



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Plan de mantenimiento preventivo para una maquinaria Komatsu modelo D65EX de la serie 460-410 en una service minera, Marcona 2019.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

AUTOR:

Huaccalsaico Vargas Juan Carlos (ORCID:0000-0002-0299-5983)

ASESOR:

MSc. Gil Sandoval Héctor Antonio (ORCID:0000- 0001-5288-8281)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

En primer lugar, quisiera dedicar este trabajo a Dios por darme la oportunidad de realizar mis sueños de estudiar en la universidad, a mi familia que son los motores de mi esfuerzo para seguir adelante y cumplir mis objetivos, a mi padre que siempre está guiándome y apoyándome y enseñándome el camino del éxito con sus experiencias vividas, a mi madre y hermanas que siempre me alientan a seguir con sus palabras motivadoras. Gracias a todos por ser parte de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y bendecirme en cada decisión que tomo en la vida.

Agradezco a mis padres por enseñarme buenos valores, por apoyarme en mis estudios, por estar orgullosos de mí de cada logro.

Agradezco a mis profesores por sus enseñanzas, consejos y por la motivación, en especial al profesor que me guió en mi trabajo de investigación. Héctor Antonio Gil Sandoval.

Agradezco a mis compañeros de trabajo, por haberme apoyado en el proceso de mi investigación y facilitarme, explicarme informaciones.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras	vii
Índice de anexos.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad problemática	15
1.2. Justificación del estudio	21
1.2.1. Práctica	21
1.2.2. Metodología.....	22
1.2.3. Ambiental	22
1.2.4. Social.....	22
1.3. Trabajos previos	22
1.3.1. Antecedentes Nacionales	22
1.3.2. Antecedentes Internacionales.....	24
1.4. Formulación al problema	27
1.5. Objetivos	27
1.6. Alcance del estudio.....	27
1.7. Teorías relacionadas al tema.....	27
1.7.1. Mantenimiento	27
1.7.2. Funciones del Mantenimiento	28
1.7.3. Tipos de Mantenimiento.....	29
II. MÉTODO.....	34
2.1. Tipo y diseño de investigación	35
2.1.2. Enfoque de la investigación	35

2.1.3.	Diseño de la investigación	35
2.1.4.	Nivel de la investigación.....	36
2.1.5.	Alcance de la investigación	36
2.2.	Variable, Operacionalización.....	36
2.3.	Población, muestra y muestreo	39
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos y confiabilidad	40
2.4.1.	Técnicas	40
2.4.2.	Instrumento	40
2.4.3.	Validez	40
2.4.4.	Confiabilidad	40
2.4.5.	Procedimiento	40
2.5.	Método de análisis de datos	41
2.6.	Aspectos éticos	41
III.	RESULTADOS	42
3.1.	Generalidades de la empresa.....	43
3.2.	Maquinarias en estudio	46
3.3.	Trabajadores del área del taller de equipo pesado	47
3.4.	Tiempo medio entre fallos (MTBF).....	48
3.5.	Tiempo medio para reparar (MTTR)	51
IV.	DISCUSIÓN	55
V.	CONCLUSIONES	58
VI.	RECOMENDACIONES.....	60
	REFERENCIAS	62
	ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de correlación.....	17
Tabla 2 Tabulación de datos	18
Tabla 3 Estratificación de las causas por área	19
Tabla 4 Alternativas de solución	20
Tabla 5 Matriz de priorización de las causas a resolver	21
Tabla 6 Matriz de Operacionalización.....	38
Tabla 7 Criticidad de los equipos pesados	47
Tabla 8 .MTBF en el equipo pesado en el mes de agosto	48
Tabla 9 MTBF en el equipo pesado en el mes de septiembre	49
Tabla 10 MTBF en el equipo pesado en el mes de octubre.....	50
Tabla 11 MTTR en el equipo pesado en el mes de agosto	51
Tabla 12 MTTR en el equipo pesado en el mes de septiembre.....	52
Tabla 13 MTTR en el equipo pesado en el mes de octubre	53
Tabla 14 Promedio del MTBF, MTTR Y LA Disponibilidad del equipo pesado.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Ishikawa.....	16
Figura 2 Diagrama de Pareto	18
Figura 3 Diagrama de estratificación.....	20
Figura 4 actividades de responsabilidades	29
Figura 5 Seis grandes pérdidas de los equipos	33
Figura 6 Organigrama.....	44
Figura 7 Equipo de Pesado	45
Figura 8 Maquinarias en producción	46
Figura 9 Datos de los trabajadores del taller de equipo pesado	48
Figura 10 .Disponibilidad del equipo	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Documentos para validar los instrumentos de medición a través de juicio de expertos.....	66
Matriz de operacionalización de la variable	70
Definición de la variable y sus dimensiones	71
Anexo II. Turnitin.....	72

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata sobre el estudio descriptivo del Plan de mantenimiento preventivo para una maquinaria Komatsu modelo D65EX de la serie 460-410 en una service minera, Marcona 2019.

Objetivo general: Describir la disponibilidad de un equipo pesado en una service, Marcona 2019.

Metodología: Investigación tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, diseño no experimental de corte transversal, el alcance de la investigación es descriptivo. La población está constituida por 05 equipos pesado D65EX (Komatsu) de serie 460-410, D65ex (Komatsu) serie 460-411, D9T (CAT) serie 460-167, D9T (CAT) serie 460-168, D9T (CAT) serie 460-168. Se consideró como muestra un equipo pesado de marca Komatsu modelo D65EX de serie 460-410 por ser el más crítico.

Resultados: en el presente trabajo de investigación muestran la disponibilidad del equipo pesado Komatsu de serie 460-410, resultados que se obtuvieron bajo un análisis de criticidad arrojando como operatividad de un 77% ya que se identificó y analizó las causas que originan la baja disponibilidad, por otro lado muestra la confiabilidad mediante el indicador del MTBF indicando que cada 45 horas en promedio durante el mes de agosto, septiembre y octubre, la maquinaria se paró por alguna falla o avería, también se muestra tiempo medio en reparación indicando que cada 14 horas durante el mes de agosto, septiembre y octubre, será el tiempo de reparación del equipo pesado.

Conclusión: al culminar el trabajo de investigación Se describió el comportamiento de la disponibilidad del equipo pesado Komatsu de serie 460-410 en una service, Marcona 2019. Arrojando la baja disponibilidad de la maquinaria.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, confiabilidad, mantenibilidad.

ABSTRACT

This research paper deals with the descriptive study of the Preventive Maintenance Plan for a Komatsu model D65EX 460-410 series machinery in a mining service, Marcona 2019.

Course objective: Describe the availability of heavy equipment in a service, Marcona 2019.

Methodology: Applied type research, with quantitative approach, non-experimental cross-sectional design, the scope of the research is descriptive. The population consists of 05 heavy equipment D65EX (Komatsu) of series 460-410, D65ex (Komatsu) series 460-411, D9T (CAT) series 460-167, D9T (CAT) series 460-168, D9T (CAT) series 460-168. A heavy equipment of Komatsu brand D65EX model of series 460-410 was considered as being the most critical.

Results: in the present research work they show the availability of Komatsu heavy equipment of series 460-410, results that were obtained under a criticality analysis, showing a 77% operability since the causes that caused the low availability were identified and analyzed , on the other hand it shows the reliability by means of the MTBF indicator indicating that every 45 hours on average during the month of August, September and October, the machinery stopped due to some failure or breakdown, also shows average time in repair indicating that every 14 hours during the month of August, September and October, will be the repair time of the heavy equipment.

Conclusion: at the end of the research work the behavior of the availability of Komatsu 460-410 series heavy equipment in a service, Marcona 2019, was described. It showed the low availability of the machinery.

Keywords: Preventive maintenance, reliability, maintainability

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El plan de mantenimiento es el conjunto de actividades realizadas en la actualidad por todas las organizaciones a nivel internacional; más aún si mencionamos al sector de maquinaria pesada, que tiene coyuntura decisiva en la producción.

Para Castillo, et. al. (2013) manifiestan que:

A nivel internacional se produce cambios como; el desarrollo de la tecnología, la tendencia del desarrollo de la competencia por parte de las organizaciones, y la modernización de la gestión de los procesos, por ello la gestión de mantenimiento tiene las tácticas para mejorar la operatividad y conservación de toda estructura que sea fructuosa para la organización. (p. 56).

