



Universidad
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS

**Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad
de las palas de minería P&H 4100A**

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

Autor

Bach. Quispe Vascope Nolan Manuel

Orcid: <https://www.orcid.org/0000-0001-8368-7060>

Asesor

Mg. Supo Rojas Dante Godofredo

Orcid: <https://www.orcid.org/0000-0002-9284-3042>

Línea de Investigación

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

2023

**Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las palas de
minería P&H 4100A**

Aprobación de la tesis

Mg. Supo Rojas Dante Godofredo
Asesor

Mg. Larrea Colchado Luis Colchado
Presidente del Jurado de tesis

Mg. Armas Zavaleta José Manuel
Secretario(a) de Jurado

Mg. Puyen Farias Nelson Alejandro
Vocal



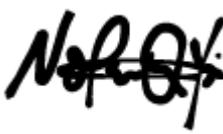
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy Nolan Manuel Quispe Vascope. del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS PALAS P&H 4100A EN MINERÍA.

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Quispe Vascope Nolan Manuel	DNI: 40534636	
-----------------------------	------------------	---

Pimentel, 24 de agosto de 2023.

Dedicatoria

Dedico mi esfuerzo al redentor DIOS por darme la vida la sabiduría y fortaleza para culminar la investigación; a mi esposa Jackeline Magaly Gutiérrez Valera, que hizo posible mi formación y desarrollo como profesional, acompañándome a lo largo de este camino que recién comienzo, que ha sido tan difícil y tan gratificante a la vez.

A mis padres Manuel Quispe Bravo y Hermenegilda Vascope Maldonado.

Agradecimiento

Empiezo agradeciendo a DIOS por haberme dado esta oportunidad de estudiar esta carrera de ingeniería industrial y a mi esposa por haberme entendido y haberme dado el soporte cuando lo necesite.

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS PALAS P&H 4100A EN MINERÍA.

MAINTENANCE PLAN TO IMPROVE THE AVAILABILITY OF P&H 4100A SHOVELS IN MINING

Quispe Vascope Nolan Manuel¹

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo: Elaborar un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las palas P&H 4100^a, El tipo de investigación utilizada es descriptiva – aplicada, el diseño fue no experimental de corte transversal; para ello se emplearon la técnica de observación y la encuesta teniendo como instrumento la guía de observación y el cuestionario respectivamente. Por lo tanto, se obtuvo como resultado que la empresa Southern Copper Corporation en el mantenimiento de las palas P&H 4100A de minería, destacan problemas e incumplimiento del mantenimiento que origina paradas no programadas por la falta de inventarios, tampoco se lleva un control de las fallas más frecuentes, tampoco se cumple el mantenimiento de lubricación. Finalmente se concluyó que La disponibilidad de las palas P&H 4100A de minería, se calculó en el mes de enero fue de 88,77% y en el mes de febrero fue de 87,36%, se identificó que la mayor cantidad de fallas fue en el sistema de empuje (30%).

Palabras claves: Mantenimiento, confiabilidad, paradas programadas, palas.

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Industrial. Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: QVASCOPENOLANMA@crece.uss.edu.pe, código orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8368-7060>

Abstract

This research aims to: Develop a maintenance plan to improve the availability of P&H 4100th blades. The type of research used is descriptive - applied, the design was non-experimental cross-sectional; For this, the observation technique and the survey were used, having as an instrument the observation guide and the questionnaire, respectively. Therefore, it was obtained as a result that the company Southern Copper Corporation in the maintenance of the P&H 4100A mining shovels, highlights problems and non-compliance with maintenance that causes unscheduled stops due to lack of inventories, nor is control of failures. more frequent, lubrication maintenance is not fulfilled either. Finally, it was concluded that the availability of the P&H 4100A mining shovels, was calculated in the month of January was 88.77% and in the month of February it was 87.36%, it was identified that the greatest number of faults was in the push system (30%).

Keywords: Maintenance, reliability, scheduled stops, shovels.

Índice

Aprobación de la tesis	ii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Índice	viii
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática.....	11
1.2. Antecedentes de estudio	13
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	14
1.4. Plan de mantenimiento	14
1.5. Disponibilidad	16
1.6. Formulación del problema	18
1.7. Justificación e importancia del estudio.....	18
1.8. Hipótesis.....	19
1.9. Objetivos	19
II. MATERIAL Y MÉTODOS	20
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
2.2. Población, muestra y muestreo	20
2.3. Variables y operacionalización	22
2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	24
2.5. Procedimiento de análisis de datos.	24
2.6. Criterios Éticos	24
2.7. Criterios de Rigor Científico	24
III. RESULTADOS	25
3.1. Diagnóstico de la empresa.....	25
3.2. Propuesta	36
3.3. Discusión de resultados	49
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
4.1. Conclusiones	51
4.2. Recomendaciones	52
REFERENCIAS	53
ANEXOS	56

Índice de tablas

Tabla 1. Pareto del área de mantenimiento	30
Tabla 2. Frecuencia de fallas de la pala P&H 4100 Enero - febrero del 2020, según sistema	31
Tabla 3. Historial de Fallas de la pala P&H 4100A enero – febrero 2020.....	31
Tabla 4. Tiempo entre fallas de la pala P&H 4100A entre el periodo enero – febrero, 2020	33
Tabla 5. Cuadro resumen de los resultados de disponibilidad de la pala P&H 4100 A s enero – febrero, 2019	35
Tabla 6. Formato para el control de fallas.....	38
Tabla 7. Mantenimiento de lubricación	39
Tabla 8. Equipos para el mantenimiento.....	45
Tabla 9. Presupuesto	46
Tabla 10. Cuadro resumen de los resultados de disponibilidad de la pala P&H 4100 A s enero – febrero, 2019	47
Tabla 11. Variación de los resultados de disponibilidad de la pala P&H 4100 A s enero – febrero, 2019	47
Tabla 12. Ingresos históricos 2015 – 2019	48
Tabla 13. Beneficio costo de la propuesta	49
Tabla 14. Beneficio costo de la propuesta	49

Índice de figuras

Figura 1. Elementos de la confiabilidad operacional.	17
Figura 2. Estructura organizacional de la empresa minera Southern Copper Corporation.....	27
Figura 3. Proceso para el mantenimiento correctivo.	27
Figura 4. Diagrama causa efecto de la disponibilidad de las palas.	29
Figura 5. Diagrama Pareto del área de mantenimiento.....	30
Figura 6. Se establece el modelo de la propuesta para el plan de mantenimiento	36
Figura 7. Manuales para el mantenimiento	41
Figura 8. Simbología para el panel de mantenimiento	42

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Internacional

En Colombia, en un artículo desarrollado por Guerra y Montes (2019), que se preguntan sobre el mantenimiento y el impacto que se puede tener la productividad en una minera, al manifestar que la principal causa de baja disponibilidad de maquinaria por fallas, paradas o desperfectos origina reducciones de productividad entre el 44% y el 51%. La misma que se debe al no cumplimiento de un plan de mantenimiento.

Por su parte, Tapia (2018) resalta que la parada de una pala en la operación minera representa grandes costos operativos, debido a su impacto negativo en la productividad, así como baja actividad de los equipos; por otro lado, aumenta la pérdida de tiempo.

Las palas en la minería son un equipo fundamental en la minería porque son capaces de llenar un camión, por eso su disponibilidad es crucial para que no se detenga la extracción de los minerales, es así que son consideradas elementos críticos para la continuidad de la producción (Saavedra y Román , 2017).

Nacional

En la minera las bambas, reconocen el papel fundamental y clave de las palas eléctricas, como una manera de lograr una mayor productividad, las mismas que son capaces según proyección de superar los 4000 toneladas de acarreo de mineral por hora (Tiempo minero.com, 2019).

Kutifani (2019) destaca que la minera global Anglo American es consciente que se puede incrementar la productividad de las mineras por medio de las palas que son capaces de mover más de 140 000 toneladas al día, pero que su disponibilidad depende también del mantenimiento no sólo preventivo, sino del predictivo proactivo y se eviten las paradas no programadas que restan productividad a la actividad minera.

Local

Las Palas eléctricas CAT 7495 existentes en una mina de cobre de tajo abierto en el sur del Perú, son equipos de gran capacidad de producción que cargan 123 TM de mineral por cucharón y están diseñadas para operar con camiones mineros con capacidades de 363 TM mediante el sistema de 3 pasadas. Una falla funcional por lubricación en este equipo ocasiona una parada de toda la Pala y representa importantes pérdidas de producción, lo que se convierte en un gran problema a resolver, por lo que es necesario implementar un plan de lubricación por grasa eficiente. El plan de engrase es un plan de mantenimiento diseñado para la prevención de fallas por falta de grasa y su beneficio es contar con un equipo funcionando, confiable y disponible lo cual significa reducir costos por paradas imprevistas, generar un ambiente de trabajo más seguro debido a que se cuenta con un programa de trabajo establecido y consecuencias positivas para el medio ambiente debido a un potencial ahorro de lubricantes.

El problema institucional se centra en el mantenimiento preventivo lubricante de una maquinaria de minería denominada PALA ELECTRICA P&H4100 cuya función permite la facilidad de movimiento de grandes cantidades de materiales por tonelada a menor costo. El enfoque se centra en la eficiencia de la maquinaria para traducirse en actualizaciones en el diseño de los componentes modulares ya que un factor crítico es el sistema de lubricación constante en donde la bobina de la bomba de amperaje es no adecuado, las mangueras de grasa se rompen con facilidad, existe daño de la válvula de venteo en la bomba obstruida, existe baja presión de aire para la bomba de grasa y sobre todo inconsistencia en los sistema de lubricación automática pues no cumplen su función en el tiempo estimado.

1.2. Antecedentes

Internacional

Cordero y Estupiñan (2018) en su tesis tuvo de objetivo generar una propuesta para optimizar el mantenimiento de una planta minera, para ello utilizó de metodología el análisis FMECA-RCM y para la confiabilidad y la identificación del comportamiento de fallas fue distribución de Weibull; además, emplean las fallas de los equipos críticos que se asignaron para mantenimiento por que paralizaban el proceso de tostación, como resultado se obtuvo la identificación que el Complejo de Tostación solo ha llegado a operar a un 85%, representando el más bajo indicador de toda la división. Concluyó en la necesidad de utilizar la metodología FMECA – RCM con la finalidad de optimizar la operación del Tostados, con ello evitando que existan detenciones imprevistas, que dañen el progreso del lecho del horno de tostación.

A nivel local

Chávez y Espinoza (2016) en su tesis tuvo de objetivo generar una propuesta para plantear un plan de mantenimiento preventivo que se implemente en favor del aumento de equipos para su disponibilidad en la empresa Minera la Zanja S.R.L., en la metodología se utilizó la observación mediante una visita técnica, entrevistas a operarios y reuniones con los encargados del área de mantenimiento de los equipos de la planta de alimentos, los resultados determinaron que existirán aumentos de disponibilidad de quipos críticos que van de 77.38% a 90.92% para calentados industrial, 81.60% a 88.04% para cámara de congelación, 73.69% a 90.48% para cámara de fermentación, 75.17% a 90.28% para horno combistar y 79.03% a 91.81% para lavavajilla de arrastre. Concluyendo es necesario aumentar los equipos en especial lo que son de estado crítico porque además de ser un proyecto rentable también va a reducir costes y mejorar la productividad.

Lázaro (2018) en su tesis tuvo de objetivo generar una propuesta para plantear un plan de mantenimiento preventivo que se implemente en favor de optimizar rendimientos de equipos mineros para su disponibilidad en la

empresa calera colquirrumi N° 49-b. La metodología es descriptiva – aplicativa con un diseño transversal, en el que utiliza la revisión bibliográfica, fichas técnicas, de inspección y caracterización de equipos. El estudio concluye que es necesario implementar el plan para poder contrarrestar las deficiencias de rendimiento, teniendo en cuenta que el equipo excavador sea de 134.35 m³/hora y que su mantenimiento preventivo llegue a costar los 57 000 soles anuales.

Torres (2017) en su tesis tuvo de objetivo generar una propuesta para mejorar mediante un plan de mantenimiento la disponibilidad de la Chancadora 60X113, mediante el RCM en la planta minera Chinalco. La metodología aplicada es Análisis – Síntesis, el desarrollo fue no experimental y se basó en la Investigación Tecnológico; además, se empleó como técnica la observación de campo y el análisis documental, utilizando la técnica documental y empírica, obteniendo de resultado una mejora en un 92.08% en la disponibilidad mecánica, es decir, un impacto significativo para la Chancadora 60x113. Concluyendo en la necesidad de implementar un mantenimiento centrado en la RCM porque se identificó una mejora en la disponibilidad del 3.17% en la chancadora 60x113.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.4. Plan de mantenimiento

En al industria, la alta tasa de averías de las máquinas es una de las perturbaciones en la planta. Este problema afecta la ganancia de la empresa donde la ganancia no puede maximizarse debido al aumento de la pérdida de producción y el costo de mantenimiento. En las mayoría de las ocasiones, la falla de la máquina se debe a fallas en un solo componente o falla entre componentes; la falla del componente se puede dividir en tipos repentinos y de deterioro, la falla repentina se refiere a la falla inmediata que ocurre sin dar ninguna advertencia o señal, mientras que la falla en deterioro es un proceso de empeoramiento gradual debido a una falla completa (Ahmad et al., 2011).

De hecho la falla de un componente es inevitable y se puede reducir aplicando mantenimiento apropiado y adecuado. El manetenimiento se

define como la combinación de actividades para restaurar el componente o la máquina a un estado en el que pueda realizar sus funciones designadas (Ahmad et al., 2011).

Nápoles, Silva y Marrero (2016) definen el mantenimiento como una estrategia que conlleva una serie de actividades con el objetivo de alcanzar un servicio óptimo, en un sistema o equipo para mejorar sustancialmente los procesos.

