidad.

Por otro lado, al aplicar el método científico también se generará nuevos conocimientos relacionados a las medidas aptas para el mantenimiento a aplicarse para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada.

Justificación técnica

La justificación técnica de esta investigación radica en la necesidad de proponer un plan de mantenimiento preventivo adaptado a las condiciones operativas y características técnicas

de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango. La implementación de dicho plan contribuirá a prevenir fallos y desgastes prematuros, optimizar los intervalos de mantenimiento, maximizar la vida útil de los equipos, reducir los costos de reparación y mejorar la eficiencia de las operaciones municipales.

Justificación económica

En la Municipalidad de Aramango actualmente no se cuenta con un sistema de gestión de disponibilidad ni un plan de mantenimiento preventivo de sus maquinarias pesadas, lo que genera constantemente gastos no previstos que afectan a la entidad. Es por ello por lo que, con la puesta en práctica del presente plan propuesto se buscará reducir estos gastos y optimizar la economía con un apto registro y cronograma de mantenimiento correctivo de las maquinarias, y asegurando su disponibilidad para no presentar pérdidas económicas por la cancelación de actividades de obra que requieren estas máquinas.

Justificación social

Esta investigación se justifica en un sentido social, ya que busca ayudar a los directivos de la municipalidad de Aramango a que el área especializada tenga conocimiento del mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada y se realice el aseguramiento de su disponibilidad para la ejecución de distintas obras civiles para la población. Además, la aplicación del plan tratará de brindar solución a situaciones en las que una máquina esté en mal estado o tenga un alto riesgo de avería, ya que un accidente supone un grave daño para al menos un miembro de una familia, que debe evitarse a toda costa porque la seguridad del personal debe ser más que evidente para la empresa en cuestión. Por otro lado, el desarrollo social del distrito se beneficiará con la apta gestión de disponibilidad de la maquinaria para ejecutar sus proyectos de construcción, mejorando así la calidad de vida de la población de la zona.

Justificación ambiental

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo también tiene beneficios medioambientales al reducir la necesidad de desechos generados por reparaciones mayores. Se fomenta así una gestión responsable y sostenible de los recursos.

1.4. Hipótesis

La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, provincia Bagua – Amazonas.

1.5. Objetivo general

Proponer un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, provincia Bagua - Amazonas.

1.6. Objetivos específicos

- Caracterizar los activos de la Municipalidad Distrital Aramango de acuerdo con la norma vigente ISO 27001.
- Evaluar la disponibilidad actual del pool de maquinaria pesada.
- Definir las actividades de mantenimiento preventivo para los activos de acuerdo con el modelo de maquinaria.
- Diseñar el plan de mantenimiento preventivo que contemple la frecuencia de las revisiones, el tipo de mantenimiento requerido y capacitación del personal.
- Establecer el beneficio económico de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

Palomino-Valles et al. (2020) realizaron su investigación “Modelo de gestión del mantenimiento (TPM) centrado en la fiabilidad que permite aumentar la disponibilidad de la maquinaria pesada en el sector de la construcción”, con el fin de presentar un estudio de mantenimiento centrado en el mantenimiento productivo total (TPM) y el mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM). La problemática reconocida o trabajar fueron que el aumento de las formas mecánicas y la complejidad de los sistemas provocan un incremento de las paradas por fallos imprevistos. La metodología empleada fue de tipo explicativa y experimental, con una población de maquinarias de la empresa MACISAC, y una muestra de una línea de 8 minicargadores y una retroexcavadora. Entre los resultados se destaca que, con la propuesta de mejora, es posible un incremento del 5% en la disponibilidad general del parque de maquinaria pesada y minicargadores, y mediante la simulación del proceso de mantenimiento propuesto, se puede reducir el tiempo medio de espera entre averías de 13 horas a 7 horas. Esto supone una reducción del 15% del tiempo de inactividad. Ante ello se concluye que la propuesta fue viable, la relación coste-beneficio fue superior a 1, y esto generará beneficios y ahorros.

Kruczek et al. (2019) investigaron sobre el “Mantenimiento predictivo de máquinas mineras mediante un sistema avanzado de análisis de datos basado en la tecnología en nube”, tuvo como objetivo presentar las características más importantes de la tecnología en la nube, seguidas de ejemplos de su aplicación al mantenimiento predictivo de los sistemas de transporte subterráneo y maquinaria pesada. La problemática enfocada fue que existe una necesidad de invertir en robótica, automatización, Big Data industrial y otras nuevas tecnologías para mejorar el desarrollo de la industria de maquinaria pesada. La metodología descriptiva y no experimental realizó el análisis de una serie de casos de estudio, con una población y muestra de 2 casos de empresas. En los resultados se manifiesta que el mantenimiento predictivo se está convirtiendo en un método popular en la industria minera y los métodos adecuados podrían mejorar la eficacia del funcionamiento y la fiabilidad de las máquinas mineras. Ofrecerá la posibilidad de planificar la reparación de la máquina en el periodo óptimo y prolongará la vida útil de las máquinas. Las principales premisas de dicho sistema son su robustez y su fácil adaptación a muchos tipos diferentes de máquinas. Por lo tanto, se concluye que hay que aplicar algoritmos y métodos de análisis de datos muy eficaces y se espera que en el futuro las minas estén más automatizadas.

Reynoso (2021) investigó sobre la “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo y su influencia en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la Empresa Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco – 2019”, con el fin de evaluar el impacto de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en una organización multiservicios. Se realizó con el método cuantitativo, mediante una investigación aplicada y diseño experimental, definiendo como muestra ocho equipos, siendo el grupo de control el desempeño de los equipos en los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2018 y el grupo experimental el desempeño de los equipos en los meses de enero, febrero y marzo del año 2019, que mediante presencia y ausencia de la variable independiente (plan de mantenimiento preventivo) se midió la influencia sobre la variable dependiente (disponibilidad mecánica). En los resultados se expone que antes de la ejecución de la estrategia, la disponibilidad mecánica media de los volquetes era del 77% y la de la maquinaria pesada del 88% (línea amarilla). Tras la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, la disponibilidad de los volquetes aumentó al 94% y la de la maquinaria pesada al 95% (línea amarilla), lo que indica un aumento significativo en ambas unidades. Por lo tanto, se puede concluir que la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto positivo en la disponibilidad mecánica.

Herrera (2019) en su tesis denominada “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para optimizar el circuito de chancado en la Compañía Minera Chungar-Unidad Alpamarca”, el objetivo era mantener los equipos en perfecto estado de funcionamiento, ya que cada actividad suele requerir poco tiempo y el tiempo de desplazamiento del equipo de mantenimiento suele ser mayor que el tiempo necesario para realizar los trabajos en la maquinaria, como rellenar los formularios de gestión de la seguridad y bloquear los equipos, entre otros. Para esto recurre al desarrollo de una serie de tareas y metodologías de diseño experimental y explicativo, que posibilitan el aumento de la productividad, considerando a la población y muestra de todos los activos y maquinarias de la empresa en cuestión. Y se determinó en los resultados que la ejecución del plan preventivo permite alertar, registrar y notificar todas las órdenes de trabajo atrasadas para intervenir rápidamente de acuerdo con el plan. Además, se prepararon órdenes de trabajo preventivas con el plan de mantenimiento preventivo, asignando los recursos adecuados, como empleados, tiempo y piezas de repuesto, y se coordinarán con las operaciones. Con el informe realizado se concluye que se logra un aumento de disponibilidad de equipos del área de chancado primario, secundario y terciario.

Flores y Chuquipoma (2021) en su investigación “Plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la maquinaria pesada en la empresa Servicios Generales

Viviana E.I.R.L, distrito Huarmaca – Piura”, tuvo como objetivo principal generar el plan de mantenimiento para 12 maquinarias pesadas por la presencia de fallas repentinas, una baja eficiencia y un rendimiento por debajo del estimado. Según los datos recolectados, se obtuvo calcular el índice de criticidad identificándose 7 equipos con un rango de criticidad de 12 a 25. Con ello, se realizan las soluciones pertinentes generando un aumento de disponibilidad de 82% a 88.54% en la máquina MNCAT01 o motoniveladora con la aplicación del PMP. Por otro lado, al aplicar la misma metodología global en las maquinarias, se obtuvo un aumento de 79.57% a 85.53% generando incremento de disponibilidad de 5.96%.

Tarrillo (2020) en su investigación “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Empresa Construcción y Administración S. A, Provincia de Bagua – Amazonas”, tenía como objetivo principal establecer un plan de mantenimiento preventivo para el equipo pesado de una empresa de construcción. La investigación demuestra el cálculo de la fiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad para el estudio de las máquinas que se consideran más críticas. La metodología empleada fue del tipo aplicada, donde la muestra tiene el mismo tamaño de la población, que son las maquinarias pesadas de la municipalidad. Los resultados demuestran que se han reducido los costes derivados de las averías provocadas por la falta de mantenimiento preventivo. Una vez realizado el análisis económico, se determinó que el proyecto tenía un VAN de S/256,770.71 y una TIR del 25%. Ante ello se concluye que el plan de mantenimiento propuesto se determinar con cuatro tipos de mantenimiento de acuerdo a su tiempo de aplicación siendo C a 500 horas, M a 1000 h, L a 2000 h y por último ML a 3000 h.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mantenimiento

El mantenimiento, o mantenimiento técnico, comprende acciones técnicas y administrativas que buscan asegurar la disponibilidad, confiabilidad y duración de equipos y sistemas, garantizando su funcionamiento efectivo en entornos comerciales. Para garantizar que los equipos, los activos, los edificios e incluso organizaciones enteras sigan funcionando bien y durante el mayor tiempo posible, es vital esforzarse en desarrollar y ejecutar un programa de mantenimiento eficiente (Carvalho et al., 2019).

A medida que el mantenimiento evolucionó, su papel en la empresa cambió gradualmente. Antes se trataba principalmente de la necesidad de reparar máquinas averiadas, pero hoy, por el contrario, la necesidad de prevenir averías y accidentes en las máquinas es el

aspecto más importante del mantenimiento, garantizando al mismo tiempo su funcionamiento eficiente, fiable y seguro. Los principales objetivos de mantenimiento son lograr la máxima productividad y una mayor optimización del rendimiento de la máquina y garantizar un funcionamiento seguro del dispositivo al menos durante toda su vida útil. Aumentar la disponibilidad de la máquina con un tiempo de inactividad mínimo, reducir el tiempo de inactividad idealmente a cero y el proceso de mejora continua son métodos para asegurar estos objetivos (Poór y Basl, 2019).

2.2.2. Tipos de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento se desarrollaron gradualmente según las circunstancias. A continuación se describen los tipos de mantenimiento más comunes:

a) Mantenimiento reactivo

El tipo más antiguo es el posterior a un fallo de mantenimiento, o mantenimiento reactivo, cuya ventaja es el aprovechamiento de la vida útil de la máquina. Por el contrario, la desventaja son las averías no planificadas y posibles paradas prolongadas de la máquina. Hay grandes pérdidas financieras y los consiguientes costes de reparación, compra de piezas y posiblemente riesgos de seguridad asociados con este trastorno. Este tipo se divide en mantenimiento inmediato o diferido (Poór y Basl, 2019).

b) Mantenimiento preventivo

A medida que las máquinas comenzaron a ser más grandes y complejas, su operación se encareció y se desarrolló un mantenimiento con inspecciones y reparaciones periódicas, llamado preventivo, cuyo objetivo es prevenir las fallas. Es necesario definir inspecciones y revisiones periódicas, ya sea por la frecuencia de los trastornos expresados, tiempo hasta la falla, etc., o están especificados por el fabricante. También se utilizan percepciones básicas como el oído, la vista y el tacto del operador de la máquina, donde éste puede adivinar por experiencia que hay algún problema con la máquina. Con un esfuerzo cada vez mayor para prevenir fallas inesperadas y optimizar los costos de mantenimiento, se desarrollaron dos tipos de mantenimiento, el mantenimiento predictivo y el proactivo (Poór y Basl, 2019).

El mantenimiento preventivo se define como la realización de trabajos de mantenimientos programados y sistemáticos en equipos y maquinarias con el objetivo de reducir o eliminar las posibilidades de fallas o averías. Se refiere al mantenimiento regular y rutinario de los activos y equipos para mantenerlos en funcionamiento y evitar cualquier tiempo de inactividad no planificado y costoso causado por una avería inesperada del equipo. Para que

una estrategia de mantenimiento sea eficaz, es necesario planificar y programar las tareas de mantenimiento de los equipos antes de que surja un problema. Llevar un registro detallado de las revisiones anteriores y de las inspecciones de los equipos es un componente esencial de cualquier programa eficaz de mantenimiento preventivo. Dado que es difícil hacer un seguimiento de un plan de mantenimiento preventivo para una cantidad importante de equipos, muchas empresas emplean un software diseñado específicamente para el mantenimiento preventivo con el fin de organizar las tareas de mantenimiento preventivo necesarias que deben completarse (Alamri & Mo, 2022).

En un mundo ideal, un programa de mantenimiento preventivo debería garantizar un mantenimiento proactivo, respetando los parámetros establecidos por los fabricantes o la normativa. Esto debería evitar la necesidad de recurrir al mantenimiento reactivo cuando algo ya ha empezado a romperse. Para cumplir con éxito este tipo de plan de mantenimiento predictivo, que implica actividades como la monitorización del estado, hay que llevar un registro preciso de las inspecciones y el servicio realizado, todo ello teniendo en cuenta la vida útil prevista de una determinada pieza de maquinaria. Con esta información, podremos identificar cuándo es necesario hacer un mantenimiento preventivo (Nacchia et al., 2021).

c) Mantenimiento proactivo

El mantenimiento proactivo va aún más allá y amplía el mantenimiento preventivo. Su base es la identificación de las causas de avería mediante diagnóstico técnico. El mantenimiento proactivo se define de la siguiente manera: Mediciones que detectan el inicio de la degradación del mecanismo y así permiten eliminar o controlar los causantes del problema antes de cada deterioro significativo de la condición del dispositivo. El mantenimiento proactivo se diferencia del preventivo en que las necesidades de mantenimiento se mantienen en el estado actual del dispositivo en lugar de en un cronograma programado. El mantenimiento preventivo se basa en el tiempo (Poór y Basl, 2019).

d) Mantenimiento predictivo

La tendencia actual de digitalización ofrece un enfoque completamente nuevo en la prestación de servicios de mantenimiento. El término mantenimiento predictivo con etiqueta 4.0 aparece cada vez más en el mercado. El mantenimiento predictivo no es un concepto nuevo. Hoy en día, cada técnico de mantenimiento entiende que no basta con confiar únicamente en el mantenimiento reactivo o implementar un plan de mantenimiento preventivo. Sin embargo, la introducción de un programa de mantenimiento predictivo ha tenido una serie de trampas a lo

largo de los años, que gradualmente se van superando. Además, es necesario recordar las consecuencias reales de la transición al mantenimiento predictivo, donde no tiene sentido predecir cada comportamiento de cada máquina. El mantenimiento predictivo es un enfoque analítico que le permite predecir cuándo falla el equipo de producción y evitar un mantenimiento oportuno y eficaz. Sin embargo, puede ir más allá y proporcionar información, sobre la base de que es posible "sintonizar" el dispositivo gradualmente y reducir o incluso eliminar la tasa de fallos. Por otra parte los principios básicos del mantenimiento predictivo son los equipos de diagnóstico y monitoreo de condición. Mediante el monitoreo se considera el monitoreo a largo plazo de ciertos parámetros de la máquina y el diagnóstico, luego una evaluación integral del estado de la máquina y el equipo (Poór y Basl, 2019).

2.2.3. Plan de mantenimiento preventivo

Un plan de mantenimiento preventivo abarca acciones planificadas y sistemáticas para prevenir fallos y reducir paradas no programadas. Este programa implica procesos y directrices para mantener equipos en buen estado, evitando averías y tiempos de inactividad costosos. El mantenimiento preventivo y la planificación encajan a la perfección, y es que, para que un programa de mantenimiento preventivo tenga éxito, necesita un plan sólido. Para las instalaciones que desean salir de la rutina del mantenimiento reactivo, un plan de mantenimiento preventivo puede hacer maravillas. Contar con una hoja de ruta para el mantenimiento preventivo permite a su empresa superar los tiempos de inactividad imprevistos y evitar la tentación de volver a un enfoque reactivo. Un plan de mantenimiento preventivo lo aclara todo para que el camino hacia la fiabilidad esté libre de obstáculos. Se definen los objetivos y las responsabilidades, se comprenden los plazos y se tienen en cuenta los recursos necesarios (Cheng et al., 2020).