Hoy en día, muchas empresas industriales deben enfrentar problemas planteados por el mantenimiento. En particular, el problema de detección de anomalías es probablemente uno de los más desafiantes.

Según Coronado (2018) indica que:

En la gran mayoría de empresas Latinoamérica aplican en su concepto mantenimiento preventivo, pero realmente solo están logrando una aplicación incipiente. Muchas empresas llaman mantenimiento preventivo a desarrollar intervenciones para prevenir alguna avería sin tener estudios estadísticos y logran de alguna manera tener mejores costos y más disponibilidad; esto sigue siendo incipiente. (p.2).

El mantenimiento es la rutina la cual ayuda a mantener el buen funcionamiento de las maquinarias, evitando cualquier tipo de anomalías, paradas inesperadas, costos por fallas de la maquinaria.

Por otro lado, Coronado (2018) indica que:

A nivel nacional en las organizaciones se afrontan problemas sobre la deficiencia del mantenimiento dificultando más pérdidas en la producción a causa de que se sigue percibiendo el mal estado de los equipos, por otro lado, mantener la disponibilidad de las maquinarias para realizar trabajos de los productos de alta calidad deseado, sin problemas de paradas inesperadas. Esto evita lograr cero tiempos muertos, cero averías, sin pérdida de rendimiento. (p.2)

En la actualidad un plan de mantenimiento preventivo tiene como finalidad mantener la vida útil de los equipos de acarreo. El estudio de investigación busca describir los motivos que afectan a la empresa y las fallas que se originan en el equipo pesado, la cual afectan a la producción.

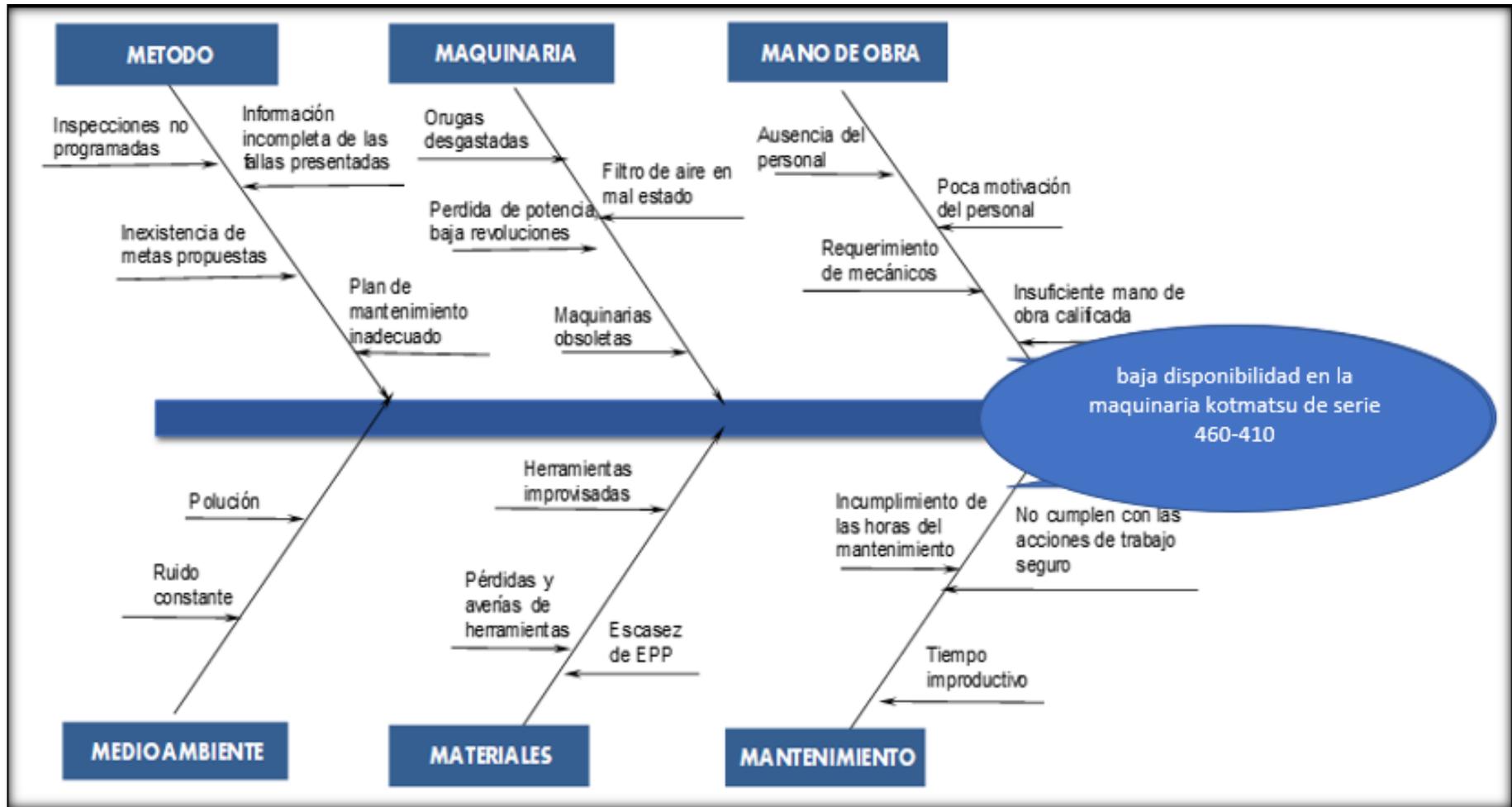


Figura 1 Diagrama de Ishikawa

En el diagrama de Ishikawa podemos apreciar las diversas causas que afectan directamente a la disponibilidad del equipo pesado y los efectos que con ellos trae. Para esto se utilizó el diagrama de Ishikawa enfocado en las seis categorías M's.

Desde mi perspectiva considero que la causa que presenta mayor riesgo es el plan de mantenimiento inadecuado, ya que el plan de mantenimiento no lo realiza el técnico, ni el jefe de mantenimiento, si no la gerencia, la junta directiva o quienes tomen decisiones estratégicas.

Para una observación más detallada se cuantificará mediante el diagrama de Pareto, para esto se realizará una matriz de correlación; teniendo en cuenta que si es una relación fuerte = 5, media = 3, débil = 1, no hay relación = 0

Tabla 1 Matriz de correlación

causas que originan fallas en el equipo pesado		c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12	c13	c14	c15	c16	c17	c18	c19	c20	frecuencia	
1	plan de mantenimiento inadecuado	c1		3	4	3	5	3	3	4	1	4	1	3	3	2	4	5	1	3	4	4	60
2	pérdida de potencia, baja revoluciones	c2	1		0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	12
3	Maquinarias obsoletas	c3	1	0		1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	9
4	Orugas desgastadas	c4	2	3	2		2	2	4	2	2	1	0	2	2	2	3	2	2	3	1	1	38
5	Inexistencia de metas propuestas	c5	1	0	1	1		0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	8
6	Inspecciones no programadas	c6	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	Filtro de aire en mal estado	c7	1	3	2	3	2	3		3	3	3	3	2	2	2	3	3	2	3	3	2	48
8	Información incompleta de las fallas presentadas	c8	1	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	Requerimiento de mecánicos	c9	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	Insuficiente mano de obra calificada	c10	0	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	Ausencia del personal	c11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
12	Poca motivación del personal	c12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	Polución	c13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	1
14	Ruido constante	c14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	1
15	Pérdidas y averías de herramientas	c15	0	0	1	1	0	3	0	0	1	1	1	0	0	0	0		0	0	0	0	8
16	Herramientas improvisadas	c16	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	2
17	Escasez de EPP	c17	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	1
18	Incumplimiento de las horas del mantenimiento	c18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	1
19	Tiempo improductivo	c19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1
20	No cumplen con las acciones de trabajo seguro	c20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°1 la matriz de correlación, se puede determinar las posibles causas que interviene ante el problema principal, se observa que se presenta con mayor peso de 60, 48, 38, 12 las siguientes causas; Plan de mantenimiento inadecuado, filtro de aire en mal estado, orugas desgastadas, perdida de potencia baja revoluciones, por otro lado, se observan las otras causas, con mínima puntuación no muy relevante