Mesa, Ortiz y Pinzón (2006) define el mantenimiento como el reacondicionamiento de los equipos para que puedan cumplir sus funciones como en su estado inicial o mejoren su optimalidad en el desempeño de sus actividades.

Generalmente, el mantenimiento se puede aplicar en base a dos estrategias; el mantenimiento correctivo y preventivo. El mantenimiento correctivo, también conocido como estrategia reactiva o de ejecución hasta el fallo, es una estrategia tradicional que restaura (repara o reemplaza) la máquina o el componente a su función requerida después de que ha fallado, esta estrategia refleja un alto tiempo de inactividad de la máquina (pérdida de producción) y costos de mantenimiento (reparación o reemplazo) debido a las fallas repentinas (Ahmad et al., 2011).

Por lo tanto, una estrategia de mantenimiento correctivo es el mantenimiento preventivo, que implica las actividades de mantenimiento, como la reparación preventiva y el reemplazo preventivo, que se realizan antes de la falla del equipo, cuyo objetivo es reducir la tasa de fallas o la frecuencia de fallas de la máquina, contribuyendo a reducir costos, minimizar el tiempo de inactividad de las máquinas, aumentar la productividad y mejorar la calidad (Ahmad et al., 2011).

Liu (2015), entre los objetivos del mantenimiento destacan:

La reducción en las tasas de deterioro, aumentos en la disponibilidad de equipos, reducción de los altos costos operativos y aumentos en la efectividad y producción y, también, la planificación, programación, ejecución, supervisión y control de las actividades de mantenimiento.

Por lo tanto un Sistema según Ogalla (2005) es una compleja red que en perfecto funcionamiento permite a la organización realizar toda tarea, ejecutándose correctamente en función a los procesos, comportamientos y herramientas que se necesitan para lograr los objetivos

Olartec, Botero y Cañon (2010) establece que los objetivos del mantenimiento industrial son: planear, programar y controlar todas las actividades encaminadas a lograr la funcionalidad de los diferentes equipos, tener registrado y en lista todos los equipos; contar con fichas técnicas los equipos, codificar los equipos, asignar las tareas al personal de mantenimiento sobre fecha y tipo de mantenimiento, tener stock y solicitar los repuestos e insumos de mantenimiento y, generar informes de paradas y fallas.

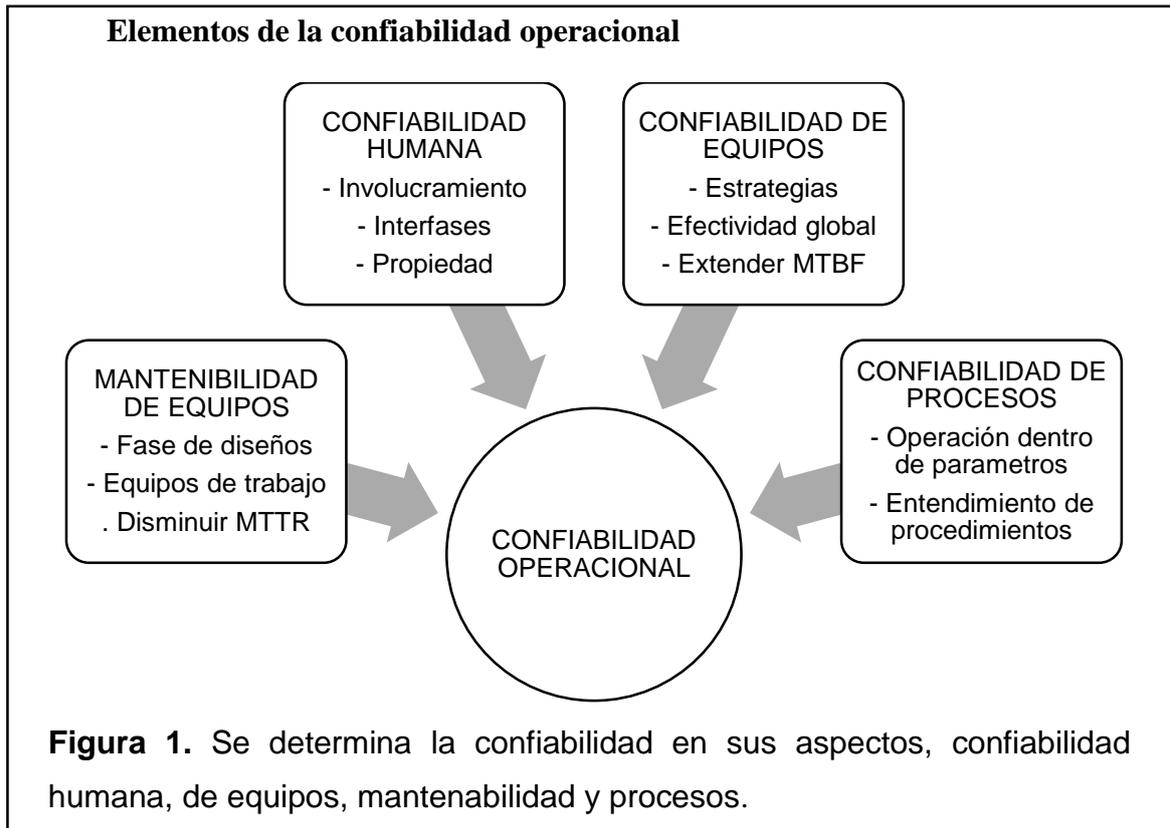
1.5. Disponibilidad

La Confiabilidad se denomina a la unión de metodologías de inspección y análisis de mantenimiento con el cual se generan los mejores planes de inspección y mantenimiento (Díaz, Viego y Cabrera, 2016).

La confiabilidad general del equipo (OEE) mide la relación entre la cantidad de un producto o pieza que se está fabricando sin defectos frente a la cantidad que podría fabricarse de acuerdo con el diseño del equipo (Hamed , 2013) .

Está asociada a la efectividad general del equipo (OEE), el mantenimiento centrado en la confiabilidad y la confiabilidad operativa

Amendola (2002) indica que la Confiabilidad Operacional es el procedimiento que mediante un diseño estructurado y el uso de la instalación adecuada (procesos, tecnología y capital humano) permiten cumplir funciones y propósitos.



Por lo tanto, la medida de funcionamiento del equipo es establecida por el factor de disponibilidad, que refleja la duración total de funcionamiento del equipo durante el tiempo que se establece para hacer las tareas asignadas. Típicamente se expresa en porcentaje, no debe ser confundido con la rapidez de respuesta (Alavedra et al, 2016).

Indicadores de disponibilidad

La disponibilidad, equivale al porcentaje de tiempo de un equipo apto para su uso y operatividad; además, en ese tiempo se tiene que considerar las paradas planificadas y no planificadas, a través de la sumatorio del tiempo llevado por el control de imprevistos y fallas de los equipos (Frata, 2016). Por lo tanto, se mide por el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio para reparación (MTTR) (Frata, 2016).

Tiempo medio para fallas (MTTF)

El tiempo medio a falla se define que es la media o valor esperado, de la distribución de probabilidad definida por $f(t)$. La media de la distribución de

fallas es sólo una de las medidas de tendencia central de la distribución. El MTTF es el estimado puntual más clásico en el área de confiabilidad, ya que es el parámetro de interés en la selección de equipos y diseño de sistemas (Zambrano, Prieto y Castillo, 2015).

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Es la vida media del elemento y es la esperanza matemática del tiempo de funcionamiento hasta el fallo de un elemento (Zambrano et al, 2015).

Calculo de la confiabilidad

La disponibilidad es una medida importante y útil en casos en que el usuario deba tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas, es una medida que suministra una imagen más completa sobre el perfil de funcionalidad. La disponibilidad está basada únicamente en la distribución de fallas y la distribución de tiempo de reparación (Zambrano et al, 2015).

Ésta puede ser además usada como un parámetro para el diseño:

$$D = \frac{MTTF + MTBF}{MTTF}$$

1.6. Formulación del problema

¿Cómo un plan de mantenimiento mejora la disponibilidad de las palas P&H 4100A de minería?

1.7. Justificación e importancia del estudio

Se elaborado el siguiente trabajo porque se identifica deficiencias en el mantenimiento por ejemplo en el engrase específico para las palas P&H 4100 y el presente plan de engrase mejorara la disponibilidad de estos equipos en lo que respecta a engrase y evitar paradas imprevistas de lubricación que causan grandes pérdidas económicas.

El estudio se justifica desde su aporte teórico porque se centra en elaborar un plan de lubricación, con la finalidad de asegurar la disponibilidad de las palas eléctricas con el cual asegura el flujo operativo.

1.8. Hipótesis

Si se implementa un plan de mantenimiento entonces mejoraría la disponibilidad de la palas P&H 4100A de Minería.

1.9. Objetivos

Objetivo general

Elaborar un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de la palas P&H 4100A.

Objetivos específicos

- a) Diagnosticar la empresa Southern Copper Corporation en el mantenimiento de las palas P&H 4100A.
- b) Calcular la disponibilidad de las palas P&H 4100A
- c) Elaborar el plan de mantenimiento para las palas de la minería P&H 4100
- d) Determinar la viabilidad económica del plan de mantenimiento para las palas P&H 4100^a

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo y diseño de investigación

a) Tipo de investigación: Descriptiva.

Espinoza (2010, p.74) nos dice que una investigación es descriptiva cuando tiene como propósito describir los objetos tal como están funcionando u ocurriendo.

En el caso particular de este trabajo de tesis, se describe las actividades de lubricación de las palas en mina Toquepala y elaborando un plan de lubricación que mejore dicho proceso.

Y es aplicada, pues se emplea de forma práctica el conocimiento y la metodología del plan de engrase para mejorar y resolver problemas concretos sobre el mantenimiento preventivo de una Pala de minería.

b) Diseño de la investigación:

El diseño es no experimental transversal porque busca obtener información actualizada del objeto de investigación las fallas, tiempos de fallas y tiempo promedio que demoran en el mantenimiento en las 5 palas Bucyrus en mina Toquepala.

M: O --- P

Donde:

M: Palas Bucyrus

O: Disponibilidad

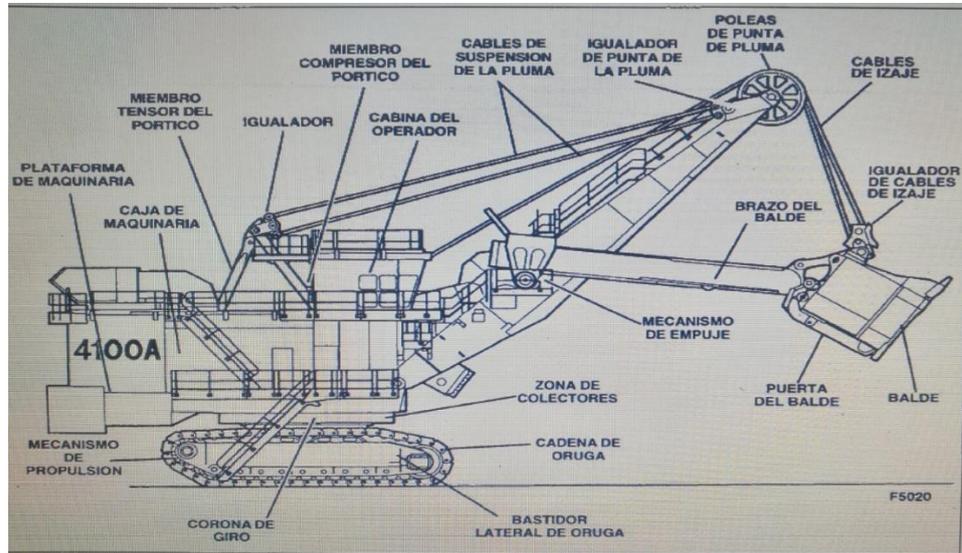
P: Plan de mantenimiento

2.2. Población, muestra y muestreo

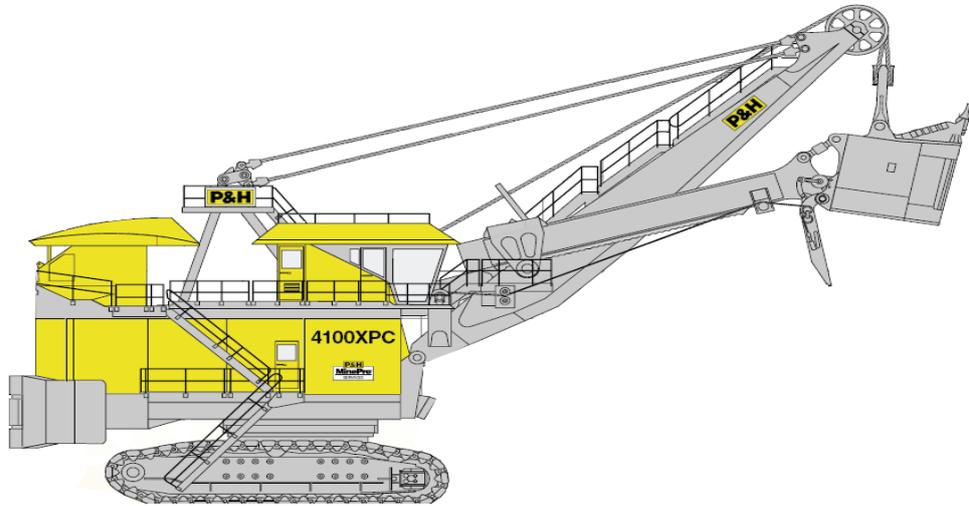
Las palas electromecánicas son equipos que emplean las minas de grande envergadura; en Toquepala contamos con dos marcas de palas electromecánicas P&H y BUCYRUS. Sirven para cargar a los volquetes mineros, son empleadas en el mismo tajo de la mina cargando el mineral en

pedra al volquete. a continuación, mencionare las palas electromecánicas de Toquepala:

P&H 4100 A = 3 palas



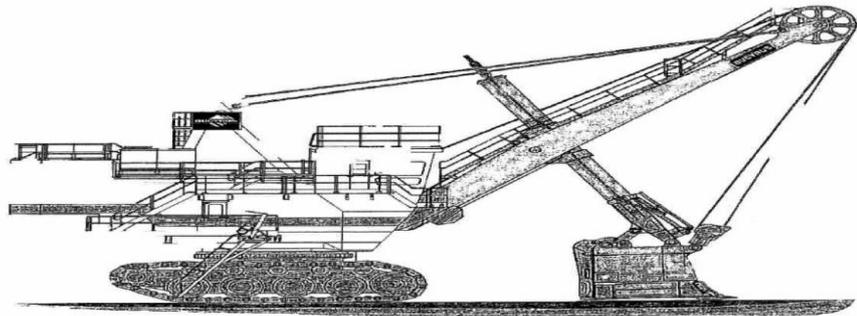
P&H 4100 XPC = 1 pala



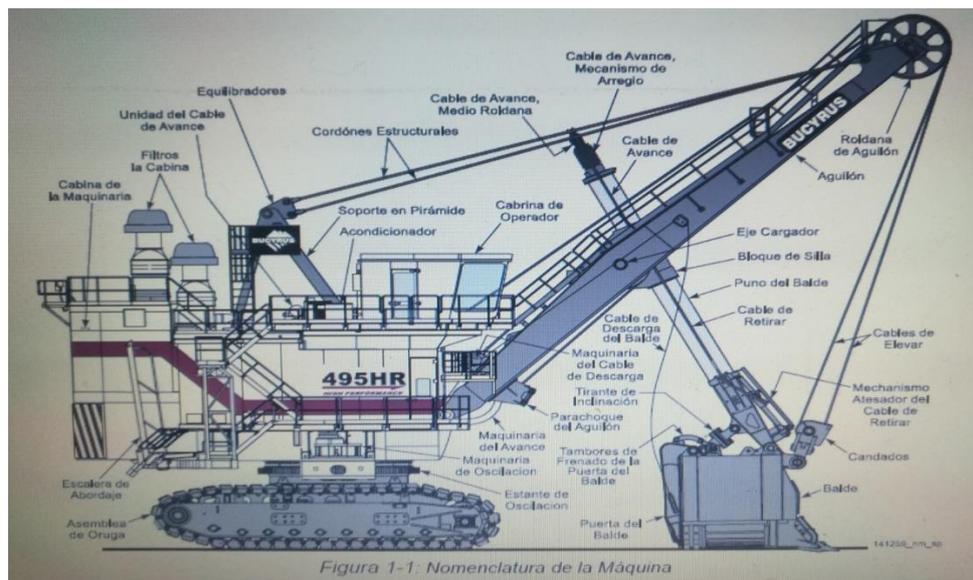
BUCYRUS 495 BI = 1 pala



495B1



BUCYRUS 495 HR = 4 palas



2.3. Variables y operacionalización

Variable independiente: Plan de mantenimiento

Variable dependiente: Disponibilidad

Operacionalización

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Variable independiente Plan de mantenimiento	Planificación	Conocimiento de las fallas	Análisis documental	Ficha de observación
	Mantenimiento preventivo	Frecuencia de mantenimiento	Encuesta	Cuestionario
	Mantenimiento correctivo costo	Reducción de costos	Análisis documental	Ficha de observación
		Cuenta con catálogo de fallas Beneficio – Costo Recursos a utilizar Costo de materiales, repuestos e insumos	Encuesta Análisis documental	Cuestionario Ficha de observación
Variable Dependiente Disponibilidad	Humana	Horas de fallas de las palas/número de personal	Análisis documental Encuesta	Ficha de observación Cuestionario
	productividad	Horas programadas de las palas /Total de horas trabajadas	Observación	Guía de observación
	Equipos	MTBF Tiempo promedio entre falla de las palas	Análisis documental	Ficha de observación
	Mantenibilidad	MTTR Tiempo de reparación de las palas Costo total	Análisis documental	Ficha de observación

2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Se utilizó las siguientes técnicas e instrumentos:

Observación. Es el registro visual de lo que ocurre en la situación real, clasificado y consignando los datos de acuerdo con algún esquema previsto y de acuerdo al problema que se estudia. El instrumento utilizado fue la Guía de Observación.

Encuesta. Consiste en obtener la información de los sujetos de estudio proporcionados por ellos mismos, sobre opiniones, conocimientos, actitudes o sugerencias. El tipo de encuesta tuvo por objetivo indagar sobre la gestión de mantenimiento al personal de mantenimiento, mediante el instrumento del cuestionario

2.5. Procedimiento de análisis de datos.

La data es proporcionada por el área de planeamiento la cual administra esta información y es recolectada de cada rutina y mantenimiento de las palas

2.6. Criterios Éticos

Los criterios éticos a tener en cuenta en el presente trabajo corresponden al cumplimiento del código de ética de SKF del Perú el cual garantiza que todo trabajador debe regirse bajo procedimientos establecidos de buena conducta y buen accionar.

El presente trabajo de tesis contempla únicamente la explicación de procedimientos técnicos de ingeniería durante su desarrollo, no existiendo conflicto ético con las personas.

2.7. Criterios de Rigor Científico

Los criterios de rigor científico, son la validez, porque todos los instrumentos serán validados por expertos en el tema.

Confiabilidad, en caso el instrumento lo requiera (encuesta y análisis documental, se aplicó el alfa de cronbach).

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la empresa

3.1.1. Información general

El estudio se realiza en la empresa Southern Perú Copper Corporation – Unidad Minera Toquepala, se dedica a las operaciones de cobre en Perú comprenden la extracción, molienda y flotación de mineral de cobre para producir concentrados de cobre y de molibdeno; la fundición de concentrados de cobre para producir ánodos de cobre; y la refinación de ánodos de cobre para producir cátodos de cobre. Como parte de este proceso de producción producen altas cantidades de concentrados de molibdeno y plata refinada. También producen cobre refinado usando tecnología de extracción por solventes y electrodeposición (ESDE). Operan las minas de Toquepala y Cuajone en las alturas de la cordillera de los Andes, a unos 860 kilómetros al sureste de la ciudad de Lima, Perú. También operamos una fundición y una refinería al oeste de las minas de Toquepala y Cuajone en la ciudad costeña de Ilo, Perú.

Misión

Satisfacer oportunamente y al mejor costo beneficio, las necesidades de suministro de materiales y equipos, de tal manera que se garantice la continuidad de las operaciones en nuestras unidades productivas.

Compromiso

Cumplir eficientemente la misión sin menoscabo de los valores que siempre han caracterizado a la empresa

Valores

<p>Creatividad</p> <p>Buscar, en forma permanente, nuevas formas de hacer las cosas, de modo que ello sea beneficioso para el trabajador, la empresa, y la sociedad.</p>	<p>Honestidad</p> <p>Obrar con transparencia y clara orientación moral cumpliendo con las responsabilidades asignadas en el uso de la información, de los recursos materiales y financieros. Mostrar una conducta ejemplar dentro y fuera de la empresa</p>	<p>Equidad</p> <p>Otorgar a cada cual, dentro de la empresa, lo que le corresponde según criterios ciertos y razonables.</p>	<p>Respeto</p> <p>Desarrollar una conducta que considere en su justo valor los derechos fundamentales de nuestros semejantes y de nosotros mismos. Así, mismo aceptar y cumplir las leyes, las normas sociales.</p>
<p>Solidaridad</p> <p>Generar compañerismo y un clima de amistad,</p>	<p>Laboriosidad</p> <p>Emplear el trabajo como una poderosa fuerza transformadora.</p>	<p>Puntualidad</p> <p>Cumplir con los compromisos y obligaciones en el tiempo acordado.</p>	<p>Responsabilidad</p> <p>Asumir las consecuencias de lo que se hace o se deja de hacer en la empresa y su entorno.</p>

Estructura organizacional

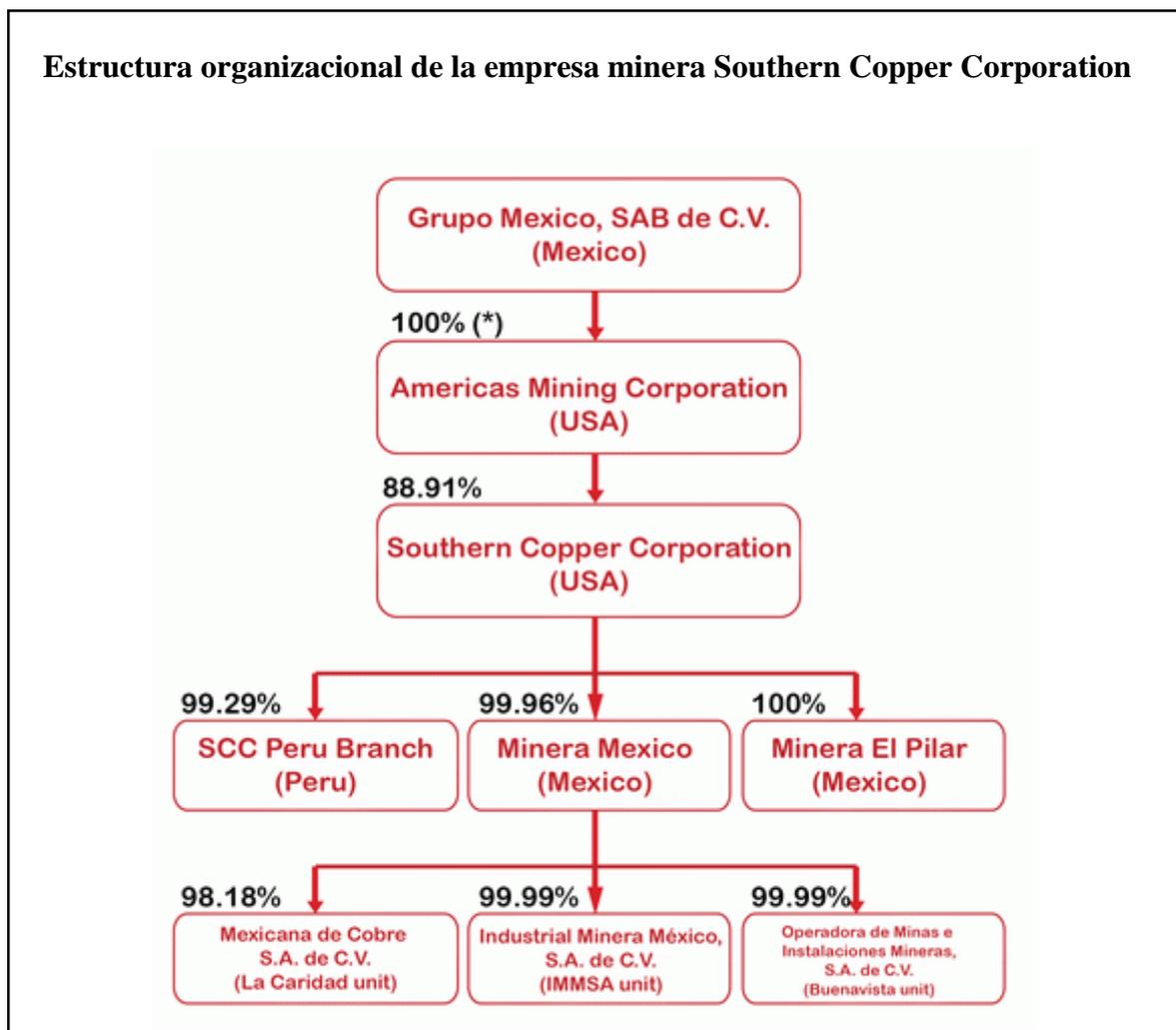
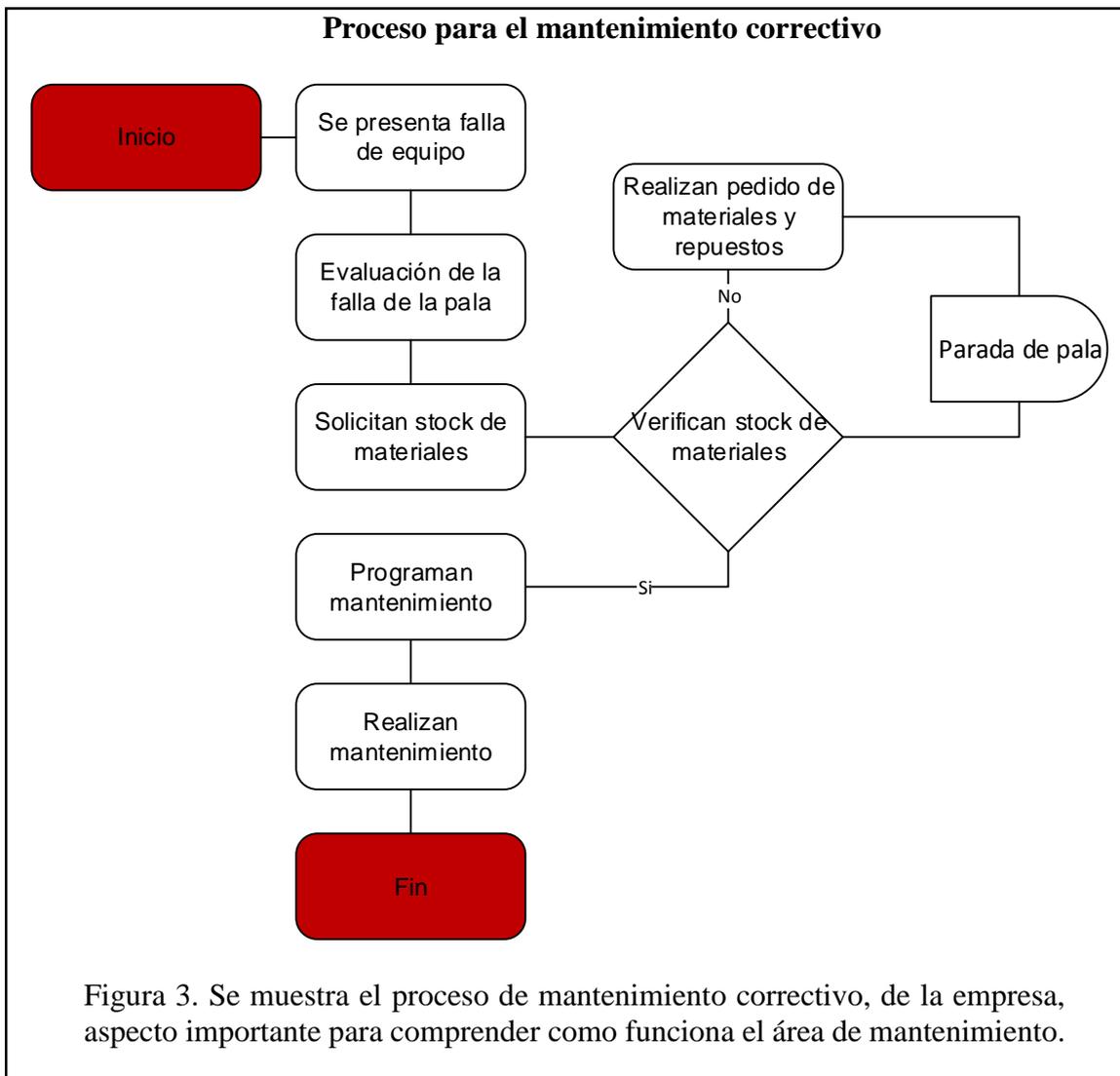