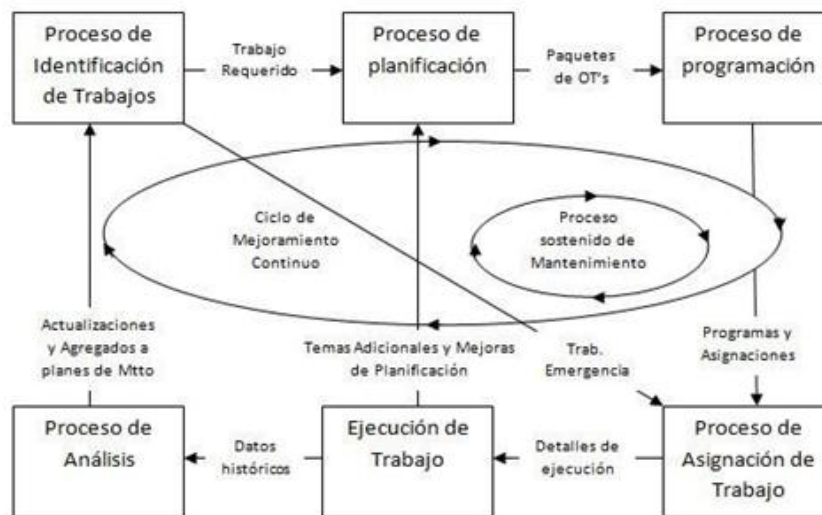
2.2.4. Gestión de mantenimiento

La administración del mantenimiento implica llevar a cabo una serie de acciones y procesos que tienen como objetivo planificar, organizar, supervisar y optimizar las tareas de mantenimiento realizadas en los equipos y maquinaria de una organización. La gestión del mantenimiento es el proceso de mantener los activos y recursos de una empresa con el objetivo principal de controlar y minimizar los costes, los plazos y los recursos. Incluye la supervisión rutinaria de la funcionalidad de la maquinaria, los equipos, las instalaciones y las herramientas. Esta gestión evita, por ejemplo, las paradas de producción debidas al mal funcionamiento de

los equipos y la pérdida de recursos en procedimientos de reparación inútiles. Por tanto, en lugar de verse sorprendidos por acontecimientos imprevistos y fallos tecnológicos que puedan impedir el flujo de trabajo de la empresa, la gestión del mantenimiento permite a los gestores regular todas las operaciones para que todo funcione según lo previsto y sin fallos imprevistos. Planificar y programar correctamente el trabajo es uno de los principales objetivos de la gestión del mantenimiento. Por lo tanto, es vital identificar las técnicas de mantenimiento óptimas para los equipos y las instalaciones, como el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo (Andreassen et al., 2018).

Figura 1

Modelo de gestión de mantenimiento



Las cuatro fases de la gestión del mantenimiento son la planificación, la organización, la dirección y el control. La dirección especifica sistemáticamente los tipos de trabajo que hay que realizar, cuándo deben completarse, los recursos necesarios para cada tipo de actividad y los gastos asociados. Con este enfoque, la empresa puede identificar las responsabilidades y la rendición de cuentas de sus operaciones con respecto a la entrega de instalaciones y servicios de la más alta calidad. En los últimos años, el crecimiento de la gestión del mantenimiento ha subrayado la importancia de las operaciones de mantenimiento realizadas a pesar de la demanda de crear una nueva estructura. Además, la gestión del mantenimiento ha avanzado a la par que el despliegue de las nuevas tecnologías, permitiendo estructurar y manejar fácilmente los datos de mantenimiento (Gala et al., 2018).

2.2.5. Indicadores de gestión de mantenimiento

Los indicadores de gestión de mantenimiento son herramientas cuantitativas fundamentales para evaluar la eficacia del proceso de mantenimiento en una organización. Estos indicadores no solo ofrecen una visión clara del desempeño de las actividades de mantenimiento, sino que también son cruciales para identificar áreas de mejora, fijar metas específicas y respaldar la toma de decisiones basadas en los resultados obtenidos. La medición del mantenimiento es muy valiosa en el difícil entorno actual porque proporciona información útil a los gestores para controlar el proceso de mantenimiento. Las medidas de mantenimiento útiles son de dos tipos: las que mejoran el efecto del mantenimiento en el rendimiento de la empresa y las que impulsan buenos comportamientos de creación de fiabilidad. Para reducir las pérdidas más importantes en cualquier empresa, es necesario describir el fallo, el estado de la unidad y los factores desencadenantes de qué tipo de acción de mantenimiento (inspección, reparación y sustitución) se necesita. Pero antes de seleccionar cualquier estrategia de mantenimiento, la dirección debe tener claros los objetivos del mantenimiento, lo que ayuda a medir el rendimiento del mantenimiento en el futuro. Las estrategias de mantenimiento deben ocuparse de crear el plan adecuado para la planta y formular el mejor programa de mantenimiento para la planta. La estrategia de mantenimiento puede clasificarse en mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, dependiendo de la función del equipo (Raza et al., 2016).

2.2.6. Indicadores de disponibilidad

La disponibilidad es el periodo en el que un sistema puede operar, y los indicadores asociados se utilizan para evaluar la capacidad de cumplir con las demandas de producción. Calculados como el tiempo de operación sobre el tiempo total, expresado en porcentaje, estos indicadores son cruciales para evaluar el rendimiento, identificar mejoras y planificar el mantenimiento de manera eficiente, reduciendo costos y tiempos de inactividad. El análisis convencional de la disponibilidad inherente utiliza la métrica del medio total hasta la reparación (TMPR) para representar el tiempo que el equipo o un sistema no está operativo. Incluye los retrasos previos y posteriores a las acciones de reparación, así como el tiempo necesario para reducir y poner en marcha un equipo o sistema en caso de fallo. La métrica capta factores importantes implicados en el proceso de restauración que pueden disminuir la disponibilidad global de un sistema y que es importante tener en cuenta a la hora de evaluar su rentabilidad. Estos factores incluyen: la capacidad del personal de la planta para identificar y mitigar los eventos de fallo, la capacidad de respuesta de la dirección a la hora de asignar recursos para las

necesidades de mantenimiento y el nivel de cualificación del personal de mantenimiento (Al-Douri et al., 2021). Para determinar la disponibilidad se realiza con la ecuación (1).

$$Disponibilidad = \left(\frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \right) * 100\% \quad (1)$$

Donde:

MTBF: Tiempo Promedio entre Fallas (medida que se utiliza para calcular el tiempo promedio que transcurre entre dos fallos consecutivos de un equipo o sistema).

MTTR: Tiempo Promedio para Reparar (medida que se utiliza para calcular el tiempo promedio que se necesita para reparar un equipo o sistema después de una falla).

2.2.7. Maquinaria pesada

Es un centro de producción que participa activamente en la ejecución de las obras. Opera un parque de maquinaria de movimiento de tierras (retroexcavadoras de gran tonelaje, bulldozers, rodillos, rasquetas, etc), maquinaria especializada (fresadoras, pavimentadoras laterales, máquina de juntas de corte patentadas), maquinaria para cimentaciones especiales (perforadoras rotativas) y equipos auxiliares propios para la construcción de puentes (sistemas de andamios móviles, entre otros) (He et al., 2020).

Figura 2

Pool de maquinarias referenciales



Nota. Maquinarias referenciales.

2.3. Definición de términos

Mantenimiento preventivo

Conjunto de actividades programadas y planificadas para prevenir la aparición de fallas en un equipo o maquinaria. El mantenimiento preventivo engloba todas las acciones destinadas a preservar en óptimas condiciones los equipos tecnológicos en cualquier organización. En la actualidad, la adopción del mantenimiento preventivo en la industria se torna esencial para reducir al mínimo las incidencias y fallos en la máquina (Pillado et al., 2022).

Falla

Una falla en equipos o maquinaria se refiere a un mal funcionamiento, disfunción o interrupción inesperada en el rendimiento de un equipo o máquina. Estas fallas pueden ser causadas por diversos factores, como desgaste, daño mecánico, defectos de fabricación, problemas eléctricos, fallos en el suministro de energía, errores en el mantenimiento (Barrientos y rezato, 2014).

Disponibilidad

Se define como el tiempo en el que un equipo o maquinaria está operativo y listo para su uso. El mantenimiento para la disponibilidad se calcula como el porcentaje de equipos en buen estado en un momento dado en relación con el total de equipos disponibles (Buenaño et al., 2019).

Confiabilidad

La confiabilidad de un equipo se mide en función de la frecuencia de sus fallos. En ausencia de fallos, el equipo se considera completamente confiable. Sin embargo, si la frecuencia de fallos es alta, la confiabilidad del equipo se ve comprometida. (Buenaño et al., 2019).

Plan de mantenimiento preventivo

Un plan de mantenimiento preventivo abarca acciones planificadas y sistemáticas para prevenir fallos y reducir paradas no programadas. Este programa implica procesos y directrices para mantener equipos en buen estado, evitando averías y tiempos de inactividad costosos (Cheng et al., 2020).

Política de mantenimiento

Una política de mantenimiento es un conjunto de principios, directrices y estrategias establecidas por una organización para gestionar de manera efectiva y eficiente las actividades de mantenimiento de sus activos, equipos, infraestructura o sistemas. Esta política define los

objetivos, plazos, estándares de calidad y recursos asignados para garantizar la disponibilidad, confiabilidad y durabilidad de los activos de la organización. (Parra et al., 2021).

Maquinaria pesada

La maquinaria pesada se refiere a equipos y vehículos de construcción, minería, agrícolas, y otras industrias similares, diseñados para llevar a cabo tareas que requieren una gran potencia y fuerza de operación. Estos equipos suelen ser de gran tamaño y capacidad, y pueden incluir excavadoras, bulldozers, cargadores frontales, grúas, motoniveladoras, retroexcavadoras, camiones volquete, entre otros (Huiman, 2019).

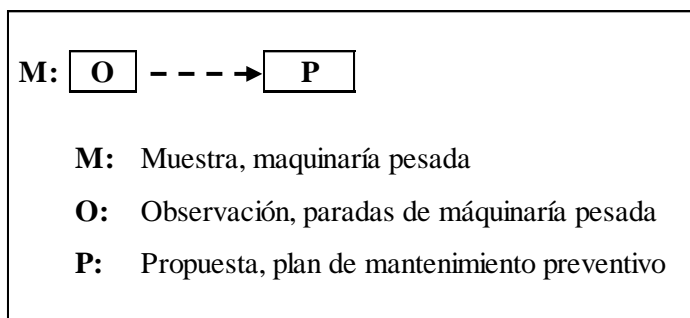
III. Material y métodos

3.1. Diseño de investigación

El diseño de investigación tiene que ver con la transformación de las preguntas y la hipótesis de investigación en las estrategias para: seleccionar a los participantes, aplicar el tratamiento, utilizar los instrumentos de medición, recoger los datos (Gonzales, 2021). El nivel de investigación descriptiva, con un diseño de investigación descriptivo con propuesta, no experimental.

Figura 3

Diseño de investigación



Nota. Diseño de investigación descriptivo con propuesta

3.2. Población, muestra y muestreo

Según Hernández et al., (2014), la muestra es una porción representativa de este universo.

- **Población.** Maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango.
- **Muestra.** Maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, año 2022.
- **Muestreo.** No probabilístico bajo el criterio del investigador.

3.3. Determinación de variables

Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo.

Variable dependiente: Disponibilidad de la maquinaria pesada.

3.4. Fuentes de información

La fuente de información primaria, se basan en materiales originales en los que se basan otras investigaciones; y las fuentes secundaria en la interpretación, comentario o análisis de otras fuentes (Ñaupas et al., 2018). Se utilizó información disponible en la base de datos de la Municipalidad Distrital Aramango, como registros de mantenimiento preventivo y correctivo, registros de tiempos de inactividad de la maquinaria y registros de costos de mantenimiento. Estos registros permitieron obtener información sobre el historial de mantenimiento de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango.

3.5. Métodos

Para la presente investigación se utilizó el método inductivo, que según Hernández et al. (2014) que inicia con la observación de casos específicos, logrando así concretar los objetivos específicos para que en su conjunto concebir una conclusión global.

3.6. Técnicas e instrumentos

Las fichas de observación permiten al investigador registrar la situación o los eventos observados durante la investigación. Los investigadores a menudo deben usar cámaras de video para registrar eventos que no son fácilmente visibles. También está el análisis de documentos, donde el investigador recopila información de cuadros, informes, etc. No es necesaria la revisión estadística del caso por expertos (Gonzales, 2021). Para investigación se utilizó la técnica de observación directa, y de análisis documental.

Instrumentos

Para Gonzales (2021), los instrumentos de investigación cumplen roles muy importantes en la recogida de datos y se aplican las según la naturaleza y características del problema y de la intencionalidad del objetivo de investigación.

- Instrumento 1: Guía de registro de maquinaria pesada.
- Instrumento 2: Ficha de historial de paradas de maquinaria pesada.
- Instrumento 3: Ficha de análisis de documentos.

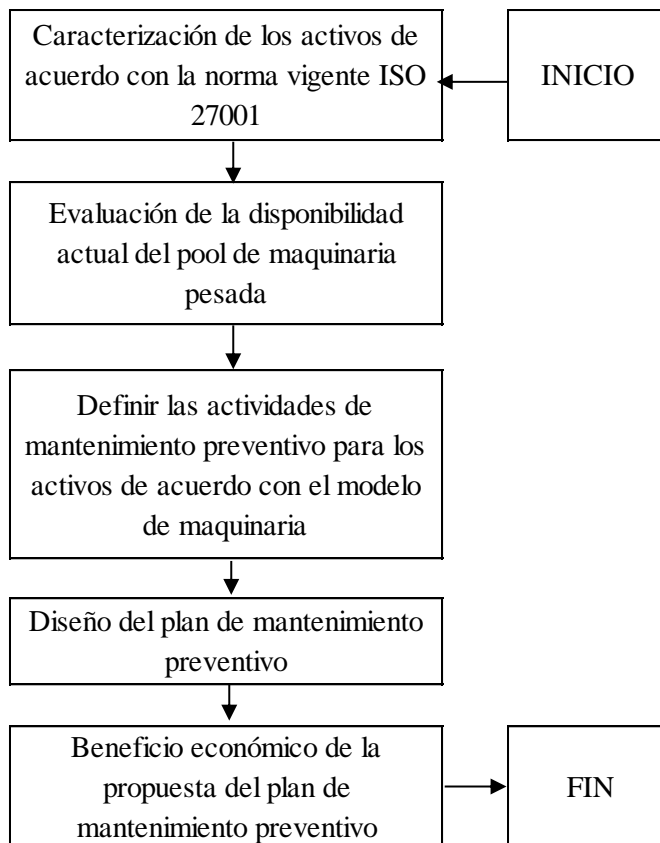
3.7. Procedimiento

Se inicia con recopilación de datos sobre el estado de los equipos, con estos datos se hace una caracterización de los activos según ISO 27001; para luego evaluar la disponibilidad actual de la maquinaria pesada; con los resultados obtenidos se define las actividades de

mantenimiento, elaboración de formatos de las actividades de mantenimiento; y por último el establecimiento del beneficio económico del plan de mantenimiento propuesto.

Figura 4

Procedimiento según objetivos planteados



3.8. Análisis estadístico

En este trabajo se utilizó un análisis estadístico descriptivo. Para esto, se utilizó el programa Microsoft Excel, los resultados del análisis estadístico son presentados en tablas y gráficos para facilitar su interpretación.

3.9. Consideraciones éticas

Se ha asegurado que los datos obtenidos sean tratados con confidencialidad y solo se utilizó con fines de investigación. Para la investigación se consideraron las directrices éticas internacionales para la investigación. La tesis está libre de plagio en todo o en parte y se adhiere a los estándares internacionales de citas y bibliografías de las fuentes consultadas y referidas.

IV. Resultados

4.1. Caracterización de los activos de la Municipalidad Distrital Aramango, según la norma ISO 27001

La norma ISO 27001 es un estándar internacional que establece los requisitos para la implementación, mantenimiento y mejora continua de un inventario de activos que contienen información valiosa del área de maquinaria de la Municipalidad Distrital Aramango. Este inventario permite visualizar los activos de la municipalidad.