Tabla 2 Tabulación de datos

causas que originan fallas en el equipo pesado	frecuencia	frecuencia acumulada	%parcial	% total
plan de mantenimiento inadecuado	60	60	30.61%	30.61%
Filtro de aire en mal estado	48	108	24.49%	55.10%
Orugas desgastadas	38	146	19.39%	74.49%
pérdida de potencia, baja revoluciones	12	158	6.12%	80.61%
Maquinarias obsoletas	9	167	4.59%	85.20%
Inexistencia de metas propuestas	8	175	4.08%	89.29%
Pérdidas y averías de herramientas	8	183	4.08%	93.37%
Inspecciones no programadas	1	184	0.51%	93.88%
Poca motivación del personal	1	185	0.51%	94.39%
Ruido constante	1	186	0.51%	94.90%
Tiempo improductivo	1	187	0.51%	95.41%
Información incompleta de las fallas presentadas	1	188	0.51%	95.92%
No cumplen con las acciones de trabajo seguro	1	189	0.51%	96.43%
Ausencia del personal	1	190	0.51%	96.94%
Polución	1	191	0.51%	97.45%
Escasez de EPP	1	192	0.51%	97.96%
Incumplimiento de las horas del mantenimiento	1	193	0.51%	98.47%
Requerimiento de mecánicos	1	194	0.51%	98.98%
Insuficiente mano de obra calificada	1	195	0.51%	99.49%
Herramientas improvisadas	1	196	0.51%	100.00%
total	196			

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°2 la tabulación de datos, se observa la frecuencia de defectos y el porcentaje acumulado que tiene cada una de las causas teniendo en cuenta la relación con el problema principal. Desde la causa con mayor consideración hasta la menor. Seguidamente se realizará el diagrama de Pareto con el propósito de identificar el 80% de las causas que afectan.



Figura 2 Diagrama de Pareto

Según la tabla N°2 de tabulación de datos y en la figura N°2 de Pareto, se observa que el mayor porcentaje de problemas en el equipo pesado se debe al plan de mantenimiento inadecuado (30.61%), filtro de aire en mal estado (24.49%), orugas desgastadas (19.39%), pérdida de potencia, baja revoluciones (6.12%), las cuales son las que más influyen en la falla del equipo pesado. Seguidamente se realizará la estratificación de las causas por área para identificar donde es afectada con mayor magnitud. Tomando en cuenta tres áreas; el área de gestión, el área de procesos y el área de mantenimiento.

Tabla 3 Estratificación de las causas por área

Causas que originan fallas en el equipo pesado	frecuencia	
Plan de mantenimiento inadecuado	60	mantenimiento
Filtro de aire en mal estado	48	
Orugas desgastadas	38	
Pérdida de potencia, baja revoluciones	12	
Maquinarias obsoletas	9	procesos
Pérdidas y averías de herramientas	8	
Tiempo improductivo	1	
No cumplen con las acciones de trabajo seguro	1	
Herramientas improvisadas	1	
Inexistencia de metas propuestas	8	gestión
Insuficiente mano de obra calificada	1	
Incumplimiento de las horas del mantenimiento	1	
Escasez de EPP	1	
Polución	1	
Ausencia del personal	1	
Información incompleta de las fallas presentadas	1	
Requerimiento de mecánicos	1	
Ruido constante	1	
Poca motivación del personal	1	
Inspecciones no programadas	1	

Fuente: Elaboración Propia



Figura 3 Diagrama de estratificación

En la tabla 3, se observa la estratificación total de las causas por área, determinando que en el área de mantenimiento influye mayor cantidad de causas obteniendo una suma de 158 puntos, seguidamente en el área de procesos con una sumatoria de 20 puntos, y por ultimo tenemos el área de gestión con una suma de 18, concluyendo que más de la mitad de causas influyen en el área de mantenimiento donde se tiene que enfocar para eliminar o reducir las causas que afecte en el equipo pesado.

Tabla 4 Alternativas de solución

Alternativas	Criterios				Total
	Solución a la problemática	Costo de aplicación	Facilidad de aplicación	Tiempo de aplicación	
Plan de mantenimiento preventivo	2	2	2	1	7
Mantenimiento predictivo	1	1	1	1	4
Capacitación técnica	2	1	2	1	6
No bueno (0)-bueno (1)-muy bueno (2)					
Los criterios fueron establecidos con el jefe de producción y el jefe de mantenimiento					

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N°4 señala los criterios y alternativas de solución, demostrando la alternativa correcta mediante la calificación mayor. Realizando un análisis de las alternativas; en el caso de la alternativa de mantenimiento preventivo tubo un puntaje de 1, por ello la empresa no lo estimó debido al costo, facilidad y tiempo de aplicación, mientras la alternativa del plan de mantenimiento preventivo y la capacitación técnica obtuvo un puntaje de 7, ambos métodos se consideraron para la solución del trabajo.

Tabla 5 Matriz de priorización de las causas a resolver

Consolidación de causas por area	Metodos	Mano de obra	Mantenimiento	Materiales	Medio ambiente	Máquinas	Nivel de criticidad	Total de problemas	Porcentaje	Impacto	Calificacion	Prioridad	Medidas a tomar
Mantenimiento	60	0	0	0	0	98	alto	158	80.61%	3	474	1	realizar un plan de mantenimiento preventivo
Procesos	0	0	2	1	0	17	medio	20	10.20%	2	40	2	mejor filtro en el contrato del personal
Gestión	10	4	1	1	2	0	medio	18	9.18%	1	18	3	inducción y capacitaciones tecnicas
Total de problemas	70	4	3	2	2	115		196	100.00%				

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°5 se observa las causas de las diferentes áreas (Mantenimiento, Procesos y Gestión) determinando que realizar un plan de mantenimiento es la medida más favorable para eliminar las causas que originan fallas en el equipo pesado.

1.2. Justificación del estudio

1.2.1. Práctica

El informe a denotar basa su justificación en la práctica mediante la elaboración de un plan en la gestión de mantenimiento preventivo de un equipo pesado, demostrando que es posible disminuir los tiempos de paradas inesperadas de los equipos pesados, obteniendo resultados favorables que conlleva a tener un mayor rendimiento para la maquinaria y gran satisfacción para la empresa. El fin que se busca es proteger la integridad física y psicológica de cada colaborador y la seguridad en la compañía que es lo más relevante.

1.2.2. Metodología

Se aplicará métodos que sirvan para alcanzar mejores resultados, en esa investigación aplicaremos el plan de mantenimiento preventivo, la estrategia a desarrollar será un estudio no experimental, de tipo descriptivo.

1.2.3. Ambiental

El estudio de investigación garantiza que la maquinaria pesada trabajará de manera competente, que se reducirán los gastos en repuestos que en su gran mayor parte terminan en un basural, posteriormente la reducción de fugas de aceites que protegerán al suelo de una posible contaminación ambiental.

1.2.4. Social

La investigación conseguirá que los trabajadores logren un mayor desempeño en sus actividades diarias, seguidamente el compromiso de los trabajadores hacia la empresa, ya que la empresa obtendrá mayores ganancias, esto conlleva a que cada uno de los colaboradores obtengan mejores ingresos y mejore su calidad de vida y contribuya de esta forma con el empleo seguro.

1.3. Trabajos previos

1.3.1. Antecedentes Nacionales

Herrera (2018) realizó un estudio sobre *“Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de equipos en la empresa san Martín contratistas generales s.a. en el proyecto tantahuatay, 2018*. Tuvo como objetivo proyectar un plan de mantenimiento donde desea acrecentar la disponibilidad mecánica para los equipos de línea amarilla. El nivel de investigación fue descriptivo. como resultados: se identificaron cuáles fueron los motivos por el cual se realizaba la baja disponibilidad mecánica, donde se aprecia que las maquinarias de línea amarilla no cumplen con el programa de mantenimiento preventivo planteado, falta de capacitación hacia los colaboradores, calculando la disponibilidad mecánica de las maquinarias pesada a un 76.22% en promedio, indicando que existen cantidades de equipos averiados, un mal de registro sobre las fallas mecánicas, mala gestión en la comprar de los repuestos, falta de métodos de trabajo. El estudio concluye que la proposición de un nuevo esbozo de esquema de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad mecánica a un 15.78%

disminuyendo las interminables paradas no programadas, aumentando los intereses económicos de la compañía.