Figura 2. Las operaciones en Perú se realizan a través de una sucursal registrada (“SPCC Sucursal del Perú”, la “Sucursal” o la “Sucursal Peruana”). Esencialmente, SPCC Sucursal del Perú comprende todos nuestros activos y pasivos relacionados con nuestras operaciones de cobre en Perú. SPCC Sucursal del Perú no es una compañía separada de nosotros y, por tanto, las obligaciones directas de SPCC Sucursal del Perú son obligaciones de SCC y viceversa. Sin embargo, es una persona jurídica inscrita de acuerdo con las leyes del Perú.

.1.2. Descripción del proceso productivo o servicio



3.1.3. Análisis de la problemática

3.1.3.1. Resultados de la aplicación del instrumento

Se aplicó una entrevista a dos responsables del mantenimiento

Principales problemas del mantenimiento de palas

Los tres entrevistados coinciden que los principales problemas en el mantenimiento de las palas son:

- Falta de repuestos suministros de almacén
- Los proveedores demoran en enviar los repuestos
- Falta de documentos o registros para el mantenimiento
- Los equipos no cuentan con una hoja técnica
- No se han identificado las fallas más frecuentes
- No se cumple con el mantenimiento de lubricación por falta de material

Consecuencia de las paradas de las palas por una falla

La parada de palas tiene una consecuencia grave en la empresa, porque de aquí depende todo el proceso de extracción de cobre de la minera, es decir no se llega a cumplir con la producción diaria, porque las palas son capaces de suministrar toneladas diarias para la extracción del cobre, por lo tanto; afecta en la productividad, genera cuellos de botella y en la rentabilidad de la empresa.

Tipo de mantenimiento de las palas

La empresa cuenta con un mantenimiento correctivo y preventivo, pero aún tiene deficiencias, porque no se planifica en conjunto con el área de almacén, porque con frecuencia se tiene que postergar el mantenimiento por falta de stock.

Registro de fallas

Si se cuenta con un registro de fallas, porque el personal; cada vez que se presenta una falla o da mantenimiento tiene que registrar si es un mantenimiento preventivo o correctivo y cuantas horas estuvo parada la máquina o cuantas horas se demoró en recuperar, también la persona encargada del mantenimiento, pero aún hace falta darle un adecuado uso de las fallas. Quizás para aplicar otro tipo de mantenimiento, por ejemplo un predictivo o basado en un modelo matemático.

3.1.3.2. Herramientas de diagnóstico

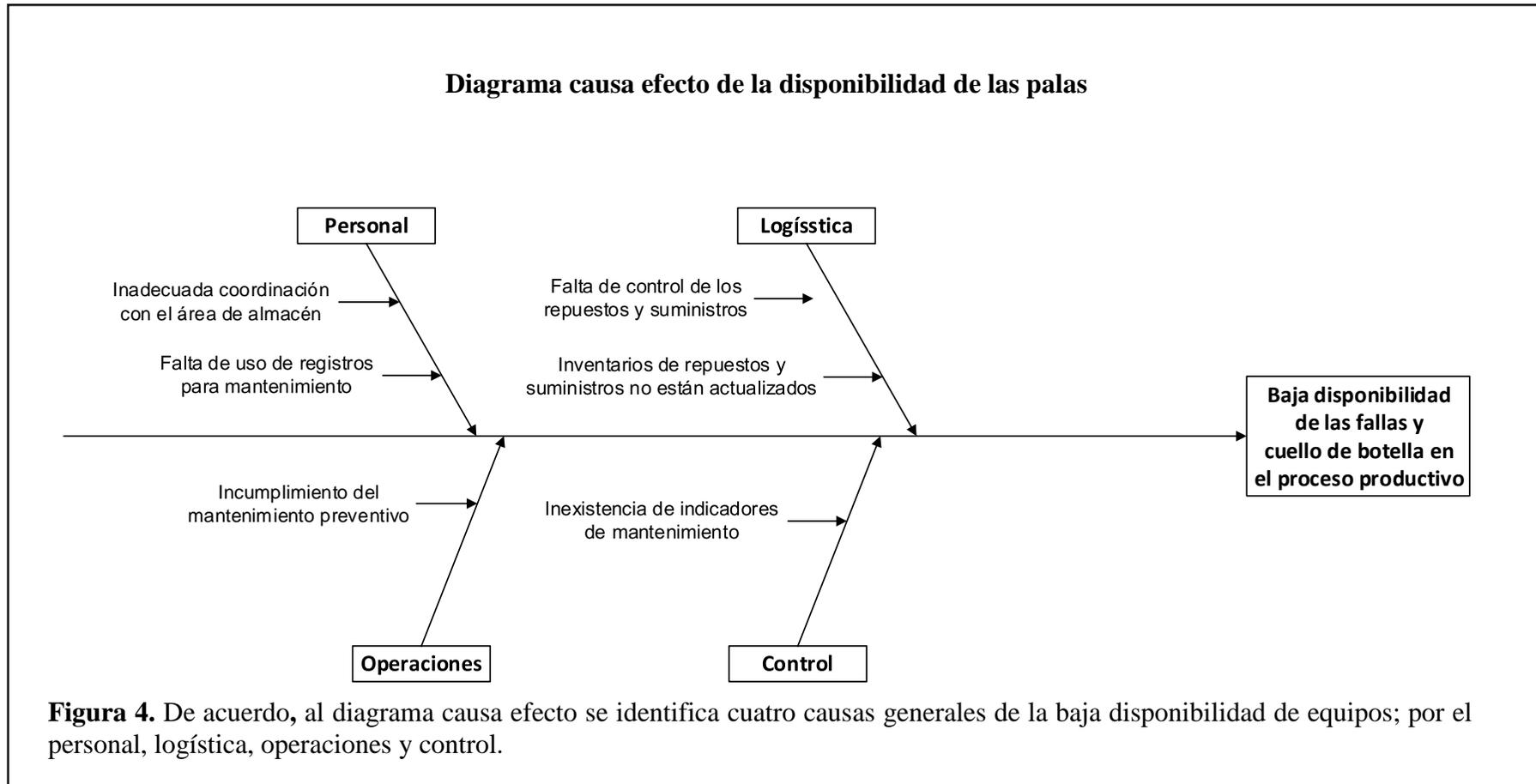
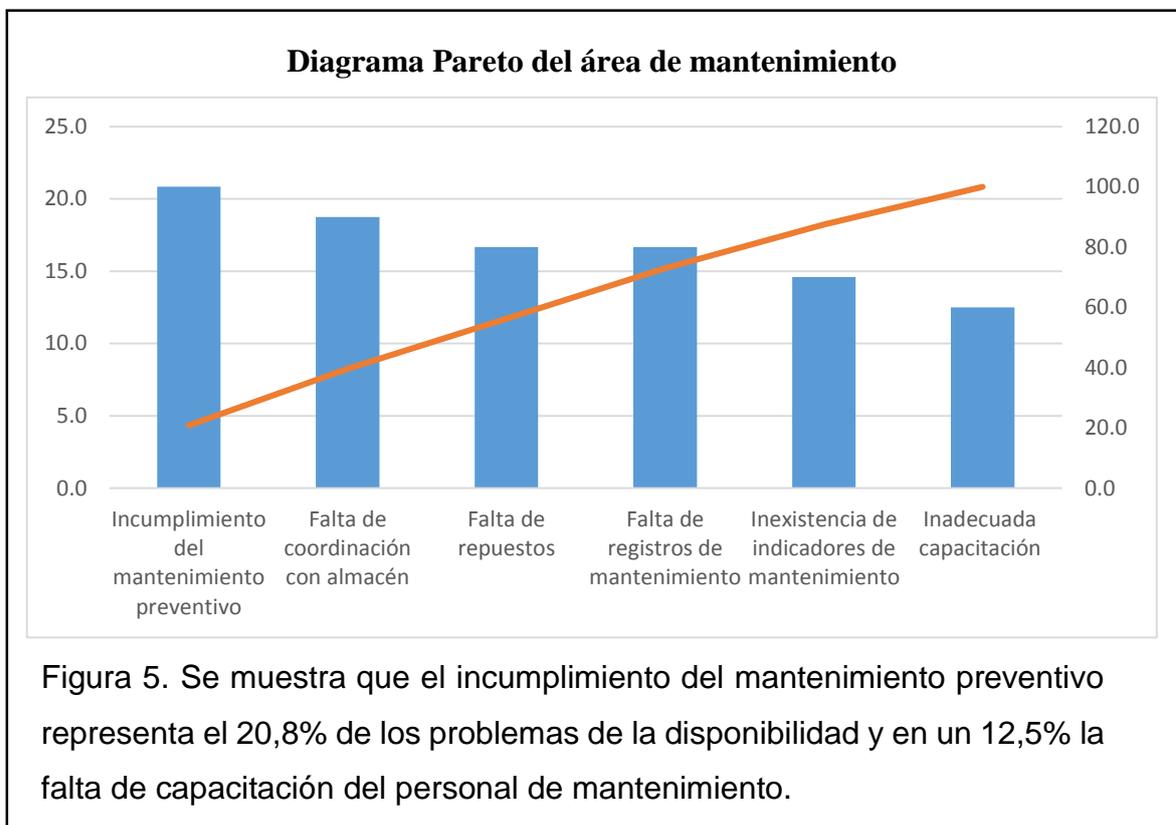


Diagrama Pareto

Tabla 1. Pareto del área de mantenimiento

	Peso	%	% acumulado
Incumplimiento del mantenimiento preventivo	10	20.8	20.8
Falta de coordinación con almacén	9	18.8	39.6
Falta de repuestos	8	16.7	56.3
Falta de registros de mantenimiento	8	16.7	72.9
Inexistencia de indicadores de mantenimiento	7	14.6	87.5
Inadecuada capacitación	6	12.5	100.0
	48		

Fuente: Elaboración propia



3.1.4. Situación actual de la variable dependiente

a) Calcular la disponibilidad de las palas de la minería P&H 4100A

Para evaluar la confiabilidad se escogió las 3 palas modelo P&H 4100 A

Tabla 2. Frecuencia de fallas de la pala P&H 4100 Enero - febrero del 2020, según sistema

SISTEMA	Fallas		Total	%
	Enero	Febrero		
SISTEMA DE AIRE	6	2	8	26.7
SISTEMA DE EMPUJE	6	3	9	30.0
SISTEMA DE GIRO		4	3	13.3
SISTEMA DE LEVANTE	4	2	6	20.0
SISTEMA DE LUBRICACIÓN AUTOMÁTICO	2	1	3	10.0
Total general	18	12	30	100.0

De las fallas, evaluadas en la pala P&H 4100 durante enero – febrero, se identificó un total de 30 fallas, siendo el 30% en el sistema de empuje, el 26,7% en el sistema de aire, 20% en el sistema de levante.