La caracterización de los activos de la Municipalidad Distrital de Aramango se dio en base a la norma vigente ISO 27001. Resultados se muestra en la Tabla 1, se logra apreciar la caracterización de las maquinarias, para lo cual se siguió los siguientes pasos: recolección de datos de los activos para determinar la cantidad existente de maquinaria pesada, se clasificó los activos de acuerdo al tipo, nombre, marca, modelo, potencia, capacidad, placa, serie, color, año de fabricación, propietarios y ubicación de las maquinarias.

Tabla 1*Caracterización del inventario de la maquinaria de la Municipalidad Distrital de Aramango*

Nº	Código del activo	Nombre del activo	Descripción del activo	Marca	Modelo	Potencia	Capacidad	Placa	Serie	Color	Año f.	Propietario	Ubicación
1	MDA-MDV001	Volquete	Volquete	Volvo	FMX4T	493HP	15M3	WGR-304	9BVASO2D29E747639	Blanco	2008	M.D.A.	Taller de Maestranza
2	MDA-MDV002	Volquete	Volquete	Volvo	WG42T	132KW	15000KG	XQ-7198	4V1JBAKE4LR804784	Blanco / Rojo	1990	M.D.A.	Taller de Maestranza
3	MDA-MDCF08	Cargador Frontal	Cargador Frontal	CAT	962M	186KW	3-9M3	G-938	6C1DJ7TKLM247638	Amarillo	2007	M.D.A.	Taller de Maestranza
4	MDA-MDMN12	Motoniveladora	Motoniveladora	CAT	140K	186KW	-	-	KHX28975	Amarillo	2004	M.D.A.	Taller de Maestranza
5	MDA-MDRO25	Rodillo Liso	Rodillo Liso	CAT	CS-533E	97KW	-	-	TJLO2329	Amarillo	2005	M.D.A.	Taller de Maestranza
6	MDA-MDCC16	Camión Compactador	Compactador	Hino	GH	195KW	12105KG	EGU-493	JHDGH8JMSFXX14958	Blanco	2015	M.D.A.	Taller de Maestranza

Nota. Caracterización de la maquinaria pesada, según lo establecido en la norma ISO 27001.

4.2. Cálculo de la disponibilidad actual de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango

Para poder determinar la disponibilidad actual de la maquinaria pesada, se parte de la determinación del tiempo de evaluación en dicho periodo.

a) Tiempo de evaluación

El tiempo de evaluación no es un indicador, pero es una variable muy importante para la determinación de la disponibilidad de las maquinarias, se sabe que la Municipalidad Distrital de Aramango posee un régimen de trabajo de la siguiente manera: lunes–viernes, con un horario de 8 horas diarias. Se logra visualizar en la Tabla 2.

Tabla 2

Horario de trabajo de la Municipalidad Distrital de Aramango

Descripción	Cantidad
Lunes-viernes	5 días
Horario trabajo	8 horas
Cantidad de meses	12 meses

De igual manera en el periodo de evaluación corresponde al año 2022, se presentaron feriados, algunos de ellos han sido dados por festividades en el distrito y en la región. En la Tabla 3, se logra visualizar los feriados en el año 2022.

Tabla 3

Feridos, año 2022

Ítem	Descripción	Fecha	Cantidad (horas)
1	Jueves Santo	14/04/2022	8
2	Viernes Santo	15/04/2022	8
3	San Pedro y San Pablo	29/06/2022	8
4	Fiestas Patrias	28/07/2022	8
5	Fiestas Patrias	29/07/2022	8
6	Santa rosa de Lima	30/08/2022	8
7	Día de todos los Santos	01/11/2022	8
8	Inmaculada Concepción	08/12/2022	8
9	Batalla de Ayacucho	09/12/2022	8
Total			72

A continuación, se muestra el resumen general durante el año 2022, donde se determina el periodo de evaluación sin considerar feriados, días no laborables. En la Tabla 4, se observan el resumen del periodo de evaluación.

Tabla 4

Resumen del periodo de evaluación, año 2022

Meses	Feridos	Sábados	Domingos	Lunes - viernes	Total días	Feridos (Horas)	Sábados (Horas)	Domingos (Horas)	Lunes-viernes (Horas)
Ene	0	5	5	21	31	0	40	40	168.00
Feb	0	4	4	20	28	0	32	32	160.00
Mar	0	4	4	23	31	0	32	32	184.00
Abr	2	5	4	19	30	16	40	32	152.00
May	0	4	5	22	31	0	32	40	176.00
Jun	1	4	4	21	30	8	32	32	168.00
Jul	2	5	5	19	31	16	40	40	152.00
Ago	1	4	4	22	31	8	32	32	176.00
Sep	0	4	4	22	30	0	32	32	176.00
Oct	0	5	5	21	31	0	40	40	168.00
Nov	1	4	4	21	30	8	32	32	168.00
Dic	2	5	4	20	31	16	40	32	160.00
Total	9	53	52	251	365	72	424	416	2008.00

El tiempo de evaluación está definido a un total de 2008 horas durante el año 2022 como las horas de producción esperadas para cada máquina (Tabla 4).

b) Historial de paradas durante el año 2022

En el año 2022, se realizó la recolección de datos referente a la maquinaria pesada, lo cual permitió elaborar el historial de paradas para cada máquina de la Municipalidad Distrital de Aramango.

Tabla 5*Historial de paradas por mantenimiento correctivo de volquete volvo FMX4T*

Ítem	Máquina	Marca/modelo	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Horas	Descripción
1	Volquete	Volvo FMX4T	05/01/2023	10:15	07/01/2023	14:10	18:55:00	Seguro de tolva de levante
2	Volquete	Volvo FMX4T	11/01/2023	8:40	14/01/2023	11:40	27:00:00	Estado de la tolva
3	Volquete	Volvo FMX4T	20/01/2022	9:20	21/01/2022	13:45	11:25:00	Desgaste de la tapa del radiador
4	Volquete	Volvo FMX4T	14/02/2023	11:10	18/02/2023	10:40	31:30:00	Neumático posterior derecho en mal estado
5	Volquete	Volvo FMX4T	25/02/2022	14:10	03/03/2022	10:15	29:05:00	Ruptura del soporte de cardan
6	Volquete	Volvo FMX4T	08/03/2023	9:45	11/03/2022	11:30	25:45:00	Estado del bombín de accionamiento de embrague
7	Volquete	Volvo FMX4T	17/03/2023	11:30	23/03/2022	14:35	34:05:00	Mal estado de mangueras y tuberías de aceite
8	Volquete	Volvo FMX4T	31/03/2022	9:30	05/04/2022	9:10	23:40:00	Caja de dirección
9	Volquete	Volvo FMX4T	13/04/2022	11:25	18/04/2022	14:10	9:45:00	Desgaste de pin de anclaje de la tolva
10	Volquete	Volvo FMX4T	21/04/2022	9:40	27/04/2022	11:40	34:00:00	Estado del cárter de aceite del motor
11	Volquete	Volvo FMX4T	06/05/2022	14:25	11/05/2022	10:30	21:05:00	Fuga de aire en la válvula de control de aire
12	Volquete	Volvo FMX4T	18/05/2022	10:25	24/05/2022	9:50	31:25:00	Toma de aire del motor
13	Volquete	Volvo FMX4T	31/05/2022	8:45	03/06/2022	11:25	26:40:00	Medidor del nivel del tanque del combustible
14	Volquete	Volvo FMX4T	14/06/2022	11:20	17/06/2022	9:40	22:20:00	Estado de los frenos de estacionamiento
15	Volquete	Volvo FMX4T	24/06/2022	10:35	28/06/2022	13:35	18:00:00	Bajo nivel del refrigerante del radiador por ruptura del conducto del refrigerante
16	Volquete	Volvo FMX4T	05/07/2022	8:45	08/07/2022	11:20	26:35:00	Ruptura de la faja del alternador
17	Volquete	Volvo FMX4T	27/07/2022	13:15	04/08/2022	10:45	30:30:00	Ruidos en la caja de transmisión
18	Volquete	Volvo FMX4T	29/08/2022	11:45	30/08/2022	14:20	9:35:00	Cambio de baterías
19	Volquete	Volvo FMX4T	08/09/2022	9:45	09/09/2022	13:10	11:25:00	Cambio de fusibles
20	Volquete	Volvo FMX4T	20/10/2022	14:35	25/10/2022	9:15	18:40:00	Fallo en bomba de inyección de combustible

21	Volquete	Volvo FMX4T	28/10/2022	10:15	02/11/2022	14:25	28:10:00	Fuga de aceite en la caja de cambios
22	Volquete	Volvo FMX4T	18/11/2022	9:45	23/11/2022	10:35	24:50:00	Fuga de aceite hidráulico en el pistón telescópico
23	Volquete	Volvo FMX4T	03/12/2022	11:30	14/12/2022	9:20	37:50:00	Revisión del cableado del circuito en general por fallos
24	Volquete	Volvo FMX4T	21/12/2022	13:25	28/12/2022	11:40	38:15:00	Ruptura de las abrazaderas de los muelles posteriores lado derecho

Nota. Se muestra el historial de paradas del volquete FMX4T, de las cuales resaltan las paradas más críticas mayores 30 horas de paradas por neumático posterior derecho en mal estado, mal estado de mangueras y tuberías de aceite, estado del cárter de aceite del motor, toma de aire del motor, ruidos en la caja de transmisión, revisión del cableado del circuito en general por fallos, ruptura de las abrazaderas de los muelles posteriores lado derecho.

Tabla 6

Historial de paradas por mantenimiento correctivo de volquete volvo WG42T

Ítem	Máquina	Marca/modelo	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Horas	Descripción
1	Volquete	Volvo WG42T	05/01/2022	9:45	11/01/2022	14:25	31:40:00	Ruptura de la cruceta de cardan
2	Volquete	Volvo WG42T	19/01/2022	8:30	26/01/2022	11:50	43:20:00	Fallo del relé térmico
3	Volquete	Volvo WG42T	07/02/2022	11:45	10/02/2022	13:35	25:50:00	Bornes de baterías
4	Volquete	Volvo WG42T	21/02/2022	8:50	23/02/2022	13:15	20:25:00	Fallo del compresor de aire
5	Volquete	Volvo WG42T	04/03/2022	10:20	09/03/2022	11:40	25:20:00	Los cambios no agarran
6	Volquete	Volvo WG42T	17/03/2022	8:35	22/03/2022	9:30	24:55:00	Servo de embrague en mal estado
7	Volquete	Volvo WG42T	30/03/2022	10:40	01/04/2022	14:45	16:05:00	Fugas de aceite de motor
8	Volquete	Volvo WG42T	12/04/2022	9:45	19/04/2022	11:50	26:05:00	Sedimentador de aire
9	Volquete	Volvo WG42T	28/04/2022	13:35	02/05/2022	9:30	12:55:00	Mal estado del conjunto de frenos delanteros

10	Volquete	Volvo WG42T	09/05/2022	9:30	12/05/2022	11:40	26:10:00	Bomba de cebado de combustible
11	Volquete	Volvo WG42T	17/05/2022	11:40	20/05/2022	14:15	25:35:00	Fallo del enfriador de aceite
12	Volquete	Volvo WG42T	26/05/2022	15:20	31/05/2022	10:50	20:30:00	Turbocompresor
13	Volquete	Volvo WG42T	03/06/2022	11:45	07/06/2022	13:30	16:45:00	Ruptura de mangueras hidráulicas
14	Volquete	Volvo WG42T	11/07/2022	9:15	14/07/2022	14:25	28:10:00	Intercooler
15	Volquete	Volvo WG42T	20/07/2022	10:35	27/07/2022	10:40	40:05:00	Fallo de la bomba de combustible
16	Volquete	Volvo WG42T	09/08/2022	8:25	18/08/2022	13:45	60:20:00	Ruptura de la cadena de distribución del motor
17	Volquete	Volvo WG42T	26/08/2022	11:30	02/09/2022	8:45	37:15:00	Ruptura del perno centro de los muelles
18	Volquete	Volvo WG42T	12/09/2022	10:35	15/09/2022	11:30	24:55:00	Drenaje de sedimentos en el tanque de combustible
19	Volquete	Volvo WG42T	21/09/2022	14:20	27/09/2022	10:20	29:00:00	Ruptura de la faja del alternador
20	Volquete	Volvo WG42T	18/10/2022	8:45	20/10/2022	11:35	18:50:00	Cambio de neumáticos delantero de lado derecho
21	Volquete	Volvo WG42T	16/11/2022	10:40	18/11/2022	13:45	10:05:00	Bomba hidráulica de dirección
22	Volquete	Volvo WG42T	23/11/2022	15:20	25/11/2022	10:30	12:10	Fuga de aire en la válvula de control de aire
23	Volquete	Volvo WG42T	02/12/2022	13:25	10/12/2022	11:45	31:20:00	Renovar el estado de la tolva
24	Volquete	Volvo WG42T	21/12/2022	11:15	22/12/2022	13:40	9:25:00	Mal estado del bombín de accionamiento de embrague
25	Volquete	Volvo WG42T	29/12/2022	8:45	30/12/2022	11:20	10:35:00	Cárter de aceite del motor en mal estado

Nota. Se muestra que en el año 2022 el historial de paradas del volquete WG42T, de las cuales resaltan las más críticas mayores a 30 horas de paradas por ruptura de la cruceta de cardan, fallo del relé térmico, fallo de la bomba de combustible, ruptura de la cadena de distribución del motor, ruptura del perno centro de los muelles, renovar el estado de la tolva.

Tabla 7*Historial de paradas por mantenimiento correctivo de cargador frontal CAT 962M*

Ítem	Máquina	Marca/modelo	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Horas	Descripción
1	Cargador Frontal	CAT 962M	06/01/2022	11:10	12/01/2022	10:35	31:25:00	Fallo en bomba de inyección de combustible
2	Cargador Frontal	CAT 962M	18/01/2022	9:50	21/01/2022	11:40	25:50:00	Ruidos en el interior de la caja de transmisión
3	Cargador Frontal	CAT 962M	28/01/2022	8:10	31/01/2022	9:30	9:20:00	Fuga del refrigerante
4	Cargador Frontal	CAT 962M	18/02/2022	13:45	21/02/2022	11:50	7:05:00	Colocar refuerzos laterales del cucharón
5	Cargador Frontal	CAT 962M	28/02/2022	11:30	02/03/2022	8:45	13:15:00	Mal estado de los discos de freno
6	Cargador Frontal	CAT 962M	11/03/2022	10:15	17/03/2022	14:20	35:05:00	Fuga de aceite en la caja de cambios
7	Cargador Frontal	CAT 962M	22/03/2022	9:45	25/03/2022	10:35	24:50:00	Estado del turbo alimentador
8	Cargador Frontal	CAT 962M	08/04/2022	10:50	12/04/2022	9:30	14:40:00	Fugas de aceite del motor
9	Cargador Frontal	CAT 962M	22/04/2022	10:20	26/04/2022	13:10	17:50:00	Fugas de petróleo
10	Cargador Frontal	CAT 962M	05/05/2022	11:35	09/05/2022	14:35	18:00:00	Estado del lampón con desgaste
11	Cargador Frontal	CAT 962M	19/05/2022	8:45	23/05/2022	11:40	18:55:00	Estado de llantas y aros
12	Cargador Frontal	CAT 962M	31/05/2022	11:05	02/06/2022	14:20	18:05:00	Cilindros de dirección
13	Cargador Frontal	CAT 962M	13/06/2022	9:35	15/06/2022	11:15	17:40:00	Mal estado de cardan y crucetas
14	Cargador Frontal	CAT 962M	24/06/2022	11:45	28/06/2022	8:45	13:00:00	Rotulas de botellas hidráulicas
15	Cargador Frontal	CAT 962M	08/07/2022	14:25	12/07/2022	9:35	12:10:00	Bomba de cebado de combustible
16	Cargador Frontal	CAT 962M	05/08/2022	11:25	08/08/2022	14:25	7:10:00	Mecanismo de dirección
17	Cargador Frontal	CAT 962M	16/08/2022	10:10	18/08/2022	13:15	10:05:00	Estado de porta uñas y uñas
18	Cargador Frontal	CAT 962M	12/09/2022	8:40	13/09/2022	10:35	9:55:00	Filtro de petróleo
19	Cargador Frontal	CAT 962M	20/09/2022	9:45	23/09/2022	11:00	25:15:00	Fallo del alternador
20	Cargador Frontal	CAT 962M	29/09/2022	10:25	03/10/2022	9:40	15:15:00	Retenes de grasa rota
21	Cargador Frontal	CAT 962M	10/10/2022	8:35	11/10/2022	11:15	10:35:00	Filtros hidráulicos

22	Cargador Frontal	CAT 962M	17/10/2022	9:20	18/10/2022	13:30	7:10:00	Bomba hidráulica de dirección
23	Cargador Frontal	CAT 962M	21/10/2022	14:35	26/10/2022	10:20	20:45:00	Juego entre pines y bocinas
24	Cargador Frontal	CAT 962M	09/11/2022	9:40	28/11/2022	9:50	107:10:00	Obstrucción en los conductos de lubricación del motor
25	Cargador Frontal	CAT 962M	12/12/2022	11:15	15/12/2022	13:35	25:20:00	Fugas de aceite de freno
26	Cargador Frontal	CAT 962M	19/12/2022	10:20	22/12/2022	14:00	26:40:00	Respiradero de tanque hidráulico obstruido

Nota. Se muestra el historial de paradas del cargador frontal CAT 962M, de las cuales resaltan las paradas más críticas mayores de 25 horas de paradas por fallo en bomba de inyección de combustible, ruidos en el interior de la caja de transmisión, fuga de aceite en la caja de cambios, fallo del alternador, obstrucción en los conductos de lubricación del motor, fugas de aceite de freno, respiradero de tanque hidráulico obstruido.