Llanos (2018) realizó un estudio sobre *“Mantenimiento preventivo de equipos de carguío – palas hidráulicas – en minería: una revisión sistemática”*. tuvo como objetivo concertar la osmosis del mantenimiento preventivo de las palas hidráulicas en el desarrollo de la disponibilidad de las mismas. El nivel de investigación fue descriptivo. Los resultados fueron que en la zona minera incluso no se han hecho aprendizajes sobre la aplicación de nuevas informaciones de técnicas predictivas de fallas electromecánicas en las palas hidráulicas, y no se ha ejecutado rendimientos de los progresos tecnológicos para desarrollar el mantenimiento predictivo de las mismas. El estudio concluye que el mantenimiento preventivo en las palas hidráulicas puede ser perfeccionados con el uso de los desarrollos tecnológicos y así incrementar la disponibilidad de desarrollo de las maquinarias de carga y acarreo de material en la minería.

Zurita (2017) realizo un estudio sobre *“Mejora del plan de mantenimiento preventivo de los equipos pesados de la empresa maquinarias u-guil para optimizar la gestión de flota”*. tiene como objetivo presentar una mejora en el plan de mantenimiento preventivo para la optimización en el gestionamiento de flotas, con la disminución de los costos variables e incrementar la rentabilidad en la compañía maquinaria U-GUIL S.A. el nivel de investigación es descriptivo. Los resultados fueron que, si se tuviera que implementar una mejora, se tendría que determinar dos escenarios, el desarrollo del mantenimiento preventivo, y la implementación de mejoras en el ambiente del mantenimiento preventivo, análisis de fluidos, programas de mantenimiento entre otros. El estudio concluye que se obtuvo un incremento de la disponibilidad de un 4% concluyendo la optimización del plan de mantenimiento siendo la parte principal en el gestionamiento de la flota, posteriormente el plan de mantenimiento debe estar planteado de acuerdo a las circunstancias de trabajo y sugerencias del fabricante. Por otro lado, mediante los indicadores de la gestión de mantenimiento se obtuvo un análisis de monitoreo de los equipos pesados obteniendo un 89% de disponibilidad, 67 h. del tiempo medio entre fallas (MTBF), y 6.22h. del tiempo medio en reparación (MTTR).

Espinoza (2018) realizó un estudio sobre *“Plan de gestión de mantenimiento preventivo de maquinarias pesada para incrementar la disponibilidad de equipos en la empresa cenfomin*

educación S.A.C. Cajamarca – 2018”. Tiene como objetivo diseñar un plan de mantenimiento preventivo de equipos pesados incrementando la disponibilidad de las maquinarias de la compañía cenfomin educación S.A.C. El nivel de investigación es descriptivo. Los resultados fueron el análisis y descripción de las condiciones, particularidades y procedimientos en el sector de mantenimiento. El estudio concluye que se realizó estudio de situaciones actuales en el sector de mantenimiento, permitiendo registrar las causas que afectan el tiempo total de reparaciones de equipos pesados, esta información fue ordenada mediante el uso diagrama de Ishikawa.

Barrientos (2017) realizó un estudio *“Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF”* tiene objetivo perfeccionar la gestión de mantenimiento de los equipos pesados mediante la metodología del AMEF con los nuevos trabajos de mantenimiento en la construcción de puente chino. Nivel de investigación es descriptivo. Los resultados fueron al determinar las labores realizadas por cada tipo de PM se comienza las labores de mantenimiento preventivo mediante un monitoreo diario de las horas consumidas operadas. Los primeros datos examinados son resultados de MTBF que se obtuvieron en el año 2017 deseando llegar a una meta de 150 de horas en producción sin fallas. El estudio concluye que la proposición de mejora para la gestión de mantenimiento realizada con la metodología del AMEF, siendo una guía para realizar nuevos programas de mejora y técnica en otras maquinarias de la compañía. Obteniendo resultados del análisis que mejoró la disponibilidad operativa de la maquinaria

1.3.2. Antecedentes Internacionales

Vasco (2016) realizó un estudio sobre *“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos del GADM Santiago de Píllaro aplicando un software libre”*. Tuvo como objetivo la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para equipo pesado y vehículos livianos de GADM Santiago de Píllaro aplicando un programa libre. El nivel de investigación es descriptivo. Los resultados fueron que en el equipo pesado de tractor de oruga se estima que mantiene un funcionamiento intermedio, salvo en los meses de octubre y noviembre donde el equipo pesado mantiene fallas elevadas, la cual se encuentra parqueada por la falta de repuestos. El estudio concluye que por falta de un plan de mantenimiento se determina que el colaborador técnico responsable del trabajo de mantenimiento de los equipos pesados espera que suceda

un fallo en la máquina para realizar los trabajos, resultando ineficiente y costoso. Por otro lado, se realizó una revisión de las maquinarias y vehículos que se encuentran en el área automotriz, por ello llevar a cabo un inventario técnico agiliza la identificación de cada una de las maquinarias pesadas. También las informaciones técnicas de algunas maquinarias no existen por lo cual se dio la necesidad crear tales fichas, permitiendo conocer las características de las maquinarias. Y por consiguiente realizar el mantenimiento.

Bütikofer (2017) realizó un estudio sobre *“Optimización del mantenimiento preventivo de flotas en base a técnicas de clustering y aprendizaje supervisado”*. Tuvo como objetivo emplear el método de clustering y aprendizaje para la modelación de la confiabilidad de una flota proporcionando la optimización del mantenimiento preventivo, nivel de investigación es descriptivo. Los resultados fueron que la base de datos de este estudio está dividida en: historial motores, horómetros camiones, muestras espectrométricas. La cual consta de un análisis de 48 motores. El estudio concluye que es favorable la implementación del método propuesto en la presente operación. Con el estudio realizado es factible gestionar un plan de mantenimiento preventivo logrando obtener una adecuada segmentación de la flota. Por otra parte, el trabajo le permite seleccionar los motores que se encuentran en óptimas condiciones de funcionamiento, esta sería una ventaja para el propietario de la flota debido a que podrá determinar fácilmente fallas imprevistas y evitar pérdidas.

Buelvas & Martínez (2014) realizó un estudio sobre *“Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L”* tuvo como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento preventivo empleado a la flota de equipos pesados tracto camiones para perfeccionar su operatividad, manteniendo la seguridad y tratando de reducir el impacto ambiental. El nivel de investigación es descriptivo. Los resultados fueron que mediante el plan de mantenimiento preventivo puede ganar aproximadamente 14 días laborables, esto se debe a que los repuestos están disponibles, si se cambiara los repuestos adecuadamente se podría evitar posibles fallas dejando fuera de servicios a las maquinarias y solo se trabajaría el día programado del mantenimiento. El estudio concluye en relación con los repuestos debería mejor con la requisición de pedidos a los proveedores. En la actualidad los repuestos piden cuando se ocasiona una falla, pero mayormente son aceites, correas y otros que de tenerse en stock en el almacén mejoraría la mantenibilidad de las maquinarias, en algunas veces se pierde varios días en obtener los

repuestos a la mano. En relación con el plan de mantenimiento para fijar la operatividad del plan, se formuló un formato de lista de chequeos, orden de servicios y entre otros, asegurando una labor sistemático y controlado, permitiendo tener datos calculando indicadores propuestos de disponibilidad, permitiendo examinar el comportamiento mes a mes.

Maldonado & Sigüenza (2012) realizó un estudio sobre “propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Mining del cantón Portovelo” tuvo como objetivo permitir que el equipo pesado se encuentre disponible en todo momento con un mayor rendimiento y bajo coste, el nivel de investigación fue descriptivo. Los resultados fueron que se llevó a cabo las verificaciones de los equipos existentes en la compañía minera Dynasty Mining, se pudo determinar el porcentaje de los equipos que se encuentran en operatividad como también de las que se encuentran sin operar por algún motivo. El estudio concluye el registro actualizado del equipo pesado de la compañía se constituye en la base primordial para la implementación de un plan de mantenimiento por lo cual se puede obtener un acceso rápido a las características, códigos, modelo, de cada maquinaria. Por otro lado, la ficha de inspección frecuentes de los equipos pesados consta de ítems que llevan a la verificación rápida de diferentes sistemas y elementos de los equipos pesados. Por la cual se podría determinar el comienzo de una avería o falla menor que con el tiempo podría ser una avería muy grave.