Tabla 3. Historial de Fallas de la pala P&H 4100A enero – febrero 2020

N°	Mes	Fecha	Macro - Sistema	Sistema	DURACIÓN	FRECUENCIA
1	Enero	02/01/2020	ROTURA DE CABLE DE IZAR	SISTEMA DE EMPUJE	2.1	1
2	Enero	04/01/2020	FALLA DE MOTOR	SISTEMA DE LEVANTE	3.23	1
3	Enero	05/01/2020	PLACA DE VENTILACIÓN	SISTEMA DE EMPUJE	2.25	1
4	Enero	07/01/2020	ROTURA DE CABLE DE EMPUJE	SISTEMA DE EMPUJE	4.25	1
5	Enero	08/01/2020	PANEL DE CONTROL	SISTEMA DE AIRE	2.24	1
6	Enero	11/01/2020	CADENA DE SOPORTE	SISTEMA DE EMPUJE	6.12	1
7	Enero	13/01/2020	COMPRESOR DE AIRE	SISTEMA DE AIRE	4.14	1
8	Enero	15/01/2020	BOMBA DE GRASA	SISTEMA DE LUBRICACIÓN AUTOMÁTICO	2.15	1
9	Enero	15/01/2020	CONJUNTO DE FILTROS	SISTEMA DE AIRE	4.11	1
10	Enero	18/01/2020	VALVULAS SELENOIDES	SISTEMA DE LUBRICACIÓN AUTOMÁTICO	0.45	1
11	Enero	20/01/2020	SISTEMA DE DRIVE	SISTEMA DE EMPUJE	4.23	1

12	Enero	21/01/2020	FILTRO DE ACEITE	SISTEMA DE LEVANTE	5.14	1
13	Enero	23/01/2020	CABLES DE LEVANTE	SISTEMA DE LEVANTE	6.25	1
14	Enero	25/01/2020	ESTANQUE DE AIRE	SISTEMA DE AIRE	10.24	1
15	Enero	28/01/2020	CILINDRO HIDRAULICO VALVULA	SISTEMA DE EMPUJE	8.17	1
16	Enero	29/01/2020	REGULADORA DE PRESIÓN	SISTEMA DE AIRE	2.12	1
17	Enero	30/01/2020	FILTRO DE ACEITE	SISTEMA DE LEVANTE	2.19	1
18	Enero	31/01/2020	REGULADORES DE AIRE	SISTEMA DE AIRE	9.89	1
1	Febrero	07/02/2020	FRENO DE DISCO DE EMPUJE	SISTEMA DE EMPUJE	14.16	1
2	Febrero	08/02/2020	DESCONGELADOR	SISTEMA DE AIRE	8.19	1
3	Febrero	12/02/2020	MOTOR DE GIRO	MOTOR DE GIRO	2.45	1
4	Febrero	14/02/2020	FRENO DE DISCO DE EMPUJE	SISTEMA DE EMPUJE	1.1	1
5	Febrero	14/02/2020	MOTOR DE GIRO	MOTOR DE GIRO	1.04	1
6	Febrero	15/02/2020	VALVULAS SELENOIDES	SISTEMA DE LUBRICACIÓN AUTOMÁTICO	4.48	1
7	Febrero	16/02/2020	ROTURA DE CABLE DE EMPUJE	SISTEMA DE EMPUJE	4.27	1
8	Febrero	17/02/2020	CORONA DE GIRO	SISTEMA DE GIRO	3.27	1
9	Febrero	17/02/2020	FILTRO DE ACEITE	SISTEMA DE LEVANTE	1.12	1
10	Febrero	18/02/2020	SELLOS DE TAMBOR	SISTEMA DE LEVANTE	3.15	1
11	Febrero	21/02/2020	CORREAS POWER BAND	SISTEMA DE GIRO	5.46	1
12	Febrero	25/02/2020	VALVULA DE DRENAJE	SISTEMA DE AIRE	6.75	1

Fuente: empresa Southern Perú Copper Corporation

En la tabla 2, se muestra la ocurrencia de fallas en la pala P&H 4100A, en los meses de enero y febrero, además apartir de dicha tabla se establece el tiempo entre fallas, que al final sirve para establecer el tiempo promedio entre falla.

Tabla 4. Tiempo entre fallas de la pala P&H 4100A entre el periodo enero – febrero, 2020

N°	MES	FECHA	DURACIÓN	FRECUENCIA	TEF
1	Enero	02/01/2020	2.1	1	
2	Enero	04/01/2020	3.23	1	45.9
3	Enero	05/01/2020	2.25	1	20.77
4	Enero	07/01/2020	4.25	1	45.75
5	Enero	08/01/2020	2.24	1	19.75
6	Enero	11/01/2020	6.12	1	69.76
7	Enero	13/01/2020	4.14	1	41.88
8	Enero	15/01/2020	6.26	2	43.86
9	Enero	18/01/2020	0.45	1	65.74
10	Enero	20/01/2020	4.23	1	47.55
11	Enero	21/01/2020	5.14	1	19.77
12	Enero	23/01/2020	6.25	1	42.86
13	Enero	25/01/2020	10.24	1	41.75
14	Enero	28/01/2020	8.17	1	61.76
15	Enero	29/01/2020	2.12	1	15.83
16	Enero	30/01/2020	2.19	1	21.88
17	Enero	31/01/2020	9.89	1	21.81
			79.27	18	626.62
1	Febrero	07/02/2020	14.16	1	
2	Febrero	08/02/2020	8.19	1	9.84
3	Febrero	12/02/2020	2.45	1	87.81
4	Febrero	14/02/2020	2.14	2	45.55

5	Febrero	15/02/2020	4.48	1	21.86
6	Febrero	16/02/2020	4.27	1	19.52
7	Febrero	17/02/2020	4.39	2	19.73
8	Febrero	18/02/2020	3.15	1	19.61
9	Febrero	21/02/2020	5.46	1	68.85
10	Febrero	25/02/2020	6.75	1	90.54
			55.44	12	383.31

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del tiempo entre falla (TEF), se establece de la diferencia de la falla próxima menos la fecha de falla anterior multiplicado por las 24 horas y al final se resta el tiempo de reparación.

$$TEF = (FPF_{P\&H4100A} - FAF_{P\&H4100A}) \times 24 \text{ horas} - DAF_{P\&H4100A}$$

Donde

TEF= tiempo entre fallas

FPF: Fecha próxima de falla

FAF: fecha anterior de falla

DAF: Duración Anterior de falla

Se tiene:

N°	MES	FECHA	DURACIÓN	FRECUENCIA	TEF
1	Enero	02/01/2020	2.1	1	
2	Enero	04/01/2020	3.23	1	45.9

$$TEF = (04/01/2020 - 02/01/2020) \times 24 \text{ horas} - 2,1 \text{ horas} = 45,9 \text{ horas}$$

Para determinar el tiempo promedio entre falla y el tiempo de reparación de falla. Se empleó la siguiente formula

MTBF

$$MTBF = \frac{\sum DF}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

$$MTBF_{Enero} = \frac{79.28}{18} = 4,4 \text{ horas}$$

MTBR

$$MTBR = \frac{\sum TEF}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

$$MTTR_{Enero} = \frac{629.62}{18} = 34,97 \text{ horas}$$

La confiabilidad de la Pala P & H 4100 A, se determina

$$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTBR} \times 100$$

$$R_{Enero} = \frac{34,97}{(34,97+4,4)} \times 100 = 88,77\%$$

A continuación se realiza el cálculo para los dos meses

Tabla 5. Cuadro resumen de los resultados de disponibilidad de la pala P&H 4100 A s enero – febrero, 2019

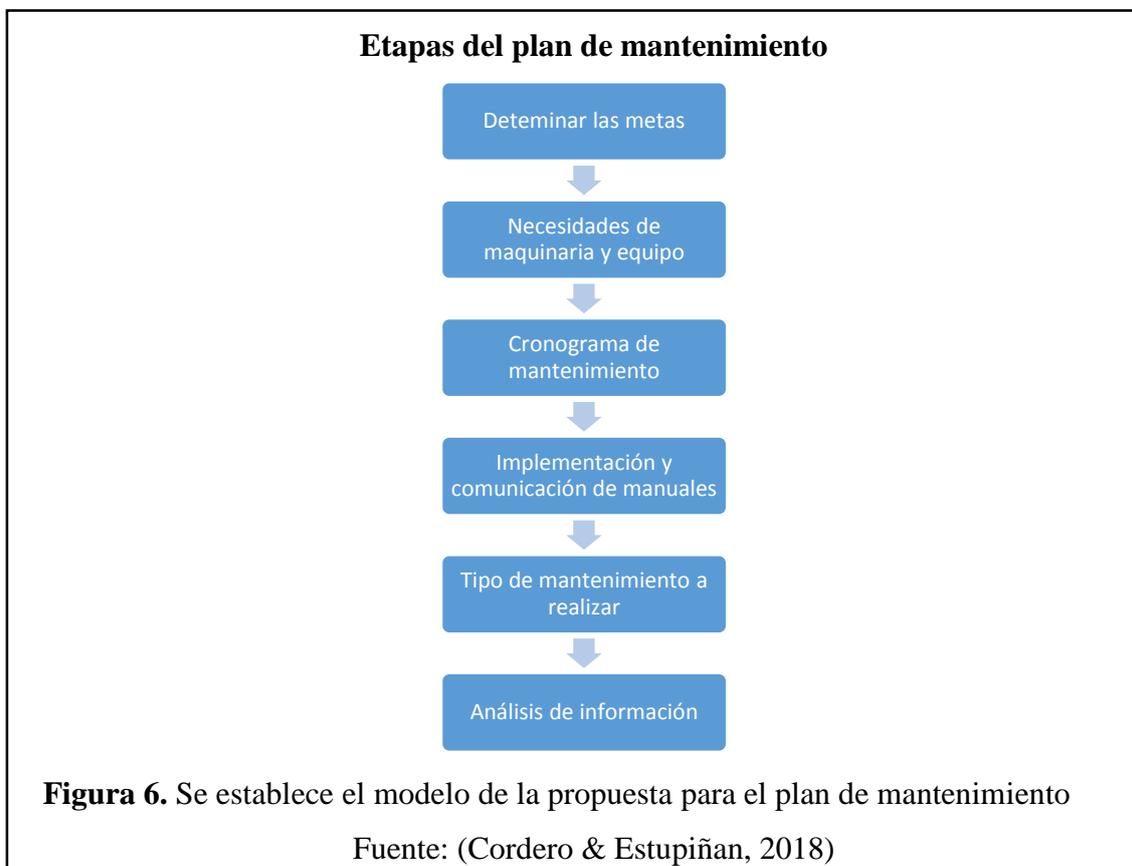
MAQUINARIA	MES	MTBR	MTBF	R	Valor de marca
Pala P&H 4100A	Enero	4,4	34,97	88,77	Alerta
	Febrero	8,62	31,94	73,26	Alerta
Promedio		6,51	33,45	81,00	

En la tabla 5, se muestra la disponibilidad actual de la pala P&H 4100 fue del 78,69% que se encontró disponible la maquinaria entre los meses de enero a febrero, siendo el tiempo de reparar las fallas de 4,51 horas y el tiempo promedio para que ocurra una falla fue de 33,45 horas.

3.2. Propuesta

3.2.1. Fundamentación

Dentro de las etapas del plan de mantenimiento, Cordero y Estupiñan (2018) establecen:



El mantenimiento; según Lopez (2012) conforme consiste en la reparación, de un mal necesario, incapaz de agregar valor a los procesos de la compañía. Sin embargo, se considera como un factor clave de la competitividad a través del aseguramiento de la confiabilidad.

Para Lopez, (2012), el objetivo del mantenimiento es asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones con respecto de la función deseada, dando cumplimiento a todos los requisitos del sistema de gestión de calidad, así

como con las normas de seguridad y medio ambiente, buscado el máximo beneficio global.

3.2.2. Objetivos de la propuesta

Objetivo general

Elaborar un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de la palas de minería P&H 4100A.

Objetivo específicos

Elaborar el análisis de Modo y efecto de fallas de la pala P&H 4100 A

Elaborar el plan de mantenimiento preventivo

3.2.3. Desarrollo de la propuesta

Etapa 1: Establecimiento de metas

Mantener la confiabilidad de las palas mayor al 90%

Disminuir las fallas en 50% no programadas

Etapa 2: necesidades de requerimiento de maquinaria y equipos

Automatización del control de fallas

La empresa necesita contar con una computadora a fin de llevar un registro de todas las fallas del equipo mediante un software que permita identificar y calcular la disponibilidad mes a mes de cada una de las palas.