Tabla 8

Historial de paradas por mantenimiento correctivo de motoniveladora CAT 140K

Ítem	Máquina	Marca/modelo	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Horas	Descripción
1	Motoniveladora	CAT 140K	04/01/2022	9:35	07/01/2022	10:40	21:05:00	Fuga en el tanque de aceite hidráulico
2	Motoniveladora	CAT 140K	20/01/2022	8:45	24/01/2022	11:20	18:35:00	Fuga de aceite por los retenes de los cilindros hidráulicos de la cuchilla
3	Motoniveladora	CAT 140K	31/01/2022	10:25	02/02/2023	9:15	15:50:00	Ruptura de discos de freno
4	Motoniveladora	CAT 140K	08/03/2022	13:15	09/03/2022	15:45	11:30:00	Fallo de las baterías
5	Motoniveladora	CAT 140K	18/03/2022	9:45	22/03/2022	9:20	15:35:00	Servodirección hidráulica
6	Motoniveladora	CAT 140K	11/04/2022	11:50	13/04/2022	14:35	17:45:00	Mangueras hidráulicas
7	Motoniveladora	CAT 140K	05/05/2022	9:10	12/05/2022	11:30	42:20:00	Correas de distribución
8	Motoniveladora	CAT 140K	18/05/2022	10:35	23/05/2022	10:50	24:15:00	Fallo de la bomba de cebado de combustible
9	Motoniveladora	CAT 140K	30/06/2022	11:20	04/07/2022	8:15	20:55:00	Vástago de la cuchilla

10	Motoniveladora	CAT 140K	07/07/2022	9:25	12/07/2022	13:30	27:05:00	Fallo del ventilador del radiador
11	Motoniveladora	CAT 140K	19/07/2022	8:40	21/07/2022	11:25	18:45:00	Ruptura de faja del alternador
12	Motoniveladora	CAT 140K	12/08/2022	13:20	15/08/2022	14:40	9:00:00	Fuga hidráulica en sellos de la manguera hidráulica
13	Motoniveladora	CAT 140K	19/08/2022	15:10	24/08/2022	10:10	20:00:00	Fuga de aceite de la tapa de balancines
14	Motoniveladora	CAT 140K	31/08/2022	11:20	05/09/2022	8:25	21:05:00	Cuchillas y brocas con punta
15	Motoniveladora	CAT 140K	16/09/2022	13:25	20/09/2022	9:30	12:55:00	Rotulas de botellas hidráulicas
16	Motoniveladora	CAT 140K	26/09/2022	9:45	27/09/2022	11:35	9:50:00	Ruptura de neumático posterior izquierdo
17	Motoniveladora	CAT 140K	07/10/2022	8:50	10/10/2022	13:10	11:20:00	Cilindros de inclinación de las ruedas
18	Motoniveladora	CAT 140K	25/10/2022	10:25	27/10/2022	8:45	14:20:00	Fugas en diferenciales
19	Motoniveladora	CAT 140K	02/11/2022	8:45	04/11/2022	10:25	17:40:00	Caja de cojinetes de punta de eje de ruedas delanteras
20	Motoniveladora	CAT 140K	28/11/2022	11:55	30/11/2022	9:10	13:15:00	Estado de porta uñas y uñas
21	Motoniveladora	CAT 140K	14/12/2022	9:35	15/12/2022	8:45	7:10:00	Sistema de rotación de la tornamesa
22	Motoniveladora	CAT 140K	22/12/2022	11:15	26/12/2022	14:20	18:05:00	Fuga de anticongelante

Nota. Se muestra el historial de paradas de la motoniveladora CAT 140K, de las cuales resaltan las paradas más críticas mayores de 20 horas de paradas por fuga en el tanque de aceite hidráulico, correas de distribución, fallo de la bomba de cebado de combustible, vástago de la cuchilla, fallo del ventilador del radiador, fuga de aceite de la tapa de balancines, cuchillas y brocas con punta.

Tabla 9*Historial de paradas por mantenimiento correctivo de rodillo liso CAT CS-533E*

Ítem	Máquina	Marca/modelo	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Horas	Descripción
1	Rodillo Liso	CAT CS-533E	11/01/2022	8:45	13/01/2022	9:30	16:45:00	Fuga de aceite del motor
2	Rodillo Liso	CAT CS-533E	20/01/2022	10:15	20/01/2022	15:30	5:30:00	Guarda del radiador y compartimiento del motor
3	Rodillo Liso	CAT CS-533E	17/02/2022	9:35	21/02/2022	11:45	18:10:00	Elemento y cuerpo del filtro de aire
4	Rodillo Liso	CAT CS-533E	21/03/2022	9:15	23/03/2022	11:40	18:25:00	Fuga en mangueras hidráulicas
5	Rodillo Liso	CAT CS-533E	18/04/2022	11:45	20/04/2022	10:15	14:30:00	Falla del ventilador del radiador
6	Rodillo Liso	CAT CS-533E	09/05/2022	8:25	10/05/2022	11:40	11:15:00	Ruptura de neumático posterior
7	Rodillo Liso	CAT CS-533E	16/05/2022	10:55	17/05/2022	8:30	5:35:00	Filtro de aire del motor
8	Rodillo Liso	CAT CS-533E	30/05/2022	14:45	01/06/2022	10:45	13:00:00	Desgaste de las carcasas tipo capsula delos contrapesos
9	Rodillo Liso	CAT CS-533E	09/06/2022	10:45	14/06/2022	9:40	22:55:00	Ruptura de la correas de distribución
10	Rodillo Liso	CAT CS-533E	20/06/2022	9:55	22/06/2022	11:20	17:25:00	Fallo de la bomba de cebado de combustible
11	Rodillo Liso	CAT CS-533E	08/07/2022	11:10	14/07/2022	10:10	31:00:00	Fallo del enfriador de aceite
12	Rodillo Liso	CAT CS-533E	08/08/2022	8:45	25/08/2022	14:30	108:45:00	Fuga de aceite de la caja de cambios
13	Rodillo Liso	CAT CS-533E	08/09/2022	11:35	14/09/2022	10:35	31:00:00	Ruptura del tanque de hidrolina
14	Rodillo Liso	CAT CS-533E	21/09/2022	8:40	23/09/2022	13:30	19:50:00	Volante de dirección y orbitrol
15	Rodillo Liso	CAT CS-533E	05/10/2022	10:15	12/10/2022	9:50	39:35:00	Ruptura del depósito de refrigerante del motor
16	Rodillo Liso	CAT CS-533E	21/10/2022	10:35	26/10/2022	14:40	27:05:00	Ruptura del amortiguador de vibración
17	Rodillo Liso	CAT CS-533E	14/11/2022	9:25	14/11/2022	14:50	4:25:00	Sensor de temperatura de refrigerante
18	Rodillo Liso	CAT CS-533E	21/11/2022	8:50	25/11/2022	13:35	35:45:00	Desgaste de los pines de soporte superior de compuerta
19	Rodillo Liso	CAT CS-533E	19/12/2022	10:45	21/12/2022	8:45	14:00:00	Cambio del alternador por falla

Nota. Se muestra el historial de paradas de rodillo liso CAT CS-533E, de las cuales resaltan las paradas más críticas mayores de 100 horas de parada por fuga de aceite de la caja de cambios.

Tabla 10*Historial de paradas por mantenimiento correctivo de camión compactador HINO GH*

Ítem	Máquina	Marca/modelo	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Horas	Descripción
1	Camión Compactador	Hino GH	12/01/2022	8:45	14/01/2022	14:20	20:35:00	Fuga en las mangueras hidráulicas
2	Camión Compactador	Hino GH	17/01/2022	9:25	20/01/2022	11:45	26:20:00	Eje de transmisión
3	Camión Compactador	Hino GH	07/02/2022	11:35	10/02/2022	10:35	23:00:00	Ruptura de soporte de muelles delanteros
4	Camión Compactador	Hino GH	18/03/2022	9:50	24/03/2022	13:40	34:50:00	Cambio de filtro imantado
5	Camión Compactador	Hino GH	06/04/2022	13:50	13/04/2022	10:20	37:30:00	Ruptura de abrazaderas de paquetes de muelle posterior derecho
6	Camión Compactador	Hino GH	10/05/2022	8:55	12/05/2022	11:50	18:55:00	Soporte del motor en mal estado
7	Camión Compactador	Hino GH	20/05/2022	10:30	24/05/2022	10:10	15:40:00	Cambio de batería en mal estado
8	Camión Compactador	Hino GH	20/06/2022	10:10	22/06/2022	14:35	15:25:00	Acoples de transmisión de crucetas
9	Camión Compactador	Hino GH	11/07/2022	9:40	18/07/2022	13:20	42:40:00	Fallo de los cilindros de frenado
10	Camión Compactador	Hino GH	08/08/2022	11:35	11/08/2022	11:10	23:35:00	Tapa del depósito de combustible en mal estado
11	Camión Compactador	Hino GH	18/08/2022	9:30	26/08/2022	14:10	51:40:00	Ruptura del cardan intermedio
12	Camión Compactador	Hino GH	12/09/2022	9:20	15/09/2022	13:45	27:25:00	Conductos de lubricación en mal estado
13	Camión Compactador	Hino GH	17/10/2022	13:40	20/10/2022	10:45	22:05:00	Cambio del kit de frenos posterior derecho en mal estado
14	Camión Compactador	Hino GH	17/11/2022	14:15	21/11/2022	9:45	13:30:00	Seguro de compuerta de tolva y pines de soporte superior de compuerta con desgaste
15	Camión Compactador	Hino GH	27/12/2022	11:25	30/12/2022	14:10	25:45:00	Fugas de aceite del cárter

Nota. Se muestra el historial de paradas del camión compactador Hino GH, de los cuales resaltan las paradas más críticas mayores de 30 horas como, cambio de filtro imantado, ruptura de abrazaderas de paquetes de muelle posterior derecho, fallo de cilindros de frenado, ruptura del cardan intermedio.

Tabla 11

Resumen de cantidad de días de paradas de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango

Maquinaria/ Paradas por días		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Volquete	Volvo FMX4T	3	2	3	2	3	2	2	1	1	2	1	2	24
Volquete	Volvo WG42T	2	2	3	2	3	1	2	2	2	1	2	3	25
Cargador Frontal	CAT 962M	3	2	2	2	3	2	1	2	3	3	1	2	26
Motoniveladora	CAT 140K	3	0	2	1	2	1	2	3	2	2	2	2	22
Rodillo Liso	CAT CS-533E	2	1	1	1	3	2	1	1	2	2	2	1	19
Camión Compactador	Hino GH	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	25
Total		15	9	13	10	16	10	9	11	13	12	11	12	141

Nota. Se observa los días totales de parada de la maquinaria pesada con un total de 141 días en el periodo de evaluación del año 2022.

Tabla 12*Resumen de cantidad de horas de paradas de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango*

Paradas por hora		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Volquete	Volvo	57.0												
	FMX4T	3	60.58	83.03	43.75	79.16	40.33	57.08	9.58	11.41	46.83	24.83	76.08	589.69
Volquete	Volvo	75.0												
	WG42T	0	46.25	66.33	39.00	72.15	16.75	68.25	97.58	53.91	18.83	22.25	51.33	627.63
Cargador Frontal		66.5												
	CAT 962M	8	20.33	59.92	32.05	55.00	30.67	12.17	15.25	50.41	38.50	107.16	52.00	540.04
Motoniveladora		55.5												
	CAT 140K	0	0	27.08	17.75	66.58	20.91	45.83	41.01	22.75	25.67	30.92	25.25	379.25
Rodillo Liso		22.2												
	CAT CS-533E	5	18.17	18.42	14.50	29.83	40.33	31.00	108.75	50.83	66.67	40.17	14.00	454.92
Camión Compactador		46.9												
	Hino GH	2	23.00	34.83	37.50	34.58	15.42	42.67	75.25	27.42	22.08	13.50	25.75	398.92
Total		323.28	168.33	289.61	184.55	337.30	164.41	257.00	347.42	216.73	218.58	238.83	244.41	2990.45

c) Cálculo de la disponibilidad de la maquinaria pesada

Para el cálculo de la disponibilidad se utilizó la Ecuación 1, se tomó en cuenta el tiempo de evaluación de la maquinaria pesada, igualmente los datos encontrados de la cantidad de horas de paradas que se observa en la Tabla 12. Los resultados de cálculo de disponibilidad se muestran en la Tabla 13.

$$Disponibilidad = \left(\frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \right) * 100\%$$

Tabla 13

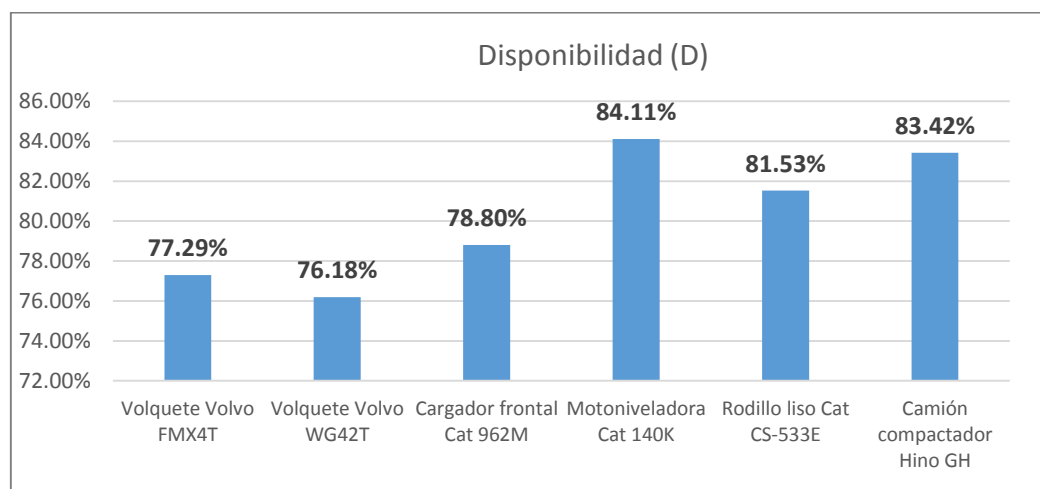
Calculo de la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango

Ítem	Equipo	Hrs Produc.	Hrs Mant.	N° fallas	MTTR	MTTF	MTBF	D (%)
1.0	Volquete Volvo FMX4T	2008	589.69	24	24.58	59.10	83.68	77.29%
2.0	Volquete Volvo WG42T	2008	627.63	25	25.11	55.21	80.32	76.18%
3.0	Cargador frontal CAT 962M	2008	540.04	26	20.78	56.46	77.24	78.80%
4.0	Motoniveladora CAT 140K	2008	379.25	22	17.24	74.03	91.27	84.11%
5.0	Rodillo liso CAT CS-533E	2008	454.92	19	23.95	81.74	105.69	81.53%
6.0	Camión compactador Hino GH	2008	398.92	25	15.96	64.36	80.32	83.42%

De la Tabla 13, se verifica que el volquete volvo WG42T, volquete volvo FMX4T y el cargador frontal CAT 962M, son los equipos más críticos con menor disponibilidad, este comportamiento de la disponibilidad de las maquinas se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Comportamiento de la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango



4.3. Actividades de mantenimiento preventivo para el pool de maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango

Para establecer las actividades de mantenimiento de cada máquina planteamos las actividades en base al manual de cada máquina y al historial y resultados de la disponibilidad actual de la maquinaria pesada.