Domic (2013) realizó un estudio *sobre “Diseño y optimización de una pauta de mantenimiento para equipos móviles en una operación minera subterránea”* tuvo como objetivo la investigación del impacto del mantenimiento preventivo en la disponibilidad de equipos pesados en una operación minera, teniendo en cuenta las consecuencias sobre los costos de reparación. El nivel de investigación es descriptivo. Los resultados fueron que a nivel operativo corresponde la realización de modelos predictivos para las maquinarias de interés, permitiendo la predicción correcta. por ello es posible detectar alertas anticipadas en los equipos q presentan posibles fallas, permitiendo una planificación de trabajo de reparación o bien el retiro de los equipos. Por otro lado, se obtiene un efecto táctico, mediante los modelos de predicciones, se pretende diagnosticar la eficiencia del mantenimiento preventivo en las maquinarias de interés potenciando la productividad de las maquinarias o manteniendo la disponibilidad actual a menor nivel de costo. el estudio concluye que principalmente el trabajo corresponde a la dependencia de las paradas por fallas futura en las

reparaciones correctivas. la probabilidad de avería de la maquinaria aumente habla de una baja capacidad de recuperación de los equipos en operación. Esto puede darse por un bajo desempeño de las máquinas de reparación.

1.4. Formulación al problema

Problema General

¿Cuál es el comportamiento de la disponibilidad de una maquinaria Komatsu modelo D65EX de serie 460-410 en una service minera, Marcona 2019?

Problemas Específicos

1. ¿Cuál es el comportamiento de la confiabilidad de una maquinaria Komatsu modelo D65EX de la serie 460-410 en una service minera, Marcona 2019?
2. ¿Cuál es comportamiento de la mantenibilidad de una maquinaria Komatsu modelo D65EX de la serie 460-410 en una service minera, Marcona 2019?

1.5. Objetivos

Objetivo general

Describir la disponibilidad de una maquinaria Komatsu modelo D65EX de serie 460-410 en una service minera, Marcona 2019.

Objetivos Específicos

1. Describir la confiabilidad de una maquinaria Komatsu modelo D65EX de la serie 460-410 en una service minera, Marcona 2019.
2. Describir la mantenibilidad de una maquinaria Komatsu modelo D65EX de la serie 460-410 en una service minera, Marcona 2019.

2.4. Alcance del estudio

El presente trabajo se realiza en una service minera que presta servicios del alquiler de equipo pesados, por lo cual se describe el plan de mantenimiento preventivo durante las 12 semanas que dura el trabajo de investigación.

2.5. Teorías relacionadas al tema

1.7.1. Mantenimiento

El mantenimiento se ha incorporado en el sistema productivo de las organizaciones mediante

el avance tecnológico, maquinarias y nuevos equipos se exige que estos lleven un adecuado funcionamiento durante su vida útil.

La obligación de las industrias competitivas en la actualidad es garantizar el buen funcionamiento de las maquinarias de producción obteniendo la máxima disponibilidad, originando gran importancia en el progreso del mantenimiento industrial en las últimas décadas (Gómez, 1998, p. 21).

1.7.2. Funciones del Mantenimiento

Frecuentemente se puede afirmar que las funciones primordiales del mantenimiento es cumplir con todos los trabajos necesarios para mantener y establecer las maquinarias de producción de tal forma que cumpla las condiciones del proceso (Gómez, 1998, p. 24).

actividades de responsabilidades de un departamento de ingeniería del mantenimiento	Mantener los equipos e instalaciones en condiciones operativas eficaces y seguras.
	Efectuar un control del estado de los equipos así como de su disponibilidad.
	Realizar los estudios necesarios para reducir el número de averías imprevistas.
	En función de los datos históricos disponibles, efectuar una previsión de los repuestos de almacén necesarios
	Intervenir en los proyectos de modificación del diseño de equipos e instalaciones
	Llevar a cabo aquellas tareas que implican la modificación o reparación de los equipos o instalaciones.
	Instalación de nuevo equipo.
	Asesorar a los mandos de producción.
	Velar por el correcto suministro y distribución de energía.
	Realizar el seguimiento de los costes de mantenimiento.
	Preservación de locales, incluyendo la protección contra incendios.
	Gestión de almacenes.
	Tareas de vigilancia.
	Gestión de residuos y desechos
	Establecimiento y administración del servicio de limpieza.
Proveer el adecuado equipamiento al personal de la instalación.	

Figura 4 actividades de responsabilidades

1.7.3. Tipos de Mantenimiento

Entre los tipos de mantenimientos más relevantes tenemos; mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo.

a) Mantenimiento correctivo

Según Félix Gómez (1998), en su libro denominado tecnología del mantenimiento industrial nos menciona lo siguiente:

Llamado también mantenimiento a rotura (breakdown maintenance), solo se realiza a los equipos cuando ya se originó un fallo o averías. Por lo tanto, se trata, de una posición pasiva, frente al desarrollo del estado de los equipos, a la espera del fallo o avería. (p. 25).

b) Mantenimiento preventivo

Gómez (1998), define el mantenimiento preventivo como:

Un paso muy relevante para este fin, pretendiendo evitar o disminuir las reparaciones mediante una rutina de inspecciones constantes y la renovación de elementos dañados, lo que se le conoce como las tres erres del mantenimiento. (p. 26).

c) Mantenimiento predictivo

En su mismo libro Gómez (1998), define el mantenimiento predictivo como:

Conocido también como mantenimiento según condición o según estado, surgiendo como respuesta a la necesidad de los costes de los métodos preventivos correctivos. El propósito de esta filosofía de mantenimiento parte del conocimiento del estado de los equipos. La cual, si es posible, cambiar los componentes cuando no se encuentren en buen estado de operación. (p. 28).

Según Panagiotidou, Tagaras (2006), en su artículo denominado Mantenimiento preventivo óptimo con dos estados de calidad y distribución generales de tiempo de falla, sostiene:

presentar un modelo económico para la optimización del mantenimiento preventivo en un proceso de producción con dos estados de calidad. El equipo comienza a funcionar en el estado de control, pero puede cambiar al estado de fuera de control antes de la falla o el mantenimiento preventivo programado. El tiempo de cambio y el tiempo de falla son generalmente variables aleatorias distribuidas. Los dos estados se caracterizan por diferentes tasas de fracaso e ingresos. Primero derivamos la estructura de la política de mantenimiento óptima, que se define por dos valores críticos de la antigüedad del equipo que determinan cuándo realizar el mantenimiento preventivo dependiendo del estado real (observable) del proceso. Luego proporcionamos propiedades de la solución óptima y mostramos cómo determinar los valores óptimos de los dos tiempos críticos de mantenimiento de manera precisa y eficiente.

Según Sanmartí, Espuña & Puigjaner (1997), en su artículo denominado Producción por lotes y programación de mantenimiento preventivo bajo incertidumbre de falla del equipo, sostiene en:

Este Este documento trata sobre la programación de producción de plantas de lotes multipropósito en presencia de incertidumbre de falla del equipo. El análisis de incertidumbre se incorpora en la etapa de programación de producción para mejorar la probabilidad de realizar el programa resultante. Por lo tanto, la necesidad de una reprogramación completa del plan de producción se reduce y se pueden aplicar estrategias de programación reactiva más efectivas cada vez que se produce una desviación del estado esperado de la planta. La

probabilidad de realizar el cronograma previsto dependerá de los pronósticos de falla del equipo. Los efectos de la falla del equipo en el cronograma de producción se minimizan al calcular los índices de confiabilidad para cada unidad de planta y para cada tarea programada.

Según Kuboki, Takata (2019), en su artículo denominado Selección del método de inspección óptimo para el mantenimiento preventivo, sostiene:

Con los avances tecnológicos, nuestras vidas se han vuelto cada vez más dependientes de varias instalaciones. Es importante detectar síntomas de deterioro o falla utilizando dispositivos de inspección o monitoreo para permitir el mantenimiento preventivo para que sigan funcionando. Para este propósito, es necesario seleccionar el método de inspección adecuado para detectar el deterioro y los síntomas de falla de cada elemento del equipo. En este documento, proponemos un método sistemático para determinar la combinación óptima de métodos de inspección para minimizar la suma de los costos de inspección y las pérdidas debidas a fallas del equipo, considerando la capacidad de detección tanto de humanos como de dispositivos de inspección o monitoreo. El método propuesto se aplicó al equipo en un centro de distribución para demostrar su efectividad.