Fase 2: Cronograma de mantenimiento

Mantenimiento de lubricación

Tabla 7. Mantenimiento de lubricación

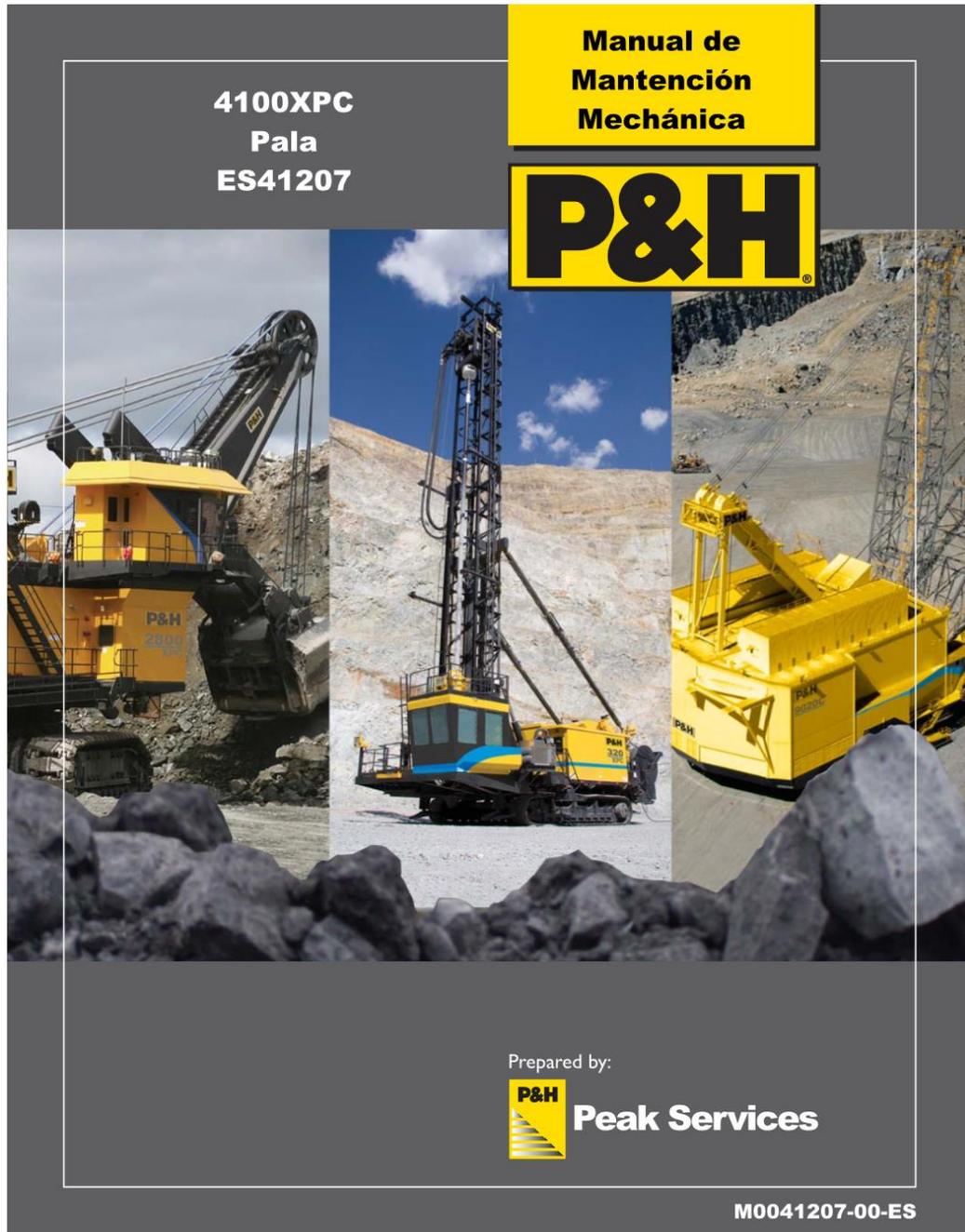
IDENTIFICACION	ACCIÓN	LUBRICANTE		FRECUENCIA						
		CODIGO	NUMERO	Diario	90 días	Semestral	Anual	Cada 250 horas	Cada 2000 horas	Cada 5000 horas
		SAE	P&H							
Tanque de grasa	Revisar y llenar	MPG o MS	472 o 520	x						
Tanque de aceite	Revisar y llenar	GL o MS	464 o 520	x						
Lubricador del sistema aire	Revisar y llenar	Aceite mineral (10W o menor)		x						
Compresor de aire	Revisar y llenar	Consulte las recomendaciones del fabricante del compresor		x						
Cajas de engranajes de giro	Revisar y llenar	GO	497	x						
				x						
Cajas de engranajes de levante	Revisar y llenar	GO	497	x						
Tanque hidráulico	Revisar y llenar	HO	484C-F	x						
Compresor de aire	Drenar y volver a llenar el carter	Consulte las recomendaciones del fabricante del compresor			x					
Ventiladores del gabinete eléctrico	Lubricar	MPG	472					X		
Motores de giro	Vea la placa de lubricación del motor								x	
Motores de levante	Vea la placa de lubricación del motor								x	
Coplones de los motores de giro	Lubricar	MPG	472						x	

Coplón de motor de levante	Lubricar	MPG	472						X	
Cajas de engranajes de levante	Drenar y volver a llenar, tomar muestra y analizar el aceite, vea nota 3	GO	497			X				
Cajas de engranajes de giro		GO	497			X				
Engranaje reductor bomba lubricación de levante	Revisar el nivel de aceite	GO	497							X
Tanque hidráulico	Cambiar aceite hidráulico	GO	484C-F				X			
Polines (55)	Lubricar	MPG	472			X				
Motores de giro	Vea la placa de lubricación del motor								X	
Motores de levante	Vea la placa de lubricación del motor								X	
Coplones de los motores de giro	Lubricar	MPG	472						X	
Coplón de motor de levante	Lubricar	MPG	472						X	
Cajas de engranajes de levante	Drenar y volver a llenar, tomar muestra y analizar el aceite, vea nota 3	GO	497			X				
Cajas de engranajes de giro		GO	497			X				
Engranaje reductor bomba lubricación de levante	Revisar el nivel de aceite	GO	497							X
Tanque hidráulico	Cambiar aceite hidráulico	GO	484C-F				X			

Fase 3: Implementación y comunicación de manuales

- En la empresa se va a realizar la impresión de los manuales, así como el anillado respectivo de un total de 10 juegos para cada personal del área de mantenimiento, con la finalidad de acceder a la información de la reparación.

Figura 7. Manuales para el mantenimiento



- También se realizará un panel gráfico de la simbología de mantenimiento a fin de que el personal tenga cuidado al momento de realizar el mantenimiento.

Figura 8. Simbología para el panel de mantenimiento

Control de pantalla	Descripción
	Estado/diagnósticos del sistema de lubricación - Inactivo Este botón/indicador le informa al operador que la pantalla actual no es para los diagnósticos del sistema de lubricación. Al presionar este botón abrirá la pantalla Pantalla de estado del sistema de lubricación .
	Estado/diagnósticos del sistema de lubricación - Activo Este botón/indicador le informa al operador que la pantalla actual es para la información del sistema de lubricación.
	Tiempo de lubricación - Inactivo Este botón/indicador le informa al operador que la pantalla actual no es para configurar los ciclos de lubricación. Al presionar este botón se abrirá la pantalla para configurar los tiempos de lubricación.
	Tiempo de lubricación - Activo Este botón/indicador le informa al operador que la pantalla actual es para configurar los temporizadores del ciclo de lubricación.
	Lubricación superior - Inactiva Esta indicación le informa al operador que el sistema de lubricación del sector superior no está en operación (automática o manualmente). Al presionar este botón se iniciará un ciclo del sistema de lubricación superior.
	Lubricación superior - Activa Esta indicación le informa al operador que el sistema de lubricación del sector superior está en operación (automática o manualmente).
	Falla de lubricación superior Esta indicación alerta al operador que existe una falla asociada al sistema de lubricación superior. Al presionar este botón se reseteará la falla y se iniciará un ciclo de lubricación superior.
	Lubricación zona inferior - Inactivo Esta indicación le informa al operador que el sistema de lubricación del sector inferior no está en operación (automática o manualmente). Al presionar este botón se iniciará un ciclo en el sistema de lubricación de la zona inferior.
	Lubricación zona inferior - Activo Esta indicación le informa al operador que el sistema de lubricación del sector inferior está en operación (automática o manualmente).

Control de pantalla	Descripción
	Falla de lubricación inferior Esta indicación alerta al operador que existe una falla asociada al sistema de lubricación inferior. Al presionar este botón se reseteará la falla y se iniciará un ciclo de lubricación inferior.
	Engranajes abiertos - Inactivo Esta indicación le informa al operador que el sistema de engranajes abiertos no está en operación (automática o manualmente). Al presionar este botón se activará un ciclo de la lubricación de engranajes abiertos.
	Engranajes abiertos - Activo Esta indicación le informa al operador que el sistema de engranajes abiertos está en operación (automática o manualmente).
	Falla de engranajes abiertos Esta indicación alerta al operador que existe una falla asociada al sistema de engranajes abiertos. Al presionar este botón se reseteará la falla y se iniciará un ciclo de lubricación de engranajes abiertos.
	Lubricación de propulsión - Inactivo Esta indicación le informa al operador que el sistema de lubricación de propulsión no está en operación (automática o manualmente). Al presionar este botón se iniciará un ciclo de lubricación de propulsión.
	Lubricación de propulsión - Activo Esta indicación le informa al operador que el sistema de lubricación de propulsión está en operación (automática o manualmente).
	Falla de lubricación de propulsión Esta indicación alerta al operador que existe una falla asociada al sistema de lubricación de propulsión. Al presionar este botón se reseteará la falla y se iniciará un ciclo de lubricación de propulsión.

Análisis de información

Kits de EPPS para el personal de mantenimiento

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:

Casco de seguridad tipo 1 clase E, C175, I/75.

Guantes de cuero.

Guantes anticorte de nylon con palma de nitrilo. Hyflex, EN 388.

Ropa de trabajo tipo mameluco manga larga con cinta reflectiva

Chaleco de seguridad con cinta reflectiva

Zapatos de seguridad ANSI Z41-1991.

Lentes de seguridad ANSI 787.1

Tapones auditivos y/o orejeras.

Trajes tyvek (de ser necesarios).

Bloqueador Solar de requerirse

Respirador de media cara de silicona con filtros para polvo P100

Formato de mantenimiento

Equipo:				EGI				Responsable:				Firma:											
Mantenimiento Pala 4				4100A																			
Fecha Inicio:		Hora Inicio:		Hora Fin:		Duración: (HR)		Rutina		PIENSE; LUEGO ACTUE CON SEGURIDAD													
1-Enero-2021		7:30:00 a. m.		1:30:00 a. m.		18		600															
Nº	Descripción	Rutina	OT / T	Hrs	Personal	Hi	Hf	Equipo	Herramientas	1 de Enero de 2021													
TALLER MECÁNICO PALAS (JORGE BARRIGA)																							
1	ELABORACIÓN Y AUTORIZ DE FORMATOS DE SEGURIDAD (IPER	Rutina	2000493514	1.00	06 Mecánicos	07:00	08:00	---	---														
2	INSP. INTERNA PISTA Y RODILLOS TORNAMESA	Horas	2000493514	4.00	02 Mecánicos	08:00	12:00	No requiere	Herramientas básicas														
3	EVALUAR ACEITE TAPA DE EJE 2DA REDUCCIÓN POSTERIOR IZAR	Horas	4000021421	4.00	02 Mecánicos	12:00	16:00	No requiere	Herramientas básicas														
4	REPONER TAPA COMPARTIMIENTO COPLA IZAR POSTERIOR	Predictivo	4000019919	3.00	02 Mecánicos	16:00	19:00	No requiere	Herramientas básicas														
5	FUGA DE ACEITE TAPA CAJA DE EMPUJE	Predictivo	4000019912	6.00	02 Mecánicos	19:00	01:00	No requiere	Herramientas básicas														
6	REPONER PERNO TOPE RACK LH	Predictivo	4000019914	3.00	02 Mecánicos	01:00	04:00	No requiere	Herramientas básicas														
7	CAMBIAR MANGUERA GRASA ROTA MONTURA LH	Predictivo	4000019986	4.00	02 Mecánicos	04:00	08:00	No requiere	Herramientas básicas														
8	REVISAR SISTEMA DE LUBRICACIÓN C/APOYO ELÉCTRICO	Predictivo	2000493514	3.00	02 Mecánicos	08:00	11:00	No requiere	Herramientas básicas														
9	CAMBIAR CABLE DE COMPUERTA	Rutina	2000493514	3.00	02 Mecánicos	11:00	14:00	No requiere	Herramientas básicas														
10	REGULAR FRENO DE COMPUERTA	Rutina	2000493514	3.00	02 Mecánicos	14:00	17:00	No requiere	Herramientas básicas														
11	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	Rutina	2000493514	1.00	06 Mecánicos	17:00	18:00	---	---														
TALLER ELÉCTRICO PALAS (NICOLAS SALINAS)																							
1	ELABORACIÓN Y AUTORIZ DE FORMATOS DE SEGURIDAD (IPER	Rutina	2000493515	1.00	04 Electricistas	07:00	08:00	---	---														
2	INSP/MANTO DE GABINETES ELECTRICOS	Rutina	2000493515	4.00	02 Electricistas	08:00	12:00	No requiere	Herramientas básicas														
3	INSP/MANTO DE MOTORES ELECTRICOS	Rutina	2000493515	4.00	02 Electricistas	12:00	16:00	No requiere	Herramientas básicas														
4	CAMBIAR FLUORESCENTE EN SALA DE MÁQUINAS	Predictivo	4000019918	3.00	04 Electricistas	16:00	19:00	No requiere	Herramientas básicas														
5	REPONER PROTECTOR EN PUERTA GABINETE ALTA TENSIÓN	Predictivo	4000019981	3.00	04 Electricistas	19:00	22:00	No requiere	Herramientas básicas														
6	NO PRENDEN FOCOS EXTERIOR SALA MAQ LH	Predictivo	4000019982	3.00	02 Electricistas	22:00	01:00	No requiere	Herramientas básicas														
7	FALTA TAPA CAJA CONECCIÓN MOTOR IZAR POSTERIOR	Predictivo	4000019916	3.00	02 Electricistas	01:00	04:00	No requiere	Herramientas básicas														
8	SEGURO DE GABINETES SUELTOS	Predictivo	4000019980	3.00	02 Electricistas	04:00	07:00	No requiere	Herramientas básicas														
9	REGULAR LÍMITES MOVIMIENTO DE IZAR	Predictivo	4000019985	3.00	02 Electricistas	07:00	10:00	No requiere	Herramientas básicas														
10	REVISAR SISTEMA DE LUBRICACIÓN C/APOYO MECÁNICO	Predictivo	2000493515	3.00	02 Electricistas	10:00	13:00	No requiere	Herramientas básicas														
11	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	Rutina	2000493515	1.00	04 Electricistas	13:00	14:00	---	---														
TALLER SOLDADURA (FREDDY GONZALES)																							
1	ELABORACIÓN Y AUTORIZ DE FORMATOS DE SEGURIDAD (IPER	Rutina	2000493516	1.00	04 Soldadores	07:00	08:00	---	---														
2	SOLDAR ESCALON ACCESO A DIPPER TRIP	Predictivo	4000021903	3.00	02 Soldadores	08:00	11:00	Camión de Servicio Soldadura	Maq. Soldar, Porta electrodos														
3	SOLDAR RAJADURAS COMPUERTA CUCHARON LH	Predictivo	4000021904	3.00	02 Soldadores	11:00	14:00	Camión de Servicio Soldadura	Maq. Soldar, Porta electrodos														
4	CAMBIAR PLANCHAS PISO DE CUCHARON X DESG	Predictivo	4000021905	3.00	02 Soldadores	14:00	17:00	Camión de Servicio Soldadura	Maq. Soldar, Porta electrodos														
5	CAMBAIR PLANCHAS MARCO POST X DESGASTE	Predictivo	4000021906	3.00	02 Soldadores	17:00	20:00	Camión de Servicio Soldadura	Maq. Soldar, Porta electrodos														
6	SOLDAR FISURAS EN COMPUERTA	Rutina	2000278179	3.00	02 Soldadores	20:00	23:00	Camión de Servicio Soldadura	Maq. Soldar, Porta electrodos														
7	SOLDAR FISURAS EN CUCHARÓN	Rutina	2000278179	3.00	02 Soldadores	23:00	02:00	Camión de Servicio Soldadura	Maq. Soldar, Porta electrodos														
TALLER TORNOS (JORGE QUISPE)																							
1	ELABORACIÓN Y AUTORIZ DE FORMATOS DE SEGURIDAD (IPER	Rutina	2000493514	1.00	02 Torneros	07:00	08:00	---	---														
2	APOYO CAMBIO 1RA REDUCCIÓN TRANSMISIÓN DE EMPUJE	Rutina	2000493514	2.00	02 Torneros	00:00	02:00	No requiere	Herramientas básicas														
3	REVISAR ALINEAMIENTO D TACÓMETROS C/APOYO ELÉCTRICO	Rutina	2000493514	2.00	02 Torneros	08:00	10:00	No requiere	Herramientas básicas														
TALLER PREDICTIVO																							
1	ELABORACIÓN Y AUTORIZ DE FORMATOS DE SEGURIDAD (IPER	Rutina	2000493514	1.00	02 Inspectores	07:00	08:00	---	---														
2	INSP. INTERNA PISTA Y RODILLOS TORNAMESA	Predictivo	2000493514	4.00	02 Inspectores	08:00	12:00	No requiere	Herramientas básicas														
3	INSP. DE CARBODY RAJADURAS INTERNAS	Predictivo	2000493514	4.00	02 Inspectores	12:00	16:00	No requiere	Herramientas básicas														
TALLER SKF																							
1	ELABORACIÓN Y AUTORIZ DE FORMATOS DE SEGURIDAD (IPER	Rutina	2000493517	1.00	02 Lubricadores	07:00	08:00	---	---														
2	CAMBIO ACEITE CAJA IZAR	Rutina	2000493517	3.00	02 Lubricadores	08:00	11:00	Camión lubricador	Herramientas básicas														
TALLER SELIN																							
1	ELABORACIÓN Y AUTORIZ DE FORMATOS DE SEGURIDAD (IPER	Rutina	2000493515	1.00	02 Electricistas	07:00	08:00	---	---														
2	MANTENIMIENTO DE SISTEMA AIRE ACONDICIONADO	Rutina	2000493515	3.00	02 Electricistas	08:00	11:00	No requiere	Herramientas básicas														
TALLER CRUBHER																							
1	ELABORACIÓN Y AUTORIZ DE FORMATOS DE SEGURIDAD (IPER	Rutina	2000493514	1.00	02 Mecánicos	00:00	01:00	---	---														
2	MANTENIMIENTO Y CAMBIO FILTROS DE COMPRESOR	Rutina	2000493514	3.00	02 Mecánicos	01:00	04:00	No requiere	Herramientas básicas														
TALLER BASHIR																							
1	ELABORACIÓN Y AUTORIZ DE FORMATOS DE SEGURIDAD (IPER	Rutina	2000493514	1.00	02 Trabajadores	00:00	01:00	---	---														
2	MANTENIMIENTO DE CABINA OPERADOR	Rutina	2000493514	3.00	02 Trabajadores	01:00	04:00	No requiere	Herramientas básicas														
TALLER CHASQUIS																							
1	ELABORACIÓN Y AUTORIZ DE FORMATOS DE SEGURIDAD (IPER	Rutina	2000493514	1.00	02 Trabajadores	12:00	13:00	---	---														
2	LIMPIEZA DE PAREDES, NÚMEROS Y CINTAS	Rutina	2000493514	2.00	02 Trabajadores	13:00	15:00	No requiere	Herramientas básicas														
3	LIMPIEZA DE BASE DEL ÁREA DEL SISTEMA DE EMPUJE	Rutina	2000493514	2.00	02 Trabajadores	15:00	17:00	No requiere	Herramientas básicas														
4	LIMPIEZA DE BASE DEL ÁREA DEL SISTEMA DE IZAR	Rutina	2000493514	2.00	02 Trabajadores	17:00	19:00	No requiere	Herramientas básicas														