Tabla 14

Actividades de mantenimiento para Volquete volvo FMX4T

Ítem	Descripción de maquinaria	Actividades	Frecuencia (km)
1	Volquete volvo FMX4T.	Cambio de filtro de aceite de motor	240
		Cambio de filtro de combustible (separador de agua)	
		Cambio de filtro de combustible secundario	
		Cambio de filtro de aire	
		Cambio de aceite de motor	
		Cambio de aceite de caja de cambios	
		Cambio de filtro de aceite de motor	480
		Cambio de filtro de combustible (separador de agua)	
		Cambio de filtro de combustible secundario	
		Cambio de filtro de aire	
		Cambio de filtro secador de aire	
		Cambio de filtro de dirección	
		Cambio de aceite de motor	
		Cambio de aceite de caja de cambios	
		Cambio de aceite de eje trasero	
		Cambio de filtro de aceite de motor	960
		Cambio de filtro de combustible (separador de agua)	
		Cambio de filtro de combustible secundario	
		Cambio de filtro de aire	
		Cambio de filtro de aceite de caja de cambios	
		Cambio de filtro secador de aire	
		Cambio de filtro de dirección	
		Cambio de filtro de aire de cabina	
		Cambio de aceite de motor	
		Cambio de aceite de caja de cambios	
		Cambio de aceite de eje trasero	

Cambio de filtro de aceite de motor	1920
Cambio de filtro de combustible (separador de agua)	
Cambio de filtro de combustible secundario	
Cambio de filtro de aire	
Cambio de filtro de aceite de caja de cambios	
Cambio de filtro secador de aire	
Cambio de filtro de dirección	
Cambio de filtro de aire secundario	
Cambio de filtro de aire de cabina	
Cambio de aceite de motor	
Cambio de aceite de caja de cambios	
Cambio de aceite de eje trasero	
Cambio de aceite de dirección hidráulica	
Cambio de aceite de cabina	
Cambio de refrigerante	

Tabla 15

Actividades de mantenimiento para Volquete volvo MG42T en KM

Ítem	Descripción de maquinaria	Actividades	Frecuencia (km)
1	Volquete volvo MG42T	Cambio de filtro de aceite de motor	240
		Cambio de filtro de combustible (separador de agua)	
		Cambio de filtro de combustible secundario	
		Cambio de filtro de aire	
		Cambio de aceite de motor	
		Cambio de aceite de caja de cambios	
		Cambio de filtro de aceite de motor	480
		Cambio de filtro de combustible (separador de agua)	
		Cambio de filtro de combustible secundario	
		Cambio de filtro de aire	
		Cambio de filtro secador de aire	
		Cambio de filtro de dirección	
		Cambio de aceite de motor	
		Cambio de aceite de caja de cambios	
		Cambio de aceite de eje trasero	
		Cambio de filtro de aceite de motor	960
		Cambio de filtro de combustible (separador de agua)	

Cambio de filtro de combustible secundario	
Cambio de filtro de aire	
Cambio de filtro de aceite de caja de cambios	
Cambio de filtro secador de aire	
Cambio de filtro de dirección	
Cambio de filtro de aire de cabina	
Cambio de aceite de motor	
Cambio de aceite de caja de cambios	
Cambio de aceite de eje trasero	
Cambio de filtro de aceite de motor	1920
Cambio de filtro de combustible (separador de agua)	
Cambio de filtro de combustible secundario	
Cambio de filtro de aire	
Cambio de filtro de aceite de caja de cambios	
Cambio de filtro secador de aire	
Cambio de filtro de dirección	
Cambio de filtro de aire secundario	
Cambio de filtro de aire de cabina	
Cambio de aceite de motor	
Cambio de aceite de caja de cambios	
Cambio de aceite de eje trasero	
Cambio de aceite de dirección hidráulica	
Cambio de aceite de cabina	
Cambio de refrigerante	

Tabla 16

Actividades de mantenimiento para cargador frontal CAT 962M

Ítem	Descripción de maquinaria	Actividades	Frecuencia (h)
1	Cargador frontal CAT 962M	Aceite de motor 15w40 Filtro de aceite de motor Filtro de petróleo Separador de agua Aceite de transmisión ATFD2	240
		Aceite de motor 15w40 Filtro de aceite de motor Filtro de petróleo	480

Separador de agua	
Aceite de transmisión ATFD2	
Filtro de transmisión	
Aceite de motor 15w40	960
Filtro de aceite de motor	
Filtro de petróleo	
Separador de agua	
Filtro de aire primario	
Aceite de transmisión ATFD2	
Filtro de transmisión	
Pre filtro de aire acondicionado	
Aceite de eje	
Aceite de motor 15w40	1920
Filtro de aceite de motor	
Filtro de petróleo	
Separador de agua	
Filtro de aire secundario	
Respiradero del tanque	
Refrigerante	
Aceite de transmisión ATFD2	
Filtro de transmisión	
Pre filtro de aire acondicionado	
Filtro de aire acondicionado	
Aceite de eje	
Respiradero de la corona	
Aceite hidráulico	
Filtro hidráulico	
Respiradero de tanque	

Tabla 17*Actividades de mantenimiento para Motoniveladora CAT 140K*

Ítem	Descripción de maquinaria	Actividades	Frecuencia (h)
1	Motoniveladora CAT 140K	Cambio del filtro de aceite de motor. Filtro de combustible (separador de agua) Filtro de combustible secundario Aceite de motor	240
		Cambio del filtro de aceite de motor. Filtro de combustible (separador de agua) Filtro de combustible secundario Filtro de transmisión Filtro hidráulico Filtro de aire primario Filtro de aire secundario Aceite de motor Aceite de transmisión	480
		Cambio del filtro de aceite de motor. Filtro de combustible (separador de agua) Filtro de combustible secundario Filtro de transmisión Filtro hidráulico Respiradero de la transmisión Filtro de aire primario Filtro de aire secundario Filtro de aire de cabina Aceite de motor Aceite de transmisión	960
		Cambio del filtro de aceite de motor. Filtro de combustible (separador de agua) Filtro de combustible secundario Filtro de transmisión Filtro hidráulico	1920

Respiradero de la transmisión
 Filtro de aire primario
 Filtro de aire secundario
 Filtro de aire de cabina
 Aceite de motor
 Aceite de transmisión
 Aceite hidráulico
 Aceite de mandos tándem (2)
 Aceite de tornamesa
 Aceite de cubos
 Refrigerante

Tabla 18

Actividades de mantenimiento para Rodillo liso CAT CS-533E

Ítem	Descripción de maquinaria	Actividades	Frecuencia (h)
1	Rodillo liso CAT CS-533E	Cambio de filtro de combustible primario	240
		Cambio de filtro de combustible secundario	
		Cambio e filtro de aceite de motor	480
		Cambio de aceite de motor	
		Cambio de filtro de combustible primario	960
		Cambio de filtro de combustible secundario	
		Cambio e filtro de aceite de motor	960
		Cambio de filtro de aire primario	
		Cambio de filtro de aire secundario	960
		Cambio de filtro hidráulico	
		Cambio de filtro de aceite hidráulico	960
		Cambio de aceite de motor	
		Conjunto de carcasa del eje drenaje y llenado de aceite	960
		Cambio de filtro de combustible primario	
		Cambio de filtro de combustible secundario	960
		Cambio e filtro de aceite de motor	
Cambio de filtro de aire primario	960		
Cambio de filtro de aire secundario			
Respiradero de la transmisión	960		
Cambio de filtro hidráulico			
Cambio de filtro de aceite hidráulico	960		

Cambio de aceite de motor	
Conjunto de carcasa del eje drenaje y llenado de aceite	
Cambio de filtro de combustible primario	1920
Cambio de filtro de combustible secundario	
Cambio e filtro de aceite de motor	
Cambio de filtro de aire primario	
Cambio de filtro de aire secundario	
Respiradero de la transmisión	
Cambio de filtro hidráulico	
Cambio de filtro de aceite hidráulico	
Cambio de aceite de motor	
Conjunto de carcasa del eje drenaje y llenado de aceite	
Drenaje de la impulsión final y llenado de aceite	
Drenaje del sistema hidráulico y llenado de aceite	
Reductor de engranajes de impulsión del tambor drenaje y llenado de aceite	
Soporte vibratorio drenaje y llenado de aceite	
Refrigerante	

Tabla 19

Actividades de mantenimiento para el Camión compactador HINO GH

Ítem	Descripción de maquinaria	Actividades	Frecuencia (km)
1	Camión compactador HINO GH	Filtro de aceite de motor	3000
		Filtro de combustible (separador de agua	
		Filtro de combustible secundario	
		Aceite de motor	
		Filtro de aceite de motor	6000
		Filtro de combustible (separador de agua	
		Filtro de combustible secundario	
		Filtro de aire	
		Filtro secador de aire	
		Filtro de dirección	
		Aceite de motor	
		Aceite de caja de cambios	
		Aceite de eje trasero	

Filtro de aceite de motor	12000
Filtro de combustible (separador de agua	
Filtro de combustible secundario	
Filtro de aire	
Filtro de aceite de caja de cambios	
Filtro secador de aire	
Filtro de dirección	
Filtro de aire de cabina	
Aceite de motor	
Aceite de caja de cambios	
Aceite de eje trasero	

Filtro de aceite de motor	24000
Filtro de combustible (separador de agua	
Filtro de combustible secundario	
Filtro de aire	
Filtro de aceite de caja de cambios	
Filtro secador de aire	
Filtro de dirección	
Filtro de aire secundario	
Filtro de aire de cabina	
Aceite de motor	
Aceite de caja de cambios	
Aceite de eje trasero	
Aceite de dirección hidráulica	
Aceite de cabina	
Refrigerante	

4.4. Propuesta del plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango

Al proponer el plan de mantenimiento preventivo se busca reducir las paradas de los equipos además se alargará la vida útil de los equipos, también para poder identificar las señales tempranas de un defecto para minimizar el riesgo de averías o fallas no programadas y reducir la necesidad de realizar mantenimientos correctivos con mayor frecuencia.

Para identificar a que equipos se le realizara el mantenimiento preventivo se tomó en cuenta la Tabla 1, donde se logra apreciar la cantidad de maquinaria pesada con las que cuenta la Municipalidad Distrital de Aramango, lo cual se clasifica de acuerdo al tipo, nombre, marca, modelo, potencia, capacidad, placa, serie, color, año de fabricación, propietarios y ubicación de las maquinarias.

Las cartillas de mantenimiento preventivo nos permiten llevar a cabo un mantenimiento periódico para conservar su adecuado funcionamiento y durabilidad del pool de maquinaria y también cuidar de la seguridad de sus ocupantes.

Figura 6

Cartilla de mantenimiento preventivo para Volquete volvo FMX4T


	Equipo:	VOLQUETE									
	Marca:	VOLVO									
	Modelo:	FMX4T									
	Nro de serie:	9BVASO2D29E74763 9									
											
Cartilla de mantenimiento preventivo para Volquete Volvo FMX4T											
FILTROS											
Item	Insumo	Código	Cantidad	3000	6000	9000	12000	15000	18000	21000	24000
1	Filtro de aceite de motor	1R1807	1	M	M	M	M	M	M	M	M
2	Filtro de combustible (separador de agua)	4367077	2	M	M	M	M	M	M	M	M
3	Filtro de combustible secundario	21743197	1	M	M	M	M	M	M	M	M
4	Filtro de aire	21834199	1	M	M	M	M	M	M	M	M
5	Filtro de aceite de caja de cambios	21479106	1				M				M
6	Filtro secador de aire	21620181	1		M		M		M		M
7	Filtro de dirección	349619	1		M		M		M		M
8	Filtro de aire secundario	21041296	1								M
9	Filtro de aire de cabina	7T7358	1				M				M
FLUIDOS											
Item	Insumo	Fluido	Cap. de relleno (Galones)	3000	6000	9000	12000	15000	18000	21000	24000
1	Aceite de motor	85121023	9.80	M	M	M	M	M	M	M	M
2	Aceite de caja de cambios	1161280	3.80	M	M		M		M		M
3	Aceite de eje trasero	1161279	12.80		M		M		M		M
4	Aceite de direccion hidráulica	1161996	2.00								M
5	Aceite de cabina	85112076	1.00								M
6	Refrigerante	85108914	6.90								M

Figura 8

Cartilla de mantenimiento preventivo para el Camión compactador HINO GH

	Equipo:	CAMIÓN COMPACTADOR										
	Marca:	HINO										
	Modelo:	GH										
	Nro de serie:	JHDGH8JMSFXX14958										
Cartilla de mantenimiento preventivo para camión compactador HINO GH												
FILTROS												
Item	Insumo	Código	Cantidad	3000	6000	9000	12000	15000	18000	21000	24000	
1	Filtro de aceite de motor	1R1807	1	M	M	M	M	M	M	M	M	
2	Filtro de combustible (separador de agua)	4367077	2	M	M	M	M	M	M	M	M	
3	Filtro de combustible secundario	21743197	1	M	M	M	M	M	M	M	M	
4	Filtro de aire	21834199	1		M		M		M		M	
5	Filtro de aceite de caja de cambios	21479106	1				M				M	
6	Filtro secador de aire	21620181	1		M		M		M		M	
7	Filtro de dirección	349619	1		M		M		M		M	
8	Filtro de aire secundario	21041296	1								M	
9	Filtro de aire de cabina	7T7358	1				M				M	
FLUIDOS												
Item	Insumo	Fluido	Cap. de relleno (Galones)	3000	6000	9000	12000	15000	18000	21000	24000	
1	Aceite de motor	85121023	9.80	M	M	M	M	M	M	M	M	
2	Aceite de caja de cambios	1161280	3.80		M		M		M		M	
3	Aceite de eje trasero	1161279	12.80		M		M		M		M	
4	Aceite de dirección hidráulica	1161996	2.00								M	
5	Aceite de cabina	85112076	1.00								M	
6	Refrigerante	85108914	6.90								M	



Figura 9

Cartilla de mantenimiento preventivo para cargador frontal CAT 962M

	Equipo:	CARGADOR FRONTAL										
	Marca:	CATERPILLAR										
	Modelo:	962M										
	Nro de serie:	6C1DJ7TKLM247638										
	Cartilla de mantenimiento preventivo para Cargador Frontal CAT 962M											
MOTOR												
Item	Insumo	Código	Cantidad	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920	
1	Aceite de motor 15w40	Volvo VDS4	5,8 (GAL)	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2	Filtro de aceite de motor	VOE3831263	1	M	M	M	M	M	M	M	M	M
3	Filtro de petroleo	VOE20805349	1	M	M	M	M	M	M	M	M	M
4	Separador de agua	VOE11110683	1	M	M	M	M	M	M	M	M	M
5	Filtro de aire primario	VOE11110022	1				M					M
6	Filtro de aire secundario	VOE11110023	1									M
7	Respiradero del tanque	VOE11172907	1									M
8	Refrigerante	Coolant RTU 50/50	10									M
TRANSMISIÓN												
Item	Insumo	Fluido	Cap. de relleno (Galones)	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920	
1	Aceite de transmision ATFD2	Shell spirax S2	10,31 (GAL)	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2	Filtro de transmision	VOE11037868	1.00		M		M		M		M	M
CABINA												
Item	Insumo	Codigo	Cantidad	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920	
1	Pre filtro de aire acondicionado	VOE11703979	1.00				M					M
2	Filtro de aire acondicionado	VOE11703980	1.00									M
EJES DELANTERO Y POSTERIOR												
Item	Insumo	Codigo	Cantidad	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920	
1	Aceite de eje	Shell spirax S4TXM	20,3 (GAL)				M					M
2	Respiradero de la corona	VOE11172907	2.00									M
SISTEMA HIDRAÚLICO												
Item	Insumo	Codigo	Cantidad	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920	
1	Aceite hidráulico	Shell tellus S2MX46	34,65 (GAL)									M
2	Filtro hidráulico	Colant RTU 50/50	1.00									M
3	Respiradero de tanque	VOE11707077	1.00									M



Figura 10

Cartilla de mantenimiento preventivo para Motoniveladora CAT 140K


	Equipo:	MOTONIVELADORA										
	Marca:	CATERPILLAR										
	Modelo:	CAT 140K										
	Nro de serie:	KHX28975										
												