Según Hu, Jiang & Liao (2017), en su artículo denominado Mantenimiento preventivo de un sistema de máquina única que funciona bajo condiciones de operación constante por partes, sostienen:

Las máquinas de fabricación generalmente funcionan en condiciones de operación constante por partes (PCOC) y están sujetas a mantenimiento preventivo imperfecto (PM). En este documento, se desarrolla un modelo de mantenimiento imperfecto extendido (IM) para una máquina que trabaja bajo PCOC combinando un modelo de IM híbrido basado en la edad y un modelo de tiempo de falla acelerado (AFTM). Se proporciona el método de máxima verosimilitud para estimar los parámetros del modelo. Se propone una política dinámica de PM rentable basada en un plan de producción a corto plazo para una situación común en la que el plan de producción se actualiza dinámicamente y solo se confirma la condición operativa actual (OC). Se realiza un ejemplo numérico para demostrar el uso de la política propuesta en la práctica.

Según Kaican Kang, Velusamy Subramaniam (2018), en su artículo denominado Política de control integrado de producción y mantenimiento preventivo para un sistema de fabricación en deterioro, sostienen:

Este documento aborda el control integrado de la producción y el mantenimiento preventivo para un sistema de fabricación de una sola máquina en deterioro. La máquina está sujeta a deterioro y fallas aleatorias. Tanto el mantenimiento correctivo como el mantenimiento preventivo se

realizan para mantener la confiabilidad de la máquina. La literatura previa en este campo normalmente asume la periodicidad del mantenimiento preventivo y obtiene solo su intervalo de tiempo fijo para la ejecución. El nivel de mantenimiento, que representa el tiempo y el costo invertidos en la actividad de mantenimiento, generalmente se ignora en la literatura. Por lo tanto, proponemos un modelo de control integrado que considera no solo el intervalo de tiempo flexible del mantenimiento preventivo sino también su nivel.

Según Xiao, et. al. (2016), en su artículo denominado Optimización conjunta de la programación de producción y el mantenimiento preventivo del grupo de máquinas, sostienen:

Los modelos de optimización conjunta se desarrollaron combinando el mantenimiento preventivo grupal de un sistema en serie y la programación de producción. En este documento, proponemos un modelo de optimización conjunta para minimizar el costo total, incluido el costo de producción, el costo de mantenimiento preventivo, el costo mínimo de reparación por fallas inesperadas y el costo de retraso. El costo total depende tanto del proceso de producción como del plan de mantenimiento de la máquina asociado con la confiabilidad. Para los problemas abordados en esta investigación, cualquier falta de disponibilidad de la máquina conduce al tiempo de inactividad del sistema. Por lo tanto, es importante optimizar el mantenimiento preventivo de las máquinas porque su rendimiento afecta el procesamiento de producción colectiva asociado con todas las máquinas.

1.7.4. Objetivo del mantenimiento preventivo

Cuatrecasas (2010), define el objetivo del mantenimiento preventivo como:

La planificación de actividades de mantenimiento de tal manera que eviten problemas o dificultades posteriores de cualquiera seis grandes tipos de pérdidas de los equipos, apoyándose en dos pilares: el CBM (Mantenimiento basado en condiciones) y el TBM (Mantenimiento periódico o basado en el tiempo). (p. 191)

Tipos	Pérdidas	Tipo y características	Objetivo
tiempos muertos y de vacío	1. averías	tiempo de paro del proceso por fallos, errores o averías, ocasionalmente o crónicas, de los equipos	eliminar
	2. tiempo de reparación y ajuste de los equipos	tiempo de paro del proceso por preparación de máquinas o útiles necesarios para su puesta en marcha	reducir al máximo
pérdidas de velocidad del proceso	3. funcionamiento de velocidad reducida	diferencia entre velocidades actual y la de diseño del equipo según su capacidad. Se pueden contemplar además otras mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño	anular o hacer negativa la diferencia con el diseño
	4. tiempo en vacío y paradas cortas	intervalos de tiempo en que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios	eliminar
productos o procesos defectuosos	5. defectos de calidad y repetición	producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos	eliminar productos y procesos fuera tolerancias
	6. puesta en marcha	pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas	minimizar según técnicas

Figura 5 Seis grandes pérdidas de los equipos

1.7.5. Dimensiones del Mantenimiento preventivo

a) Confiabilidad

Difiere de la confianza refiriéndose en primera instancia a un valor numérico mediante el desempeño del equipo en actividad y proceso de manufactura, y en segunda instancia refiriéndose a un valor real teniendo algunas características de la calidad del producto, por ello sería un concepto netamente estadístico. (Acuña,2003. p. 17).

b) Mantenibilidad

Se basa en la distribución de los tiempos de restauración, de tal manera que la distribución estática seguirá fijada por el tiempo medio de la desviación estándar y la restauración, así mismo la mantenibilidad es el tiempo completo bajo la permanencia de que se reparen un porcentaje de fallos. (Creus,1991, p.37).

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicada dando uso de conocimiento científico reales para así aplicarlo en la solución de problemas. Los conocimientos científicos existentes son los papers, revistas, tesis libros, artículos, relacionados a los temas de mantenimiento preventivo, esta se aplicará en la descripción del trabajo de investigación.

Hernández et al. (2010) indican:

Sea una investigación aplicada o básica, un excelente trabajo es cuando el investigador ha dedicado todo su empeño en la indagación o búsqueda de soluciones o conocimiento, conservando la objetividad en la toma de decisiones apropiadas. (p. 115).

2.1.2. Enfoque de la investigación

El presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo.

Hernández et al. (2010) nos indican que:

“Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”. (p. 4).

2.1.3. Diseño de la investigación

El presente trabajo de investigación es de diseño no experimental

Hernández et al. (2010), definen el diseño no experimental como:

Se dispone que un diseño no experimental es la que se ejecuta sin emplear deliberadamente las variables. Quiere decir, se trata de investigar donde no hacemos modificar intencionadamente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es estudiar los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después realizar las exámenes correspondientes. (p.184).

2.1.4. Nivel de la investigación

El nivel de investigación del presente trabajo de investigación es de nivel descriptivo.

Hernández et al. (2010) manifiestan:

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (p. 80).

2.1.5. Alcance de la investigación

Transversal

Hernández et al. (2010) nos manifiestan:

“Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en su momento dado. Es tomar una fotografía de algo que sucede” (p. 151).

2.2. Variable, Operacionalización

Variable: Mantenimiento preventivo

Duffuaa et al. (2000) manifiestan que:

Se determina como el aseguramiento de que una flotilla, una instalación, un sistema de equipos u otros activos fijos sigan desarrollando sus funciones para las que fueron inventados, por ello el mantenimiento preventivo es una sucesión de tareas planificadas previamente para neutralizar las fallas potenciales. Por ello todo esto es distinto a un mantenimiento de reparación, considerándose como remplazo, reparación o renovación general de los componentes de un sistema o equipo. El mantenimiento preventivo es el enfoque elegido para la administración de los activos:

- Puede prevenir una falla y disminuir su continuidad.
- Puede aminorar la severidad de la falla y mitigar sus efectos.
- Puede facilitar un aviso de una falla próximo o inicial para acceder a una reparación planeada.
- Puede disminuir el costo global de la administración de los activos. (p. 75).

Indicadores: Gestión de mantenimiento

(MTTR) Tiempo medio para reparar:

Básicamente nos referimos al tiempo de reparación o de intervención realizado por un técnico. Este análisis accede a observar el desarrollo del servicio de mantenimiento. El buen conocimiento de las maquinarias y el historial de las actividades de mantenimiento permitirán una mejora en la reparación, y minimizar el tiempo de intervención

(MTBF) Tiempo medio entre fallas:

Es una de las primeras y más básicas medidas que uno puede usar para medir la confiabilidad. MTBF es el tiempo promedio que un activo funcionará antes de que falle.