Repuestos

Tabla 8. Equipos para el mantenimiento

N°	NODO	DESCRIPCION DE EQUIPO	ETIQUETA TARJETA PLC
1	GABINETE PROPEL	RTD RIGHT PROPEL MOTOR BEARING SHAFT-END	L05A4
2	GABINETE PROPEL	RTD RIGHT PROPEL MOTOR BEARING DRIVE-END	L05A4
3	GABINETE PROPEL	RTD RIGHT PROPEL MOTOR WIDING	L05A4
4	GABINETE PROPEL	RTD RIGHT PROPEL MOTOR SHUNT FIELD	L05A4
5	GABINETE PROPEL	RTD LEFT PROPEL MOTOR BEARING SHAFT-END	L05A4
6	GABINETE PROPEL	RTD LEFT PROPEL MOTOR BEARING DRIVE-END	L05A4
7	GABINETE PROPEL	RTD LEFT PROPEL MOTOR WIDING	L05A4
8	GABINETE PROPEL	RTD LEFT PROPEL MOTOR SHUNT FIELD	L05A4
9	GABINETE PROPEL	LOWER CONTROL CAB THERMOSTAT LE	L053A5
10	GABINETE PROPEL	LOWER CONTROL CAB THERMOSTAT HE	L053A5
11	GABINETE PROPEL	RIGHT PROPEL BRAKE AIR PS	L051A2
12	GABINETE PROPEL	LEFT PROPEL BRAKE AIR PS	L051A2
13	TRANSFERENCIA	RTD HOIST DRUM SIDE STAND END	T10B1
14	TRANSFERENCIA	RTD HOIST GEAR BOX BEARING	T10B1
15	TRANSFERENCIA	RTD REAR HOIST MOTOR BEARING DRIVE END	T10B1
16	TRANSFERENCIA	RTD REAR HOIST MOTOR COM END	T10B1
17	TRANSFERENCIA	RTD REAR HOIST MOTOR WIDING	T10B2
18	TRANSFERENCIA	RTD REAR HOIST MOTOR SHUNT FIELD	T10B2
19	TRANSFERENCIA	RTD REAR SWING MOTOR BEARING DRIVE END	T10B2
20	TRANSFERENCIA	RTD REAR SWING MOTOR BEARING COM END	T10B2
21	TRANSFERENCIA	RTD REAR SWING MOTOR WIDING	T10B2
22	TRANSFERENCIA	RTD REAR SWING MOTOR SHUNT FIELD	T10B2
23	TRANSFERENCIA	RIGHT SIDE LADDER DOWN ZS	T10A2
24	TRANSFERENCIA	LEFT SIDE LADDER DOWN ZS	T10A2

Presupuesto

Tabla 9. Presupuesto

	Cantidad	Total	Anual
EPPS			S/10,280.00
Casco de seguridad tipo 1 clase E, C175, I/75.	10	S/45.00	S/450.00
Guantes de cuero.	10	S/36.00	S/360.00
Guantes anticorte de nylon con palma de nitrilo. Hyflex, EN 388.	10	S/72.00	S/720.00
Ropa de trabajo tipo mameluco manga larga con cinta reflectiva	30	S/65.00	S/1,950.00
Chaleco de seguridad con cinta reflectiva	20	S/45.00	S/900.00
Zapatos de seguridad ANSI Z41-1991.	20	S/120.00	S/2,400.00
Lentes de seguridad ANSI 787.1	10	S/70.00	S/700.00
Tapones auditivos y/o orejeras.	10	S/90.00	S/900.00
Trajes tyvek (de ser necesarios).	5	S/120.00	S/600.00
Bloqueador Solar de requerirse	20	S/35.00	S/700.00
Respirador de media cara de silicona con filtros para polvo P100	5	S/120.00	S/600.00
Materiales			S/ 695.00
Conos	15	S/20.00	S/300.00
Cintas	18	S/10.83	S/195.00
Letreros	8	S/25.00	S/200.00
Repuestos			S/ 2861.00
Surtido de roscas	8	242	S/1,936.00
Surtido de anillo	5	S/185.00	S/925.00
Lubricantes			S/ 100,921
Molyube SF-100 Kg.	50	S/15.00	S/750.00
Mobilgrease XHP 222 kg.	2715	S/21.00	S/57,015.00
Molyube SF-100	3013	S/12.00	S/36,156.00
Sistema predictivo	1	S/7,000.00	S/7,000.00
Sistema de etiquetado de piezas			S/. 4125.00
Lector de barras	1	S/400.00	S/400.00
Computadora 5ta generación	1	S/2,300.00	S/2,300.00
Impresora etiquetadora y códigos de barras	1	S/1,200.00	S/1,200.00
Cinta para códigos de barras	3	S/75.00	S/225.00
Capacitaciones			S/2,790.00
Experto	3	S/800.00	S/2,400.00
Refrigerio	3	S/100.00	S/300.00
Útiles de oficina	3	S/30.00	S/90.00
Manuales			S/400.00
Impresiones	4	100.00	S/400.00
			S/129,072,00

3.2.4. Situación de la variable dependiente con la propuesta

Con la propuesta se busca reducir al 50% las fallas correctivas

Tabla 10. Cuadro resumen de los resultados de disponibilidad de la pala P&H 4100 A s enero – febrero, 2019

MAQUINARIA	MES	MTBF	MTBR	R	Valor de marca
Pala P&H 4100 ^a	Enero	3.55	37.44	91.34	Aceptable
	Febrero	5.95	51.59	89.65	Aceptable
Promedio		4,75	44,51	90.5	

Se muestra que la empresa después de la propuesta disponibilidad fue del 91.34% para el mes de enero y 89.65% para el mes de febrero, y el promedio total de 90.5% además el promedio para la reparación de la falla sería de 3.55 y 5.95 horas en los meses de enero y febrero, mientras el tiempo entre falla pasó de 37.44 horas entre un falla en enero y 51.59 horas en una falla en febrero. Siendo el promedio de 44,51 horas entre una falla a otra. Los valores acercan a tasas de disponibilidad al 90,5%.

Tabla 11. Variación de los resultados de disponibilidad de la pala P&H 4100 A s enero – febrero, 2019

	MTBF	MTBR	R
Antes	6,5	33,5	81,0
Después	4,8	44,5	90,5
Variación	-27,0	33,1	11,8

Se muestra que el tiempo promedio de reparación de la falla disminuyó en un 27% y el tiempo promedio entre falla aumentó en un 33,1%, por último la disponibilidad de la pala P&H 4100 A aumentó en 11,8%.

3.2.5. Análisis beneficio/costo de la propuesta

Beneficios

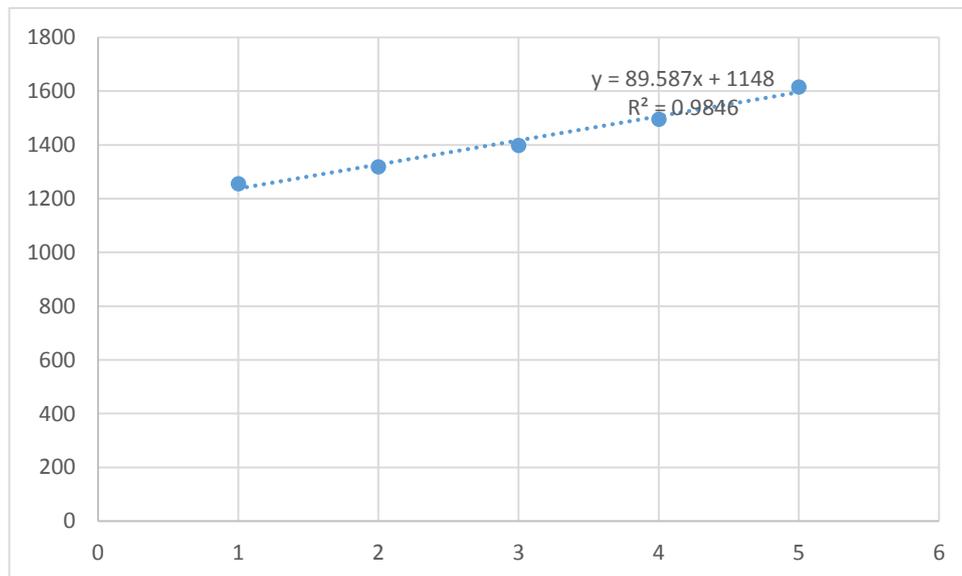
Se muestra que las máquinas pasaron de estar operativas de 81.0% a un 90,5% que indica un aumento de la producción en 11,80%.