Cartilla de mantenimiento preventivo para la motoniveladora CAT 140K												
FILTROS												
Item	Insumo	Código	Cantidad	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920	
1	Filtro de aceite de motor	1R1807	1	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2	Filtro de combustible (separador de agua)	4367077	1	M	M	M	M	M	M	M	M	M
3	Filtro de combustible secundario	5000480	2	M	M	M	M	M	M	M	M	M
4	Filtro de transmisión	3375270	1		M		M		M		M	
5	Filtro hidráulico	1R0774	1		M		M		M		M	
6	Respiradero de la transmisión	1833873	1				M					M
7	Filtro de aire primario	2456375	1		M		M		M			M
8	Filtro de aire secundario	2456376	1		M		M		M			M
9	Filtro de aire de cabina	7T7358	1				M					M
FLUIDOS												
Item	Insumo	Fluido	Cap. de relleno (Galones)	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920	
1	Aceite de motor	Cat deo ch 15w40	5.00	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2	Aceite de transmision	Cat tdot sae 30	19.00		M		M		M			M
3	Aceite hidráulico	Cat hydoa dvance 10W	15.00									M
4	Aceite de mandos tandem (2)	Cat tdto SAE50	34.00									M
5	Aceite de tornamesa	Cat go 80W90	2.00									M
6	Aceite de cubos	Cat tdto sae50	1.00									M
7	Refrigerante	Super coolant AF. NAC	11.00									M

Figura 11

Cartilla de mantenimiento preventivo para Rodillo liso CAT CS-533E


	Equipo:	RODILLO LISO									
	Marca:	CATERPILLAR									
	Modelo:	CS-533E									
	Nro de serie:	TJLO2329									
											
Cartilla de mantenimiento preventivo para Rodillo Liso CAT CS-533E											
1 FILTROS											
Item	Insumo	Código	Cantidad	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920
1	Filtro de combustible primario	000 326164	1	M	M	M	M	M	M	M	M
2	Filtro de combustible secundario	000 299-822	1	M	M	M	M	M	M	M	M
3	Filtro de aceite del motor	000 2698325	2	M	M	M	M	M	M	M	M
4	Filtro de aire primario	000 2567902	1		M		M		M		M
5	Filtro de aire secundario	000 2567903	1		M		M		M		M
6	Respiradero de la transmisión	000 3173064	1				M				M
7	Filtro hidráulico	000 1833873	1		M		M		M		M
8	Filtro de aceite hidráulico	000 1G8878	1		M		M		M		M
FLUIDOS											
Item	Insumo	Fluido	Cap. de relleno (Galones)	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920
1	Aceite de motor	Cat DE0 CH4 15W40	5.00	M	M	M	M	M	M	M	M
2	Conjunto de carcasa del eje drenaje y llenado de aceite	Cat TDTO SAE 50	5.00		M		M		M		M
3	Drenaje de la impulsión final y llenado de aceite	Cat tdto SAE50	5.00								M
4	Drenaje del sistema hidráulico y llenado de aceite	Cat hydro advance 10W	5.00								M
5	Reductor de engranajes de impulsión del tambor drenaje y llenado de aceite	Cat synthetic iso 220	5.00								M
6	SopORTE vibratorio drenaje y llenado de aceite	Cat synthetic iso 220	5.00								M
7	Refrigerante	Super coolant AF. NAC	11.00								M

Figura 12

Cronograma de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada

		CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA PESADA																																																									
		ENERO			FEBRERO					MARZO					ABRIL					MAYO					JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE										
ITEM	MÁQUINA	ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48									
1	Cargador frontal CAT 962M	Mantenimiento preventivo					PM1H							PM2H											PM3H																																		
2	Motoniveladora CAT 140K	Mantenimiento preventivo					PM1H							PM2H											PM3H																																		
3	Rodillo liso CAT CS-533E	Mantenimiento preventivo					PM1H							PM2H											PM3H																																		
4	Volquete volvo FMX4T	Mantenimiento preventivo						PM1H							PM2H										PM3H																																		
5	Volquete volvo MG42T	Mantenimiento preventivo						PM1H							PM2H										PM3H																																		
6	Camión compactador HINO GH	Mantenimiento preventivo						PM1H							PM2H										PM3H																																		


Nota. El cronograma de mantenimiento propuesto nos permite llevar un mejor control del mantenimiento preventivo para cada una de la maquinaria pesada, también permite determinar la productividad de cada maquinaria, analizar el backlog, establecer prioridades, programar el día a día de cada maquinaria pesada.

Con estos formatos se facilita la inspección de las máquinas y equipos en busca de fugas posibles, residuos acumulados, fallas por fatiga de materiales, fallas en los componentes, o fallas en los equipos del pool de maquinaria.

Figura 13

Formatos de inspección diaria para volquetes volvo FMX4T y MG42T

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
1	CODIGO PATRIMONIAL	
2	UNIDAD	
3	MARCA	
4	MODELO	
5	Nº MOTOR	
6	Nº SERIE	
7	AÑO DE FABRICA	
8	ESTADO ACTUAL	




ESTADO GENERAL DE LA UNIDAD	
SISTEMA	FALLAS
MOTOR	
SISTEMA ELÉCTRICO - ELÉCTRICO	
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	
SISTEMA HIDRAÚLICO	
SISTEMA DE DIRECCIÓN	
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	
IMPLEMENTOS DE CORTE	
RODAMIENTO	
TABLERO DE INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS	

Figura 14

Formato de inspección diaria para camión compactador HINO GH

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
1	CODIGO PATRIMONIAL	
2	UNIDAD	
3	MARCA	
4	MODELO	
5	Nº MOTOR	
6	Nº SERIE	
7	AÑO DE FABRICA	
8	ESTADO ACTUAL	




ESTADO GENERAL DE LA UNIDAD	
SISTEMA	FALLAS
MOTOR	
SISTEMA ELÉCTRICO - ELÉCTRICO	
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	
SISTEMA HIDRÁULICO	
SISTEMA DE DIRECCIÓN	
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	
IMPLEMENTOS DE CORTE	
RODAMIENTO	
TABLERO DE INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS	

Figura 15

Formato de inspección diaria para cargador frontal CAT 962M

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
1	CODIGO PATRIMONIAL	
2	UNIDAD	
3	MARCA	
4	MODELO	
5	N° MOTOR	
6	N° SERIE	
7	AÑO DE FABRICA	
8	ESTADO ACTUAL	




ESTADO GENERAL DE LA UNIDAD	
SISTEMA	FALLAS
MOTOR	
SISTEMA ELÉCTRICO - ELÉCTRICO	
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	
SISTEMA HIDRÁULICO	
SISTEMA DE DIRECCIÓN	
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	
IMPLEMENTOS DE CORTE	
RODAMIENTO	
TABLERO DE INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS	

Figura 16

Formato de inspección diaria para motoniveladora CAT 140K

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
1	CODIGO PATRIMONIAL	
2	UNIDAD	
3	MARCA	
4	MODELO	
5	Nº MOTOR	
6	Nº SERIE	
7	AÑO DE FABRICA	
8	ESTADO ACTUAL	




ESTADO GENERAL DE LA UNIDAD	
SISTEMA	FALLAS
MOTOR	
SISTEMA ELÉCTRICO - ELÉCTRICO	
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	
SISTEMA HIDRÁULICO	
SISTEMA DE DIRECCIÓN	
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	
IMPLEMENTOS DE CORTE	
RODAMIENTO	
TABLERO DE INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS	

Figura 17

Formato de inspección diaria para rodillo liso CAT CS-533E


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
1	CODIGO PATRIMONIAL	
2	UNIDAD	
3	MARCA	
4	MODELO	
5	Nº MOTOR	
6	Nº SERIE	
7	AÑO DE FABRICA	
8	ESTADO ACTUAL	



ESTADO GENERAL DE LA UNIDAD	
SISTEMA	FALLAS
MOTOR	
SISTEMA ELÉCTRICO - ELÉCTRICO	
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	
SISTEMA HIDRÁULICO	
SISTEMA DE DIRECCIÓN	
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	
IMPLEMENTOS DE CORTE	
RODAMIENTO	
TABLERO DE INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS	

Figura 18

Formato de reportes de trabajo

	FORMATO DE REPORTES DE TRABAJO ORDEN DE TRABAJO (OT)	FECHA:	
OBRA			Nro OT:
Fecha de creación de OT			Fecha de ejecución OT
COD. EQUIPO			COD. EXTERNO
			PLACA/SERIE
1. Excavadora		6. Rodillo	11. Grupo Electrógeno
2. Motoniveladora		7. Mixer/maxer	12. Compresora
3. Tractor oruga		8. Cist. Agua	13. Cisterna Combustible
4. Retroexcavadora		9. Volquete	14. Luminaria
5. Cargador frontal		10. Camioneta	15. Otros
Ubicación de equipo / Frente de trabajo:			
TIPO DE MANTENIMIENTO		TIPO DE TRABAJO	
MP = Preventivo		Programado	
MPd= Predictivo		No programado	
ORIGEN DE FALLA	Mala operación	<input type="checkbox"/>	Accidente
	Eléctrica	<input type="checkbox"/>	Otros
LOCALIZACIÓN DE FALLA	Motor	Suspensión	Implementos
	Hidráulico	Tren de fuerza	Llanta/Rodamiento
	Transmisión	Eléctrico	Estructura
	Dirección	Otros	
TRABAJO A REALIZAR:			
FECHA	INOPERATIVIDAD		Horometro/kilometraje
	DE INTERVENCIÓN		Horometro/kilometraje
	OPERATIVIDAD		Horometro/kilometraje

TRABAJOS REALIZADOS			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	TIEMPO

MATERIALES USADOS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	N° PARTE	CANT.	TIEMPO

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		
ITEM	DESCRIPCIÓN	TIEMPO SERVICIO (Horas . Minutos)

OBSERVACIONES Y TRABAJOS PENDIENTES	
ITEM	DESCRIPCIÓN

MECÁNICO

Jefatura de Mantenimiento

Operador/supervisor

Tercero

4.5. Beneficio económico de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo

A lo largo del periodo de evaluación del año 2022, se ha presentado gastos directos en el tema de personal, y repuestos. Todos estos costos generados se toman en cuenta, fallas mecánicas generadas por falta de mantenimiento preventivo, mas no se toma otras fallas que no tengan relación con respecto a la falta de mantenimiento preventivo planificado.

Tabla 20

Gastos en el personal mecánico, año 2022

Item	Descripción	Cantidad	Costo/día	Dias al año	Costo total
1.0	Mecánico	3	S/100.00	251	S/75,300.00
2.0	Ayudante	2	S/80.00	251	S/40,160.00
Total					S/115,460.00

De igual manera se logra apreciar los gastos en repuestos por falla presentado en el año 2022 por máquina. Se considera las fallas ocasionados por falta de mantenimiento preventivo. Para los precios se considera el archivo proporcionado por el área de equipo mecánico de la entidad.

Tabla 21

Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria camión volquete volvo FMX4T, año 2022

Item	Descripción falla	Fecha	Costo total
1.0	Mal estado del bombin de accionamiento de embrague (Reparación y reemplazo)	8/03/2023	S/10,000.00
2.0	Reparación de la caja de dirección	31/03/2022	S/8,590.00
3.0	Estado de los frenos de estacionamiento(cambio y reparación)	14/06/2022	S/5,000.00
4.0	Bajo nivel del refrigerante del radiador por ruptura del conducto del refrigerante (reparación y cambio)	24/06/2022	S/3,000.00
5.0	Ruidos en la caja de transmisión	27/07/2022	S/45,000.00
6.0	Fallo en bomba de inyección de combustible	20/10/2022	S/35,000.00
7.0	Fuga de aceite en la caja de cambios	28/10/2022	S/20,000.00
8.0	Fuga de aceite hidráulico en el pistón telescópico	18/11/2022	S/10,000.00
Total			S/136,590.00

Tabla 22

Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria camión volquete volvo WG42T, año 2022

Ítem	Descripción falla	Fecha	Costo total
1.0	Reparación del sistema de transmisión	9/03/2022	S/40,000.00
2.0	Servo de embrague en mal estado	22/03/2022	S/5,000.00
3.0	Fugas de aceite de motor	1/04/2022	S/1,000.00
4.0	Bomba de cebado de combustible	12/05/2022	S/500.00
5.0	Fallo del enfriador de aceite	20/05/2022	S/4,500.00
6.0	Ruptura de mangueras hidráulicas	7/06/2022	S/1,000.00
7.0	Fallo de la bomba de combustible	27/07/2022	S/35,000.00
8.0	Drenaje de sedimentos en el tanque de combustible	15/09/2022	S/150.00
9.0	Bomba hidráulica de dirección	18/11/2022	S/2,500.00
10.0	Mal estado del bombín de accionamiento de embrague	22/12/2022	S/500.00
Total			S/90,150.00

Tabla 23

Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria cargador frontal CAT 962M, año 2022

Ítem	Descripción falla	Fecha	Costo total
1.0	Fallo en bomba de inyección de combustible	12/01/2022	S/25,000.00
2.0	Ruidos en el interior de la caja de transmisión	21/01/2022	S/40,000.00
3.0	Fuga del refrigerante	31/01/2022	S/500.00
4.0	Fuga de aceite en la caja de cambios	17/03/2022	S/2,500.00
5.0	Fugas de aceite del motor	12/04/2022	S/2,500.00
6.0	Fugas de petróleo	26/04/2022	S/500.00
7.0	Bomba de cebado de combustible	12/07/2022	S/850.00
8.0	Mecanismo de dirección	8/08/2022	S/3,500.00
9.0	Filtro de petróleo	13/09/2022	S/450.00
10.0	Filtros hidráulicos	11/10/2022	S/2,500.00
11.0	Bomba hidráulica de dirección	18/10/2022	S/5,000.00
12.0	Obstrucción en los conductos de lubricación del motor	28/11/2022	S/6,500.00
13.0	Fugas de aceite de freno	15/12/2022	S/1,500.00
14.0	Respiradero de tanque hidráulico obstruido	22/12/2022	S/250.00
Total			S/91,550.00

Tabla 24

Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria motoniveladora CAT 140K, año 2022

Item	Descripción falla	Fecha	Costo total
1.0	Fallo de la bomba de cebado de combustible	23/05/2022	S/35,000.00
2.0	Fuga de aceite de la tapa de balancines	24/08/2022	S/2,000.00
3.0	Fugas en diferenciales	27/10/2022	S/45,000.00
4.0	Sistema de rotación de la tornamesa	15/12/2022	S/20,000.00
5.0	Fuga de anticongelante	26/12/2022	S/250.00
Total			S/102,250.00

Tabla 25

Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria Rodillo liso Cat CS-533E, año 2022

Item	Descripción falla	Fecha	Costo total
1.0	Reparación del motor	13/01/2022	S/100,000.00
2.0	Reparación del sistema de inyección	22/06/2022	S/45,000.00
3.0	Fallo del enfriador de aceite	14/07/2022	S/500.00
Total			S/145,500.00

Tabla 26

Gastos en la adquisición de repuestos, por falla en la maquinaria camión compactador Hino GH, año 2022

Item	Descripción falla	Fecha	Costo total
1.0	Eje de transmisión	20/01/2022	S/2,000.00
2.0	Cambio del sistema de inyección	24/03/2022	S/30,000.00
3.0	Fallo de los cilindros de frenado	18/07/2022	S/1,000.00
4.0	Conductos de lubricación en mal estado (Reparación motor)	15/09/2022	S/35,000.00
5.0	Fugas de aceite del cárter	30/12/2022	S/250.00
Total			S/68,250.00

a) Costo de la propuesta de mantenimiento

Se toma en cuenta el personal que intervendrá al realizar los mantenimientos planificados. Con la finalidad de determinar los costos por todos los mantenimientos planificados propuestos según el cronograma ya antes mostrado.

Tabla 27

Gastos en el personal mecánico propuesto

Item	Descripción	Cantidad	Costo/día	Dias propuestos	Costo total
1	Mecánico	1	S/100.00	42	S/4,200.00
2	Ayudante	1	S/80.00	42	S/3,360.00
Total					S/7,560.00

De igual manera se evidencia los costos de los insumos para su mantenimiento respectivo de la maquinaria pesada, tomando en cuenta el cronograma de mantenimiento planificado propuesto.