Tabla 6 Matriz de Operacionalización

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	"El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y confiabilidad del equipo. La disponibilidad del equipo puede definirse como la probabilidad de que un equipo sea capaz de funcionar siempre que se le necesite. La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que el equipo esté funcionando en el momento. El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado" (Duffuaa et al. 2000, p. 76).	Metodo que consiste en aplicar el plan de mantenimiento preventivo para disminuir las fallas en el equipo pesado komatsu modelo D65EX de serie 460-410, mediante los indicadores de MTBF Y MTRR	Confiabilidad	$MTBF = \frac{\text{Tiempo de Funcionamiento}}{\text{N}^\circ \text{ de averías}}$	Razón
			Mantenibilidad	$MTRR = \frac{\text{Tiempo de averías}}{\text{N}^\circ \text{ de averías}}$	Razón

2.3. Población, muestra y muestreo

Población

Según Hernández et al. (2010) nos manifiestan:

“La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan determinar una serie de especificaciones, situándose claramente a las características de contenido, tiempo y lugar (p.174).

En el presente trabajo de investigación, la población está constituida por 05 equipos pesado D65EX (Komatsu) de serie 460-410, D65ex (Komatsu) serie 460-411, D9T (CAT) serie 460-167, D9T (CAT) serie 460-168, D9T (CAT) serie 460-168, información recolectada cuantitativamente por el área de mantenimiento.

Muestra

Según Hernández et al. (2010) también nos manifiestan:

La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamaremos población (...) básicamente categorizamos las muestras en dos grandes ramas, las muestras no probabilísticas y las muestras probabilísticas. Es estas últimas todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra (...) en las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra. Aquí el procedimiento no es mecánico, ni con base en fórmulas de probabilidad, sino depende del proceso de toma de decisiones de una persona o de un grupo de personas, y desde luego las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. (p. 175).

En el presente trabajo de investigación se ha considerado como muestra la maquinaria Komatsu modelo D65EX de serie 460-410 por ser el más crítico.

Muestreo

Considerando que la muestra es menor a 30 no sería necesario el muestreo

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

Según Hernández et al. (2010) nos manifiestan:

Se define en la recolección de datos pertinentes sobre las variables, atributos o conceptos de las unidades de análisis o casos (grupos, participantes, organizaciones, etc.) (p.198).

Las técnicas usadas:

Entrevista. - Realizado a los trabajadores del área de mantenimiento, jefe de taller, supervisor, mecánicos.

2.4.2. Instrumento

Arias (1999), manifiesta que:

“El instrumento es el medio que se emplea para recolectar y almacenar información verídica del público encuestado” (p.53).

Para este trabajo de investigación se utilizó la ficha de registro de cada maquinaria los mismos datos otorgados por la empresa la cual son datos necesarios para que la investigación sea verídica.

2.4.3. Validez

Hernández et al. (2010) nos manifiestan:

“La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir”. (p. 201)

La validez del instrumento se logrará alcanzar mediante el juicio de expertos, 03 docentes de la Universidad Cesar Vallejo.

2.4.4. Confiabilidad

Hernández et al. (2010) nos manifiestan:

“La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales”. (p. 200).

2.4.5. Procedimiento

Se observa la realidad del proceso del mantenimiento preventivo del tractor de orugas, el desarrollo de las actividades ejecutadas en la maquinaria, la verificación de cada una de las actividades, entrevistas hacia los colaboradores y las tomas de fotográficas.

2.5. Método de análisis de datos

Se desarrollará mediante el análisis de datos utilizando el software EXCEL, para determinando los resultados del trabajo en estudio.

2.6. Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación titulada: Plan de mantenimiento preventivo para la operatividad de un equipo pesado en una service, Marcona, 2019. cumple con los reglamentos y criterios establecidos por la Universidad Cesar Vallejo, mediante la estructura, se respetó los derechos del autor respecto a la bibliografía utilizada, así como también la privacidad y discreción para el manejo de información confidencial de la empresa, considerada para el presente trabajo de investigación. Los resultados son veraz, su finalidad es mejorar la problemática con las recomendaciones mencionados al final de la investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Generalidades de la empresa

La empresa de servicios en estudio es una organización independiente. Está ubicada en la Av. Industrial, Marcona, Ica. Horario de atención: 08:00 am – 18:00 pm.

Breve descripción general de la Empresa.

Fue constituida el 15 de noviembre del 2015. El equipo de mantenimiento y reparaciones constituye un elemento en el entorno de servicios de equipos pesados vinculados con el movimiento de tierra. Contamos con los recursos adecuados para el desarrollo de las actividades, y sobre todo con los colaboradores altamente especializados, todo ello minuciosamente planificado mediante actividades específicas y adecuadas para cada equipo, de este modo alcanzamos la máxima disponibilidad mecánica de las maquinarias.

Misión. - Somos una organización con los colaboradores altamente especializados, competente y comprometidos en proveer servicios de alta calidad en proyectos de minerías y obras civil.

Visión. - En el 2022 ser la organización más confiable, seguro y reconocidos por la calidad de servicio que ofrecemos, liderando el mercado peruano.

Valores. – estamos orgullosos de nuestros colaboradores, unidos por unos valores en una misma cultura: Seguridad, Responsabilidad, Respeto, Orgullo.