Tabla 12. Ingresos históricos 2015 – 2019

miles de soles	
2015	1256
2016	1319
2017	1398
2018	1496
2019	1615

Las ventas se pronosticaron mediante el modelo de regresión simple:

Figura 9. Representación histórica de los ingresos 2019 - 2019



Se muestra que el método es confiable porque el $R^2=0,984 > 0,7$; y la fórmula para la proyección de los ingresos fue: $y=85,587+1148$

Tabla 13. Beneficio costo de la propuesta

	Ingresos			Beneficio
	Sin propuesta	Con propuesta		
2020	1685,522	1884,41	198,89	198891,60
2021	1775,109	1984,57	209,46	209462,86
2022	1864,696	2084,73	220,03	220034,13
2023	1954,283	2184,89	230,61	230605,39
2024	2043,87	2285,05	241,18	241176,66
2025	2133,457	2385,20	251,75	251747,93

Tabla 14. Beneficio costo de la propuesta

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	VAN	
Beneficio								
Aumento de producción (11,80%)		S/209.462,86	S/220.034,13	S/230.605,39	S/241.176,66	S/251.747,93	S/678.286,09	
Costo	S/129.072,00	S/115.957,00	S/115.957,00	S/115.957,00	S/115.957,00	S/115.957,00	S/450.713,00	
Capacitaciones		S/1.200,00	S/1.200,00	S/1.200,00	S/1.200,00	S/1.200,00		
EPPS		S/10.280,00	S/10.280,00	S/10.280,00	S/10.280,00	S/10.280,00		
Materiales		S/695,00	S/695,00	S/695,00	S/695,00	S/695,00		
Repuestos		S/2.861,00	S/2.861,00	S/2.861,00	S/2.861,00	S/2.861,00		
Lubricantes		S/100.921,00	S/100.921,00	S/100.921,00	S/100.921,00	S/100.921,00		
		Relación B/C						S/1,50

Se muestra que con la propuesta, la empresa obtiene un B/C de 1.50, que indica que por cada sol que invierte en la propuesta la empresa obtiene como beneficio 0.50, por lo tanto el B/C $1,50 > 1$, que indica un beneficio de la propuesta supera al costo, y es viable para la empresa.

3.3. Discusión de resultados

Se muestra que la empresa Southern Copper Corporation en el mantenimiento de las palas P&H 4100A de minería, destacan problemas e incumplimiento del mantenimiento que origina paradas no programadas por la falta de inventarios, tampoco se lleva un control de las fallas más frecuentes, tampoco se cumple el mantenimiento de lubricación. Estudio que concuerda con Cordero y Estupiñan (2018), donde establece una necesidad de identificar fallas imprevistas y conocer el daño progresivo de las fallas, pero se requiere de un gemitón integral, Tal como indican Nápoles, Silva y Marrero (2016) que se debe alcanzar un servicio óptimo

con procesos definidos. Situación que no se cumple en la empresa de estudio, cada vez que se incumple con el mantenimiento, sino se considera la logística de los repuestos, falta de preparación y capacitación continua del personal, porque la gestión del conocimiento debe ser una herramienta para lograr buenos resultados y mejorar la situación del área de mantenimiento. Del cual se identifica la necesidad de estudios que analizan la disponibilidad de los equipos a partir de la logística.

En la tabla 5 se muestra el objetivo de la disponibilidad de las palas P&H 4100A de minería, se calculó en el mes de enero fue de 88,77% y en el mes de febrero fue de 87,36%, se identificó que la mayor cantidad de fallas fue en el sistema de empuje (30%). Resultado parecido al encontrado por Torres (2017), donde la confiabilidad fue del 89%, además logró aumentar la confiabilidad a 92,08% con el plan de mantenimiento.

El plan de mantenimiento para las palas P&H 4100 consistió en seis fases: determinar metas, necesidades de maquinaria y equipo, cronograma de mantenimiento, implementación y comunicación de manuales, tipo de mantenimiento y análisis de información. Fallas mejoras constituyen la automatización del control de fallas, mejora tecnológica para el control de partes y repuestos, cronograma de mantenimiento, manuales de mantenimiento, simbología. Los resultados concuerdan con lo manifestado por Torres (2017) que logró mejorar en 3,17% la confiabilidad gracias al mantenimiento basado en la confiabilidad, también Lazaro (2018), incluyó en sus mejoras la inspección de equipos.

En el tercer objetivo específico se determina la viabilidad económica del plan de mantenimiento para las palas P&H 4100A minería, donde fue 1.76, indica que por cada sol que invierte la empresa obtiene 0.76 de beneficio. Tal como el estudio Chávez y Espinoza (2016) que establecen el beneficio del plan de mantenimiento, porque logran mejorar la disponibilidad, al mismo tiempo reducen los costos de mantenimiento de equipos.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. Se muestra que la empresa Southern Copper Corporation en el mantenimiento de las palas P&H 4100A de minería, destacan problemas e incumplimiento del mantenimiento que origina paradas no programadas por la falta de inventarios, tampoco se lleva un control de las fallas más frecuentes, tampoco se cumple el mantenimiento de lubricación.
2. La disponibilidad de las palas P&H 4100A de minería, se calculó en el mes de enero fue de 88,77% y en el mes de febrero fue de 73,26%, se identificó que la mayor cantidad de fallas fue en el sistema de empuje (30%).
3. El plan de mantenimiento para las palas P&H 4100 consistió en seis fases: determinar metas, necesidades de maquinaria y equipo, cronograma de mantenimiento, implementación y comunicación de manuales, tipo de mantenimiento y análisis de información. Fallas mejoras constituyen la automatización del control de fallas, mejora tecnológica para el control de partes y repuestos, cronograma de mantenimiento, manuales de mantenimiento, simbología.
4. La viabilidad económica del plan de mantenimiento para las palas P&H 4100A minería fue 1.50, indica que por cada sol que invierte la empresa obtiene 0.50 de beneficio y la disponibilidad aumentó en un 11,8%.

4.2. Recomendaciones

1. Se recomienda al jefe del área de mantenimiento de las Palas P&H de la minería, implementar controles de mantenimiento preventivo y sistematizar el área, desde el control de repuesto, hasta la solución de fallas.
2. Se recomienda al área de mantenimiento, establecer las horas de paradas programadas para el mantenimiento de las palas P&H 4100A a fin de evitar paradas innecesarias y fallas más críticas que origine un mayor tiempo de reparación, además
3. Se recomienda al área de mantenimiento, establecer de manera escrita el plan de mantenimiento y llevar a cabo, el plan de mantenimiento, así como capacitar al personal de mantenimiento.
4. Se recomienda al área de mantenimiento, llevar a cabo el registro de los costos de mantenimiento, así como la variación y control de las fallas de las palas P&H 4100 A.

REFERENCIAS

- Ahmad, R., Kamaruddin, S., Azid, I., & Almanar, I. (2011). Maintenance management decision model for preventive maintenance strategy on production equipment. *Journal of Industrial Engineering International*, 7(13). Recuperé sur <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2158244019846689>
- Alavedra, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., & Ríos, K. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*, 11-26.
- Amendola, L. (2002). Modelos Mixtos de confiabilidad. Recuperé sur www.mantenimientomundial.com.
- Chávez, H., & Espinoza, R. E. (2016). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los equipos de la planta de alimentos de la empresa Minera la Zanja S.R.L.* Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Recuperé sur <http://hdl.handle.net/11537/7661>
- Cordero, O., & Estupiñan, E. (2018). Propuesta de optimización del mantenimiento de planta minera de cobre ministro haies, mediante análisis de confiabilidad, utilizando la metodología FMECA. *Investigación & Desarrollo*, 18(1). Recuperé sur <http://dx.doi.org/10.23881/idupbo.018.1-10i>
- Díaz, A., Viego, N., & Cabrera, J. (2016). Estudio de Confiabilidad Operacional como soporte al mantenimiento. *URUMAN*, 1-13. Recuperé sur <https://www.researchgate.net/publication/311451118>
- Frata, J. (2016). Disponibilidad total y por fallas – Indicadores clave en la gestión de mantenimiento. Recuperé sur <https://www.fractal.com/blog/disponibilidad-confiabilidad-indicadores-gestion-mantenimiento>
- Guerra, E., & Montes, A. (2019). Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. *Boletín de Ciencias de la Tierra*(45). doi:<https://doi.org/10.15446/rbct.n45.68711>

- Hamed , M. (2013). OEE Can Be Your Key: Change Formula for Equipment Availability to Improve Performance. *Industrial Engineer*, 45(8), 43.
- Kutifani, M. (2019, Enero 4). *Anglo American opta por las palas 7495, los equipos CAT más grandes que existen en Perú*. Recuperé sur <https://energiminas.com/anglo-american-opta-por-las-palas-7495-los-equipos-cat-mas-grandes-que-existen-en-peru/>
- Lázaro , A. (2018). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para optimizar el rendimiento de los equipos mineros en la calera colquirrumi N° 49-b, provincia de Hualgayoc, Cajamarca, 2018*. Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Recuperé sur <http://hdl.handle.net/11537/14187>
- Liu, Z. (2015). Characteristics of UHV DC Transmission System. Recuperé sur <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/availability-of-equipment>
- Lopez, B. S. (2012). *Desarrollo conceptual del Mantenimiento*. Recuperé sur Mantenimiento Industrial: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/>
- Mesa, D., Ortiz, Y., & Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad. *Scientia et Technica*, XII(30), 155-160.
- Nápoles, A., Silva, Y., & Marrero, C. (2016). Análisis Modal de Fallo y sus Efectos de las Normas de Competencias. *Revista Ciencias Holguín*, 22(2), 1-16.
- Ogalla, F. (2005). *Sistema de gestión: guía Práctica*. Diaz de Santos.
- Olartec, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia Et Technica*, 16(44), 354-356.
- Saavedra, P., & Román , C. (2017). *Mantenimiento predictivo en las palas electromecánico como de la mimeria*. Tesis de pregrado, Universidad de concepción, Concepción.
- Tapia, F. (2018). *Impacto de la disponibilidad en equipos mineros de carguío y transporte ligado a sus motivos de detención*. Tesis de Ingeniería, Universidad de Concepción, Concepción.
- Tiempo minero.com. (2019, abril 1). *Palas eléctricas de Las Bambas superarán las 5,000 toneladas/hora. ¿Cómo lo lograrán?* Recuperé sur <https://camiper.com/tiempominero/palas-electricas-de-las-bambas-superaran-las-5000-toneladas-hora-como-lo-lograran/>

- Torres , A. M. (2017). *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la chancadora 60"X113" de Minera Chinalco*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Recuperé sur <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3681>
- Zambrano, G., Prieto, A., & Castillo, R. (2015). Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas. *Telos*, 17(3), 495-511.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de recolección de datos

Código de pala	Modelo	Tipo de falla	Fecha de falla	Tiempo de parada	Tiempo de reparación	Costo

Anexo 2: Ficha de entrevista

1. ¿Cuales son los principales problemas del área de mantenimiento de palas?
2. ¿Que tanto afecta la parada de las palas por una falla?
3. ¿Qué tipo de mantenimiento se aplica a las palas?
4. ¿Se realiza un registro de las fallas de las palas?

Anexo 3: Validacion



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
Escuela Académica Profesional de Ingeniería Industrial
FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: Dionicio Carrasco Castrejón
 Grado académico: Título profesional
 Cargo e institución: Supervisor de Mantenimiento / Chaquicocha SCL
 Nombre de instrumento a validar: Ficha de recolección de datos
 Autor del instrumento: Quispe Vascope Nolán Manuel
 Título del proyecto de tesis: Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de las palas de minería P&H 4100A

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				19
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				18
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				20
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				19
Viabilidad	Es viable su aplicación				18

Valoración

Puntaje de (0 a 20)
 Calificación de deficiente o muy bueno
 Observaciones.....

Fecha: 09/10/2020

Firma: 
DIONICIO CARRASCO CASTREJÓN
 Ingeniero Industrial
 Reg. CIP. N° 241669

DNI: 44533330

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN

Escuela Académica Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: Sánchez Ticona Hugo Felipe

Grado académico: Ing. Mecánico Titulado

Cargo e institución: Líder de Contrato – SKF DEL PERU S.A.

Nombre de instrumento a validar: Ficha de recolección de datos

Autor del instrumento: Quispe Vascope Nolan Manuel

Título del proyecto de tesis: Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de la pala de minería P&H 4100A

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				18
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems				18
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables				18
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				18
Viabilidad	Es viable su aplicación				18

Valoración

Puntaje de (0 a 20): 18

Calificación de deficiente o muy bueno: Muy Bueno

Observaciones.....

Fecha: 26-10-2020

Firma:

DNI: 42012689

CIP: 97797

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
Escuela Académica Profesional de Ingeniería Industrial
FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS

Apellidos y nombres del experto: Ricardo Gutiérrez Villanueva

Grado académico: Ingeniero Industrial

Cargo e institución: Mecánico Inspector Procesos Minería Yanacocha S.A.C.

Nombre de instrumento a validar: Fichas recolección de datos.

Autor del instrumento: Nolan Manuel Choispe Vascope

Título del proyecto de tesis: Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de la palas de minería P&H 4100A.

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los items están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				✓
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los items				✓
Suficiencia	Los items son suficientes para medir los indicadores de las variables				✓
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere				✓
Viabilidad	Es viable su aplicación				✓

Valoración

Puntaje de (0 a 20) 19

Calificación de deficiente o muy bueno muy bueno

Observaciones.....

Fecha: 09-10-2020

Firma: [Firma]
RICARDO GUTIERREZ VILLANUEVA
Ingeniero Industrial
Reg. C.I.P. N° 222189
26623674

Anexo 4: Autorización de la empresa

AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Toquepala, 07 de octubre de 2020

Quien suscribe:

Sr. Hugo Felipe Sánchez Ticona

Representante Legal – Empresa: SKF DEL PERU S.A.

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del Proyecto de investigación, denominado:

Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de la pala de minería P&H 4100A

Por el presente, el que suscribe Hugo Felipe Sánchez Ticona, representante legal de la empresa: SKF DEL PERU S.A., AUTORIZO al alumno: Nolan Manuel Quispe Vascope, con DNI N° 40534636, estudiante de la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo (Ingeniería Industrial), y autor del trabajo de investigación denominado:

Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de la pala de minería P&H 4100A, al uso de dicha información que conforma el expediente técnico, así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de grado académico, enunciada líneas arriba. De quien solicita.

Se garantiza la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.

HUGO FELIPE SANCHEZ TICONA
DNI: 42012689
LIDER DE CONTRATO SKF DEL PERU S.A.
CIP: 97797