Tabla 28

Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria cargador frontal CAT 962M

Item	Insumo	Código	Cantidad	Unidad	Costo sub total
1.0	Aceite de motor 15w40	Volvo VDS4	8.00	bld	S/3,600.00
2.0	Filtro de aceite de motor	VOE3831263	8.00	und	S/2,000.00
3.0	Filtro de petróleo	VOE20805349	8.00	und	S/2,400.00
4.0	Separador de agua	VOE11110683	8.00	und	S/2,800.00
5.0	Filtro de aire primario	VOE11110022	8.00	und	S/1,600.00
6.0	Filtro de aire secundario	VOE11110023	8.00	und	S/1,600.00
7.0	Respiradero del tanque	VOE11172907	1.00	und	S/150.00
8.0	Refrigerante	Coolant RTU 50/50	3.00	bld	S/1,200.00
9.0	Aceite de transmisión ATFD2	Shell spirax S2	8.00	bld	S/3,200.00
10.0	Filtro de transmisión	VOE11037868	4.00	und	S/1,400.00
11.0	Pre filtro de aire acondicionado	VOE11703979	1.00	und	S/250.00
12.0	Filtro de aire acondicionado	VOE11703980	1.00	und	S/150.00

13.0	Aceite de eje	Shell spirax S4TXM	4.00	bld	S/1,600.00
14.0	Respiradero de la corona	VOE11172907	2.00	und	S/100.00
15.0	Aceite hidráulico	Shell tellus S2MX46	6.00	bld	S/2,400.00
16.0	Filtro hidráulico	Coolant RTU 50/50	1.00	und	S/500.00
17.0	Respiradero de tanque	VOE11707077	1.00	und	S/150.00
Total					S/25,100.00

Tabla 29

Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria motoniveladora CAT 140K

Item	Insumo	Codigo	Cantidad	Unidad	Costo sub total
1.0	Filtro de aceite de motor	1R1807	8.00	und	S/2,400.00
2.0	Filtro de combustible (separador de agua)	4367077	8.00	und	S/2,560.00
	Filtro de combustible secundario	5000480	8.00	und	S/2,800.00
4.0	Filtro de transmisión	3375270	8.00	und	S/2,760.00
5.0	Filtro hidráulico	1R0774	4.00	und	S/1,800.00
6.0	Respiradero de la transmisión	1833873	1.00	und	S/150.00
7.0	Filtro de aire primario	2456375	8.00	und	S/1,600.00
8.0	Filtro de aire secundario	2456376	8.00	und	S/1,600.00
9.0	Filtro de aire de cabina	7T7358	1.00	und	S/300.00
10.0	Aceite de motor	Cat deo ch 15w40	8.00	bld	S/3,600.00
11.0	Aceite de transmisión	Cat tdot sae 30	5.00	bld	S/2,250.00
		Cat hydroa dvance 10W	5.00	bld	S/2,250.00
13.0	Aceite de mandos tandem (2)	Cat tdto SAE50	5.00	bld	S/2,100.00
14.0	Aceite de tornamesa	Cat go 80W90	4.00	bld	S/1,600.00
15.0	Aceite de cubos	Cat tdto sae50	4.00	bld	S/1,600.00
16.0	Refrigerante	Super coolant AF. NAC	4.00	bld	S/1,200.00
Total					S/30,570.00

Tabla 30

*Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria rodillo liso CAT
CS-533E*

Item	Insumo	Código	Cantidad	Unidad	Costo sub total
1.0	Filtro de combustible primario	000 326164	8.00	und	S/2,000.00
2.0	Filtro de combustible secundario	000 299- 822	8.00	und	S/2,080.00
3.0	Filtro de aceite del motor	000 2698325	8.00	und	S/2,160.00
4.0	Filtro de aire primario	000 2567902	8.00	und	S/1,600.00
5.0	Filtro de aire secundario	000 2567903	8.00	und	S/1,600.00
6.0	Respiradero de la transmisión	000 3173064	2.00	und	S/500.00
7.0	Filtro hidráulico	000 1833873	2.00	und	S/500.00
8.0	Filtro de aceite hidráulico	000 1G8878	2.00	und	S/500.00
9.0	Aceite de motor	Cat DE0 CH4 15W40	8.00	bld	S/2,000.00
10.0	Conjunto de carcasa del eje drenaje y llenado de aceite	Cat TDTO SAE 50	5.00	bld	S/2,250.00
11.0	Drenaje de la impulsión final y llenado de aceite	Cat tdto SAE50	5.00	bld	S/2,250.00
12.0	Drenaje del sistema hidráulico y llenado de aceite	Cat hydo advance 10W	5.00	bld	S/2,000.00
13.0	Reductor de engranajes de impulsión del tambor drenaje y llenado de aceite	Cat synthetic iso 220	5.00	bld	S/2,000.00
14.0	SopORTE vibratorio drenaje y llenado de aceite	Cat synthetic iso 220	5.00	bld	S/1,750.00
15.0	Refrigerante	Super coolant AF. NAC	4.00	bld	S/1,400.00
Total					S/24,590.00

Tabla 31

*Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria camión volquete
Volvo FMX4T*

Item	Insumo	Código	Cantidad	Unidad	Costo sub total
1.0	Filtro de aceite de motor	1R1807	8.00	und	S/2,400.00
2.0	Filtro de combustible (separador de agua)	4367077	8.00	und	S/2,480.00

3.0	Filtro de combustible secundario	21743197	8.00	und	S/2,560.00
4.0	Filtro de aire	21834199	8.00	und	S/1,600.00
5.0	Filtro de aceite de caja de cambios	21479106	4.00	und	S/1,000.00
6.0	Filtro secador de aire	21620181	2.00	und	S/600.00
7.0	Filtro de dirección	349619	2.00	und	S/500.00
8.0	Filtro de aire secundario	21041296	8.00	und	S/2,400.00
9.0	Filtro de aire de cabina	7T7358	2.00	und	S/600.00
10.0	Aceite de motor	85121023	8.00	bld	S/3,200.00
11.0	Aceite de caja de cambios	1161280	4.00	bld	S/1,600.00
12.0	Aceite de eje trasero	1161279	4.00	bld	S/1,600.00
13.0	Aceite de dirección hidráulica	1161996	4.00	bld	S/1,600.00
14.0	Refrigerante	85108914	4.00	bld	S/1,600.00
Total					S/23,740.00

Tabla 32

Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria camión volquete Volvo MG42T

Item	Insumo	Código	Cantidad	Unidad	Costo sub total
1.0	Filtro de aceite de motor	1R1807	8.00	und	S/2,400.00
2.0	Filtro de combustible (separador de agua)	4367077	8.00	und	S/2,560.00
3.0	Filtro de combustible secundario	21743197	8.00	und	S/2,560.00
4.0	Filtro de aire	21834199	8.00	und	S/1,600.00
5.0	Filtro de aceite de caja de cambios	21479106	2.00	und	S/700.00
6.0	Filtro secador de aire	21620181	2.00	und	S/600.00
7.0	Filtro de dirección	349619	1.00	und	S/300.00
8.0	Filtro de aire secundario	21041296	8.00	und	S/1,600.00
9.0	Filtro de aire de cabina	7T7358	4.00	und	S/600.00
10.0	Aceite de motor	85121023	8.00	bld	S/3,200.00
11.0	Aceite de caja de cambios	1161280	4.00	bld	S/1,600.00
12.0	Aceite de eje trasero	1161279	4.00	bld	S/1,680.00
13.0	Aceite de dirección hidráulica	1161996	4.00	bld	S/1,800.00
14.0	Refrigerante	85108914	4.00	bld	S/1,200.00
Total					S/22,400.00

Tabla 33

Costo de los insumos de mantenimiento propuesto para la maquinaria camión compactador Hino GH

Item	Insumo	Código	Cantidad	Unidad	Costo sub total
1	Filtro de aceite de motor	1R1807	8.00	und	S/2,400.00
2	Filtro de combustible (separador de agua)	4367077	8.00	und	S/2,400.00
3	Filtro de combustible secundario	21743197	8.00	und	S/2,400.00
4	Filtro de aire	21834199	8.00	und	S/2,400.00
5	Filtro de aceite de caja de cambios	21479106	2.00	und	S/600.00
6	Filtro secador de aire	21620181	2.00	und	S/600.00
7	Filtro de dirección	349619	1.00	und	S/300.00
8	Filtro de aire secundario	21041296	8.00	und	S/2,400.00
9	Filtro de aire de cabina	7T7358	1.00	und	S/300.00
10	Aceite de motor	85121023	8.00	bld	S/2,400.00
11	Aceite de caja de cambios	1161280	5.00	bld	S/1,500.00
12	Aceite de eje trasero	1161279	5.00	bld	S/1,500.00
13	Aceite de dirección hidráulica	1161996	1.00	bld	S/300.00
14	Aceite de cabina	85112076	1.00	bld	S/300.00
15	Refrigerante	85108914	6.90	bld	S/2,070.00
Total					S/21,870.00

b) Comparación de costos y beneficios

En las Tabla 34, se muestra una comparación de costos en el personal mecánico año 2022 y el propuesto. Asimismo la Tabla 35, muestra la comparación de costo en insumos año 2022, referente a costo de mantenimiento propuesto.

Tabla 34

Comparación de costos en el personal mecánico año 2022 y el propuesto

Item	Descripción	Costo año 2022	Costo personal (Propuesta)	Ahorro
1.0	Personal mecánico	S/115,460.00	S/7,560.00	S/107,900.00

Tabla 35

Comparación de costo en insumos año 2022, referente a costo de mantenimiento propuesto

Item	Descripción	Costo año 2022	Costo insumos (propuesta)	Subtotal de ahorro
1.0	Cargador frontal CAT 962M	S/91,550.00	S/25,100.00	S/66,450.00
2.0	Motoniveladora CAT 140K	S/102,250.00	S/30,570.00	S/71,680.00
3.0	Rodillo liso CAT CS-533E	S/145,500.00	S/24,590.00	S/120,910.00
4.0	Volquete volvo FMX4T	S/136,590.00	S/23,740.00	S/112,850.00
5.0	Volquete volvo MG42T	S/90,150.00	S/22,400.00	S/67,750.00
6.0	Camión compactador HINO GH	S/68,250.00	S/21,870.00	S/46,380.00
Total		S/634,290.00	S/148,270.00	S/ 486,020.00

Al proponer el plan de mantenimiento preventivo, se logra evidenciar las mejoras con respecto al gasto económico, ya que el mantenimiento preventivo propuesto presenta mejoras considerables en el aspecto económico. Generando así ahorro con respecto a los mantenimientos inoportunos que como consecuencia generan paradas correctivas.

En el tema de personal mecánico se tendrá un ahorro de S/107,900.00, en los gastos por fallas correctivas que como consecuencia generan la adquisición de repuestos se tendrá un ahorro de S/486,020.00, con esto se demuestra la viabilidad del plan de mantenimiento propuesto, que generara un beneficio económico en la Municipalidad Disrital de Aramango.

V. Discusión

En la presente investigación se determinó que la Municipalidad Distrital Aramango en el periodo 2022 cuenta con una variedad de maquinarias pesadas, de acuerdo a resultados se encontraron 6 máquinas críticas como cargador frontal CAT 962M, motoniveladora CAT 140K, rodillo liso CAT CS - 533 E, y equipos de transporte de material pesado como volquetes Volvo FMX 4T y MG 42T, y camión compactador HINO GH. Al igual que Palomino et al. (2020), que escoge maquinarias pesadas como 8 mini cargadores y una retroexcavadora para el estudio de su investigación mediante la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) y el mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) generando valores críticos en los equipos.

Se determina una disponibilidad por debajo del 85% mediante las metodologías mencionadas, además, se utiliza como guía normativa ISO 27001 para generar auditorías claves con el respeto a los estándares de supervisión. Se encuentra un total de 2990.45 horas perdidas por reparación y paradas, generando el problema de disponibilidad ineficiente en el aspecto de mantenibilidad de los equipos. A diferencia de Reynoso (2021), que al evaluar la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la empresa en estudio, determina una disponibilidad mecánica media de los volquetes era del 77% y de la maquinaria pesada del 88% (línea amarilla). Por otra parte Flores y Chuquipoma (2021), determinan una disponibilidad del 79.57% dentro de las 7 de 12 maquinarias estudiadas con una criticidad de 12 a 25 y una disponibilidad de 82% en la maquina pesada MNCAT01 o motoniveladora.

Para definir las actividades de mantenimiento preventivo para los activos de acuerdo con el modelo de maquinaria. Se consideraron las condiciones de trabajo como fuente prescindible para la elaboración del plan de mantenimiento, con el objetivo de generar mayor disponibilidad en las maquinarias críticas estudiadas en los puntos anteriores. Algunos de estos criterios se basaron en el mantenimiento del motor y los sistemas de transmisión fundamentalmente, debido a que, en estos puntos, es donde se genera el mayor desgaste de componentes y la generación de paradas y reparaciones. Herrera (2019), genera los cambios de un plan de mantenimiento dirigida hacia los documentos que inspeccionaran los empleados, a los materiales de repuestos y herramientas a utilizar dentro de la tarea de mantenimiento correctivo.

En el diseño del plan de mantenimiento preventivo, se generaron formatos de inspección para cada componente y sistema ya sea diaria, semanal o mensual. Por ello, se genera un plan de mantenimiento preventivo cada 6 semanas en los equipos de maquinaria pesada y cada 8 semanas en los equipos de transporte, generando de esta manera, un aumento considerable de

la disponibilidad de la maquinaria existente en la Municipalidad de Aramango en el periodo 2022. Así mismo, Herrera (2019) genera órdenes de trabajo preventivas con el plan de mantenimiento preventivo, asignando los recursos adecuados, como empleados, tiempo y piezas de repuesto, en coordinación con las operaciones planteadas. Por otra parte, Medina (2023) genera enfoques de mejora mediante la aplicación de la metodología Seiton y la creación de bitácoras de mantenimiento diarias, semanales y mensuales dirigida hacia los empleados, al área de mantenimiento y de operaciones para establecer las medidas correctivas.

Se muestra un beneficio económico que generara el plan de mantenimiento preventivo propuesto, logrando así mejoras considerables con respecto al aspecto económico. Al igual que las investigaciones de Reynoso (2021) y Herrera (2019). Un plan de mantenimiento preventivo puede generar beneficios económicos significativos al mejorar la eficiencia operativa y prolongar la vida útil de los equipos. Aquí hay estrategias clave para maximizar los beneficios económicos (reducción de costos de reparación, aumento de la disponibilidad de equipos, y optimización de recursos).

Conclusiones

La caracterización de los activos de la Municipalidad Distrital de Aramango se dio en base a la norma vigente ISO 27001, mediante esta caracterización se detalló las características de la maquinaria pesada, definiendo el tipo de maquinaria, marca, modelo, año, potencia. De acuerdo a resultados se encontraron 6 máquinas críticas como cargador frontal CAT 962M, motoniveladora CAT 140K, rodillo liso CAT CS - 533 E, y equipos de transporte de material pesado como volquete Volvo FMX 4T, volquete Volvo MG 42T, y camión compactador HINO GH.

Por la falta de un mantenimiento preventivo y generando frecuentes averías dentro de los componentes principales de los equipos y paradas con tiempos considerables, se tiene una disponibilidad crítica en las maquinarias como volquete volvo WG42T con un 76.18%, volquete volvo FMX4T con un 77.29%, cargador frontal CAT 962M con un 78.80%, rodillo liso CAT CS-533E con 81.53% de disponibilidad; y las maquinas con mayor disponibilidad son la motoniveladora CAT 140K con un 84.11% y el camión compactador Hino GH 83.42% de disponibilidad. De toda la maquinaria pesada se encontró un total de 2990.45 horas perdidas dentro del año 2022.

Para definir las actividades de mantenimiento preventivo para los activos de acuerdo con el modelo de maquinaria. Se definieron aspectos a considerar dentro de cada maquinaria considerando las condiciones de trabajo. Dentro de la maquinaria pesada el cargador frontal CAT 962M, se generaron actividades de mantenimiento preventivo en el motor, transmisión, cabina del operador, los ejes y el sistema hidráulico; mientras que en la motoniveladora CAT 140K y en el rodillo liso CAT CS 533E se generaron actividades dentro de los filtros y los fluidos presentes en los sistemas de accionamiento. Por otra parte, en los equipos de transporte de material pesado (volquetes Volvo FMX 4T, Volvo MG 42T y el camión compactador HINO GH) se establecieron actividades en filtros y los fluidos accionantes.

Para el diseño del plan de mantenimiento preventivo se generaron formatos de inspección diaria de cada maquinaria de acuerdo a los sistemas y componentes más críticos. Además, se generaron formatos de reportes de trabajo (OT) para la supervisión de cada mantenimiento a realizar, independientemente si este sea preventivo o cualquier otro. Finalmente, se generaron cartillas de mantenimiento preventivo para cada maquinaria cada 6 semanas (maquinaria pesada) y 8 semanas (equipos de transporte) según los resultados de la investigación. Se propuso un plan de mantenimiento preventivo cada 6 semanas en el cargador

frontal CAT 962M, en la motoniveladora CAT 140K y en el rodillo liso CAT CS - 533 E generando sólo 8 paradas dentro de un año en los equipos mencionados. Por otro lado, se genera un plan de mantenimiento cada 8 semanas en el volquete Volvo FMX 4T, volquete Volvo MG 42T y camión compactador HINO GH con 6 paradas anuales para la revisión y cambios de componentes de ser necesario.

Se muestra un beneficio económico que generara el plan de mantenimiento preventivo propuesto, logrando así mejoras considerables con respecto al aspecto económico. Un plan de mantenimiento preventivo puede generar beneficios económicos significativos al mejorar la eficiencia operativa y prolongar la vida útil de los equipos.

Recomendaciones

Utilizar indicadores de mantenimiento más diversos dentro de la maquinaria pesada para la comparación de estos a un nivel general. Estos indicadores, también, generan el uso correcto de filosofías y metodologías de mantenimiento dirigido a cada componente y sistema en particular.

Para los cálculos disponibilidad, utilizar modelos estadísticos como los modelos de distribución de Weibull, comúnmente utilizados para modelar la vida útil de productos, la confiabilidad y disponibilidad de sistemas o máquinas.

Calcular el ahorro económico en los costos de mantenimiento, reducción de horas perdidas y búsqueda de repuestos con antelación generados por el plan de mantenimiento preventivo mostrado.

Referencias bibliográficas

- Alamri, T. O., & Mo, J. P. T. (2022). Optimisation of Preventive Maintenance Regime Based on Failure Mode System Modelling Considering Reliability. *Arabian Journal for Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s13369022-07174-w>
- Al-Douri, A., Kazantzi, V., Currie-Gregg, N., & El-Halwagi, M. M. (2021). Integrating uncertainty quantification in reliability, availability, and maintainability (RAM) analysis in the conceptual and preliminary stages of chemical process design. *Chemical Engineering Research and Design*, 167, 281–291. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2021.01.014>
- Andreassen, T. W., Lervik-Olsen, L., Snyder, H., van Riel, A. C. R., Sweeney, J. C., & van Vaerenbergh, Y. (2018). Business model innovation and value-creation: the triadic way. *Journal of Service Management*, 29(5), 883–906. <https://doi.org/10.1108/JOSM-05-2018-0125>
- Carvalho, T. P., Soares, F. A. A. M. N., Vita, R., Francisco, R. da P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. S. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024>
- Cheng, J. C. P., Chen, W., Chen, K., & Wang, Q. (2020). Data-driven predictive maintenance planning framework for MEP components based on BIM and IoT using machine learning algorithms. *Automation in Construction*, 112, 103087. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103087>
- Flores, N., y Chuquipoma, N. (2021). *Plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la maquinaria pesada en la empresa Servicios Generales “Viviana E.I.R. L”; Distrito Huarmaca – Piura* [Universidad nacional de Jaén]. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/419>
- Gala, S., Fikri, S., & Mohd, Mohd. (2018). Maintenance Management Model: an Identification of Key Elements for Value-Based Maintenance Management by Local Authority. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.25), 35. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.25.17467>
- Gonzales, J. A. (2021). *Técnicas e instrumentos de investigación científica* (ENFOQUES CONSULTING EIRL (ed.); 1 era Edic). <https://www.researchgate.net/publication/350072286%0ATÉCNICAS>

- He, Z., Shao, H., Zhong, X., & Zhao, X. (2020). Ensemble transfer CNNs driven by multi-channel signals for fault diagnosis of rotating machinery cross working conditions. *Knowledge-Based Systems*, 207, 106396. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.106396>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed., Vol. 1). McGRAW W.HILL.
<https://www.uca.ac.cr/wpcontent/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Herrera, C. (2019). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para optimizar el circuito de chancado en la Compañía Minera Chungar-Unidad Alpamarca* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5277>
- Kruczek, P., Gomolla, N., Hebda-Sobkiewicz, J., Michalak, A., Śliwiński, P., Wodecki, J., Stefaniak, P., Wyłomańska, A., & Zimroz, R. (2019). Predictive Maintenance of Mining Machines Using Advanced Data Analysis System Based on the Cloud Technology. In *Proceedings of the 27th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection - MPES 2018* (pp. 459–470). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-31999220-4_38
- Martins, L., Silva, F. J. G., Pimentel, C., Casais, R. B., & Campilho, R. D. S. G. (2020). Improving Preventive Maintenance Management in an Energy Solutions Company. *Procedia Manufacturing*, 51, 1551–1558.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.216>
- Nacchia, M., Fruggiero, F., Lambiase, A., & Bruton, K. (2021). A Systematic Mapping of the Advancing Use of Machine Learning Techniques for Predictive Maintenance in the Manufacturing Sector. *Applied Sciences*, 11(6), 2546.
<https://doi.org/10.3390/app11062546>
- Palomino-Valles, A., Tokumori-Wong, M., Castro-Rangel, P., Raymundo-Ibañez, C., & Dominguez, F. (2020). TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 796(1), 012008. <https://doi.org/10.1088/1757899X/796/1/012008>
- Raza, T., Muhammad, M., & Abd, M. (2016). A Comprehensive Framework and Key Performance Indicators for Maintenance Performance Measurement. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(20), 12146–12152.

- Reynoso, J. S. (2021). *Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo y su influencia en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la Empresa Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco - 2019* [Tesis de grado, Universidad Continental].
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9748>
- Tarrillo, L. (2020). *Propuesta de un Plan de Mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Empresa Construcción y Administración S. A, Provincia de Bagua – Amazonas* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Amazónica]. <https://repositorio.upa.edu.pe/handle/20.500.12897/54>
- Vega, A. M. (2017). *Implementación del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la Empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita, 2017* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1978>
- Viewwika, K., & Panutporn, R. (2019). The Predictable Maintenance 4.0 by Applying Digital Technology: A Case Study of Heavy Construction Machinery . *Review of Integrative Business and Economics Research*, 8(1), 34–46.
- Pillado, M., Castillo, V., & De la Riva Rodríguez, J. (2022). Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 12(24).
<https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1218>
- Huiman, R. (2019). Arrendamiento de maquinaria pesada. *Universidad de Piura*, 1–33.
- Buenaño, L., Villagrán, W., & Santillán, C. (2019). Utilización de la auditoría de mantenimiento y el análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) como herramientas para la identificación de problemas en la gestión de mantenimiento de locomotoras en empresas de ferrocarriles. *Ciencias Económicas y Empresariales*, 4(Cmd), 171–198.
- Barrientos, G., & Razeto, M. (2014). *Análisis de fallas en Equipos Industriales*.
- Parra, C., Viveros, P., Kristjanpoller, F., & Marquez, A. C. (2021). Técnicas de auditoría para los procesos de mantenimiento, fiabilidad operacional y gestión de activos (AMORMS Y AMS - ISO 55001). *Universidad de Sevilla*, 0(March), 1–20.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35842.61124/4>
- Poór, P., y Basl, J. (2019). Predictive maintenance as an intelligent service in Industry. *JOURNAL OF SYSTEMS INTEGRATION*, 3-10. <https://doi.org/10.20470/jsi.v10i1.364>

Anexos

Anexo 01. Validación de instrumentos

Constancia de validación 1

Quien suscribe, Yury Huamani Gallegos de profesión Ing. Mecánico con grado de instrucción de Magister, ejerciendo actualmente como docente en la universidad UNSAAC, y residente del proyecto de inversión de la Municipalidad Provincial de la Convención, hago constar que he revisado el instrumento denominado “Guía de registro de maquinaria pesada”.

Presentado por el Bach. Bener Onan Ugaz Jara con el objetivo de recoger los datos requeridos para su investigación: “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango, Provincia Bagua - Amazonas”.

En pertinencia al instrumento se aprecia.

Criterio	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Logra objetivo del instrumento				X
Es claro y preciso				X
Consigue abarcar la amplitud del dato requerido				X
Es congruente				X
Es pertinente				X

 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO

Ing. Yury Huamani Gallegos
INGENIERO MECÁNICO
CIP 231702

Mg. Ing. Yuri Humani Gallegos
Ingeniero Mecánico

Guía de registro de maquinaria pesada

Ítem	Máquina	Tonelaje	Potencia	Placa	Tracción		Año de adquisición	Marca	Tipo	Estado	Procedencia
					Tipo	Cantidad					
1											
2											
3											
4											
5											
6											


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO

 Ing. Yury Huamani Gallegos
 INGENIERO MECÁNICO
 CIP 231702

Constancia de validación 1

Quien suscribe, Huamani Gallegos Yury de profesión Ing. Mecánico con grado de instrucción de Magister, ejerciendo actualmente como docente de la UNSAAC, y residente del proyecto de inversión de la Municipalidad Provincial de la Convención, hago constar que he revisado el instrumento denominado “Ficha de historial de paradas de maquinaria pesada”.

Presentado por el Bach. Bener Onan Ugaz Jara con el objetivo de recoger los datos requeridos para su investigación: “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango, Provincia Bagua - Amazonas”

En pertinencia al instrumento se aprecia.

Criterio	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Logra objetivo del instrumento				X
Es claro y preciso				X
Consigue abarcar la amplitud del dato requerido				X
Es congruente				X
Es pertinente				X


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO

Ing. Yury Huamani Gallegos
INGENIERO MECÁNICO
CIP 231702

Mg. Ing. Yury Huamani Gallegos
Ingeniero Mecánico

Ficha de historial de paradas de maquinaria pesada

Ítem	Máquina	Marca/Modelo	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Tiempo Requerido	Descripción
1								
2								
3								
4								
5								
6								

 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO

Ing. Yury Huamani Gallegos
INGENIERO MECÁNICO
CIP 231702

Constancia de validación 2

Quien suscribe, Saavedra Suarez Pedro Ángel de profesión Ing. Mecánico Electricista, hago constar que he revisado el instrumento denominado “Guía de registro de maquinaria pesada”.

Presentado por el Bach. Bener Onan Ugaz Jara con el objetivo de recoger los datos requeridos para su investigación: “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango, Provincia Bagua - Amazonas”.

En pertinencia al instrumento se aprecia.

Criterio	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Logra objetivo del instrumento				X
Es claro y preciso				X
Consigue abarcar la amplitud del dato requerido				X
Es congruente				X
Es pertinente				X

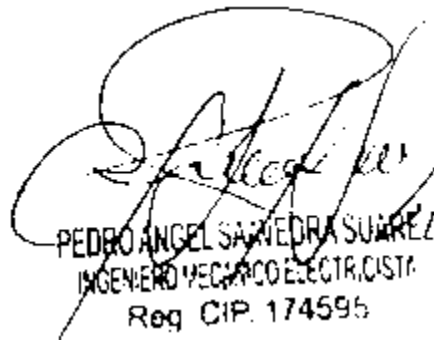


PEDRO ÁNGEL SAAVEDRA SUAREZ
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
Reg. CIP. 174595

Ing. Pedro Ángel Saavedra Suarez
Ingeniero Mecánico Electricista

Guía de registro de maquinaria pesada

Ítem	Máquina	Tonelaje	Potencia	Placa	Tracción		Año de adquisición	Marca	Tipo	Estado	Procedencia
					Tipo	Cantidad					
1											
2											
3											
4											
5											
6											


 PEDRO ANGEL SANTEDRA SUÁREZ
 INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
 Reg. CIP. 174596

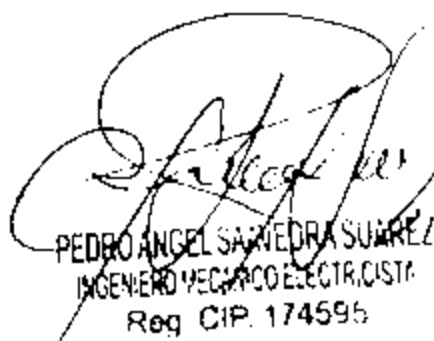
Constancia de validación 2

Quien suscribe, Saavedra Suarez Pedro Ángel de profesión Ing. Mecánico Electricista, hago constar que he revisado el instrumento denominado “Ficha de historial de paradas de maquinaria pesada”.

Presentado por el Bach. Bener Onan Ugaz Jara con el objetivo de recoger los datos requeridos para su investigación: “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Aramango, Provincia Bagua - Amazonas”

En pertinencia al instrumento se aprecia.

Criterio	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Logra objetivo del instrumento				X
Es claro y preciso				X
Consigue abarcar la amplitud del dato requerido				X
Es congruente				X
Es pertinente				X

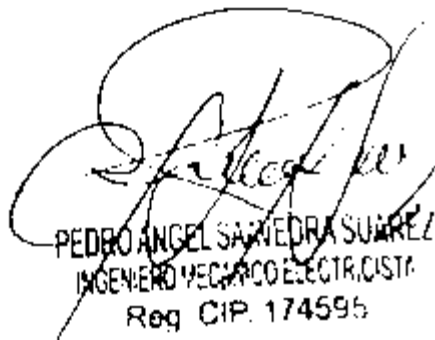


PEDRO ANGEL SAAVEDRA SUAREZ
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
Reg CIP. 174595

Ing. Pedro Ángel Saavedra Suarez
Ingeniero Mecánico Electricista

Ficha de historial de paradas de maquinaria pesada

Ítem	Máquina	Marca/Modelo	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Tiempo Requerido	Descripción
1								
2								
3								
4								
5								
6								



PEDRO ANGEL SAAVEDRA SUAREZ
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
Reg CIP. 174596

Anexo 02. Matriz de consistencia

1. TITULO:	4. VARIABLES DE ESTUDIO	8. INSTRUMENTOS
<p>Proponer un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, provincia Bagua - Amazonas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo. - Variable dependiente: Disponibilidad de la maquinaria pesada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Guía de registro de maquinaria pesada. - Ficha de historial de paradas de maquinaria pesada.
2. FORMULACION DEL PROBLEMA	5. HIPOTESIS	9. ANALISIS DE DATOS
<p>¿Al proponer un plan de mantenimiento preventivo mejorará la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, provincia Bagua - Amazonas?.</p>	<p>La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, provincia Bagua – Amazonas.</p>	<p>En este trabajo se utilizó un análisis estadístico descriptivo. Para esto, se utilizó el programa Microsoft Excel, los resultados del análisis estadístico son presentados en tablas y gráficos para facilitar su interpretación.</p>
3. OBJETIVOS	6. DISEÑO DE INVESTIGACION	
<p>3.1. Objetivo general Proponer un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, provincia Bagua - Amazonas.</p> <p>3.2 Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caracterizar los activos de la Municipalidad Distrital Aramango de acuerdo con la norma vigente ISO 27001. - Evaluar la disponibilidad actual del pool de maquinaria pesada. - Definir las actividades de mantenimiento preventivo para los activos de acuerdo con el modelo de maquinaria. - Diseñar el plan de mantenimiento preventivo que contemple la frecuencia de las revisiones, el tipo de mantenimiento requerido y capacitación del personal. - Establecer el beneficio económico de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo. 	<p>El nivel de investigación descriptiva, con un diseño de investigación descriptivo con propuesta, no experimental.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>M: O - - - -> P</p> <p>M: Muestra, maquinaria pesada</p> <p>O: Observación, paradas de maquinaria pesada</p> <p>P: Propuesta, plan de mantenimiento preventivo</p> </div> <p><i>Nota.</i> Diseño de investigación descriptivo con propuesta.</p>	
	<p>7. POBLACION Y MUESTRA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Población. Maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango. - Muestra. Maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, año 2022. - Muestreo. No probabilístico bajo el criterio del investigador. 	

Anexo 03. Panel fotográfico



Nota. Se observa la maquinaria cargador frontal Caterpillar 962M



Nota. Se observa la maquinaria Motoniveladora Caterpillar 140K.



Nota. Se observa la maquinaria rodillo liso Caterpillar CS533E.



Nota. Se observa la maquinaria volquete volvo WG42T.



Nota. Se observa la maquinaria volquete volvo FMX4T.



Nota. Se observa la maquinaria camión compactador HINO GH.



Nota. Se observa la verificación de la maquinaria y la recolección de datos.