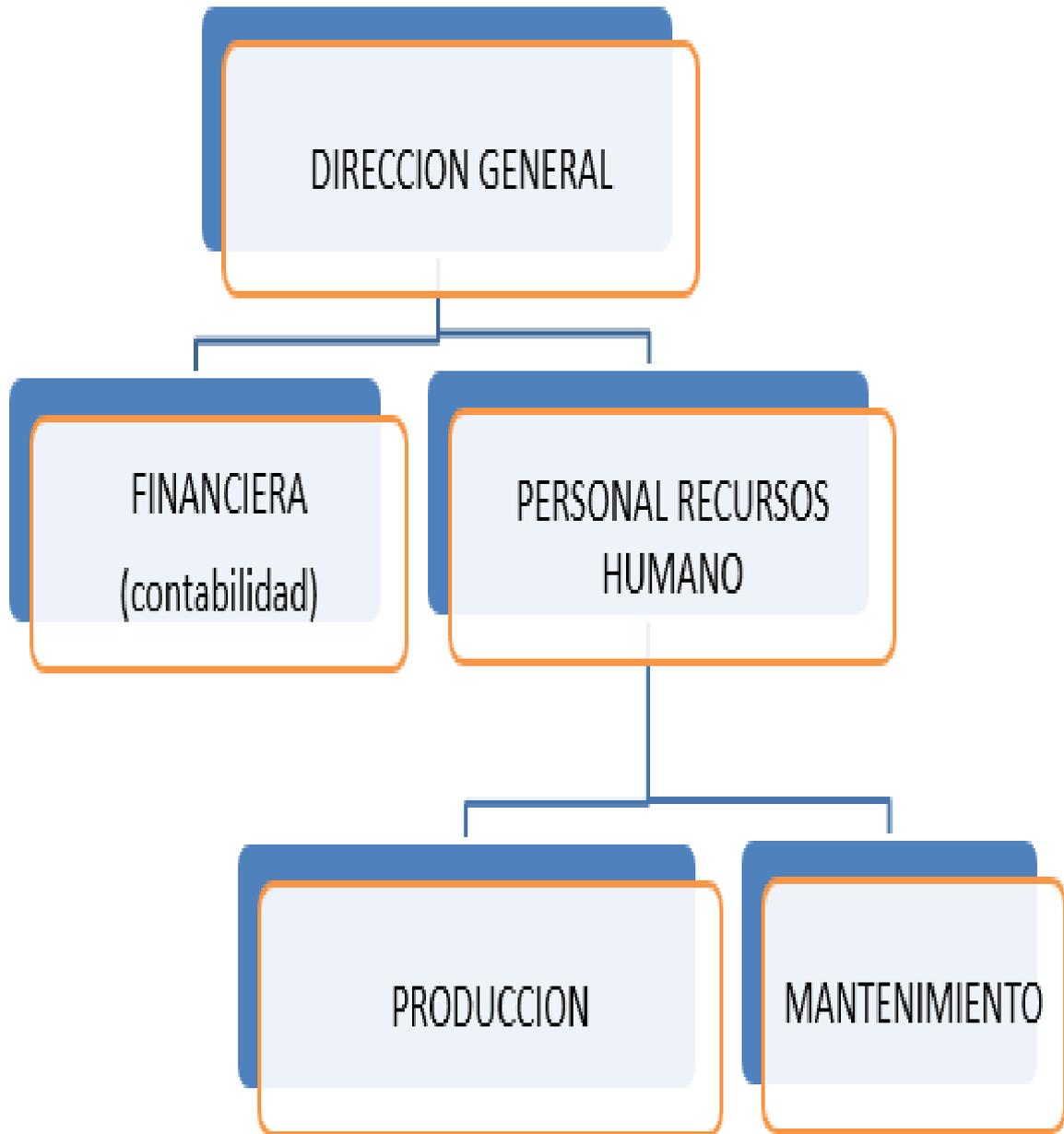


Figura 6 Organigrama

Descripción del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realiza en la empresa de Servicio, ubicada en el distrito de Marcona provincia de Nazca departamento de Ica, específicamente en el taller de equipo pesado donde se desarrollan las actividades y sistemas mecánicos, desarrollando tareas de ajuste, revisión, instalación y reparación. También se realiza un análisis sistemático para detectar anomalías y averías en el funcionamiento. En el desarrollo de todas estas actividades se debe aplicar las normativas vigentes para realizar el trabajo en las condiciones seguras y de calidad, cumpliendo bajo las normativas medioambiental. El trabajo de mantenimiento forma parte de la operatividad de los equipos de línea amarilla las cuales estos desarrollan el abastecimiento de mineral hacia los barcos. el taller de equipo pesado cuenta 6 colaboradores, Los cuales se encargan de la atención y los problemas que se presentan en las maquinarias que se basan en muchos elementos, como la mala operatividad de las maquinarias, la falta de compromiso de la alta gerencia para una mejor gestión de mantenimiento de las maquinarias.



Figura 7 Equipo de Pesado

3.2. Maquinaria en estudio

La maquinaria pesada cumple un rol muy importante en el sector de la minería y construcción, en lo que es movimiento de tierra, la cual consiste en realizar una serie de trabajo sobre un terreno virgen para la ejecución de alguna obra o la explotación de recursos minerales, asimismo realiza la construcción de caminos y acceso en sitios rocosos o lugares que son pocos accesibles, por otro lado también realiza el apilamiento que consiste en amontonar el mineral ya procesado por encima de unos chutes la cual mediante unas fajas transportadoras se encarga de transportar el mineral hacia diferentes áreas y por último la embarcación de mineral que consiste en acarrear el mineral sobre unas tolvas la cual contienen unas fajas transportadoras que llevan el mineral directo hacia al barco, esta contiene un almacenaje de mineral de 190,000 toneladas, esta labor de embarcación se realiza 8 veces al mes, un promedio de 1,520,000 toneladas de mineral al mes que se exporta, por ello los equipos pesados deben permanecer 100 % operativas.



Figura 8 Maquinarias en producción

Tabla 7 Criticidad de los equipos pesados

ANÁLISIS DE CRITICIDAD							
CODIGO DE EQUIPO	DESCRIPCIÓN	FACTOR DE CRITICIDAD					RESULTADOS
		PRODUCCIÓN	MANTENIMIENTO	COSTOS	MANO DE OBRA	SEGURIDAD	
460-410	Equipo pesado D65EX (KOMATSU)	3	3	3	3	3	15
460-111	Equipo pesado D65EX (KOMATSU)	1	1	2	2	3	9
460-167	Equipo pesado D9T (CAT)	1	1	1	1	2	6
460-168	Equipo pesado D9T (CAT)	1	1	1	1	1	5
460-169	Equipo pesado D9T (CAT)	1	1	1	1	1	5
Baja criticidad	0 a 5	1 nada					
Medianamente crítico	6 a 10	2 poco					
Altamente crítico	11 a 15	3 bastante					

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°7. Se aprecia que se realizó un cuadro de criticidad bajo 5 factores (producción, mantenimiento, costo, mano de obra y seguridad) con un rango de criticidad de 0 a 15 para identificar qué equipo sería el más crítico dándole un puntaje de 1,2,3 (nada, poco, bastante) para determinar cuánto afecta a cada factor, por ello se consideró bajo el análisis de criticidad que el equipo pesado D65EX (Komatsu) de código 460-410 es el más crítico.

3.3. Trabajadores del área del taller de equipo pesado

a. Datos generales de los trabajadores

Los trabajadores que realizan la labor en el área del taller de equipo pesado son personas calificadas y con experiencia en su labor de desempeño, con grado técnico y no mayores de 45 años.

TRABAJADOR	SEXO	EDAD	GRADO DE INSTRUCCIÓN
Mecánico de mantenimiento	Masculino	28	Técnico Mantenimiento mecanica
Mecánico de mantenimiento	Masculino	28	Técnico Mantenimiento mecanica
Mecánico de mantenimiento	Masculino	30	Técnico Mantenimiento mecanica
Mecánico de mantenimiento	Masculino	33	Técnico Mantenimiento mecanica
Mecánico de mantenimiento	Masculino	34	Técnico Mecanico de Producción
Mecánico de mantenimiento	Masculino	35	Técnico Mantenimiento mecanica
Mecánico de mantenimiento	Masculino	45	Técnico Mantenimiento mecanica

Figura 9 Datos de los trabajadores del taller de equipo pesado

3.4. Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Tabla 8 .MTBF en el equipo pesado en el mes de agosto

MTBF-AGOSTO			
CÓDIGO DE EQUIPO	EQUIPO	FALLA	HORAS DE FALLA
460-410	EQUIPO PESADO D65EX (KOMATSU)	pérdida de fuerza	8
		filtro de aire	14
		fuga de aceite hidráulico	11
		cadena destemplada	13
		aceite de transmisión	17
		nivel de refrigerante de motor	12
		compuerta del compartimiento del motor	15
		filtro de aire acondicionado	11
		vástago y cilindro de inclinación	18
		rueda motriz	14
		rueda guía	20
		Ripper	17
		cantoneras desgastadas	10
		TOTAL, DE FALLAS	13
		TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO	630
MTBF	48		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°8 se aprecia el tiempo medio entre fallo (MTBF), indicando que cada 48 horas en promedio durante todo el mes de agosto la maquinaria en estudio va presentar alguna falla por alguna razón.

Tabla 9 MTBF en el equipo pesado en el mes de septiembre

MTBF-SEPTIEMBRE			
CÓDIGO DE EQUIPO	EQUIPO	FALLAS	HORAS DE FALLA
460-410	EQUIPO PESADO D65EX (KOMATSU)	cabinas hermetizadas	10
		filtro de aire	11
		fuga de aceite hidráulico	8
		cadena destemplada	21
		aceite de transmisión	12
		fuga de cilindros hidráulico	14
		código call 04	11
		pasamanos / escalones	9
		aceite de motor	12
		radiador	14
		mangueras	16
		tanque de combustible	10
		tanque de aceite hidráulico	16
		dispositivo limpia parabrisas	18
		TOTAL, DE FALLAS	14
		TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO	630
MTBF	45		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°9 se aprecia el tiempo medio entre fallo (MTBF), indicando que cada 45 horas en promedio durante todo el mes de septiembre la maquinaria en estudio va presentar alguna falla por alguna razón.

Tabla 10 MTBF en el equipo pesado en el mes de octubre

MTBF-OCTUBRE			
CÓDIGO DE EQUIPO	EQUIPO	FALLAS	HORAS DE FALLA
460-410	EQUIPO PESADO D65EX (KOMATSU)	código call 03	18
		filtro de aire	9
		mangueras obsoletas	29
		cadena destemplada	15
		aceite de transmisión	16
		nivel de refrigerante de motor	9
		pérdida de fuerza	12
		aire acondicionado (recargar)	11
		cinturón de seguridad	14
		alarma de retroceso	7
		asiento	16
		radiador	20
		rodillos superiores	14
		call 04	15
		TOTAL, DE FALLAS	14
		TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO	630
		MTBF	45

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°10 se aprecia el tiempo medio entre fallo (MTBF), indicando que cada 45 horas en promedio durante todo el mes de octubre la maquinaria en estudio va presentar alguna falla por alguna razón.

3.5. Tiempo medio para reparar (MTTR)

Tabla 11 MTTR en el equipo pesado en el mes de agosto

MTTR-AGOSTO			
CÓDIGO DE EQUIPO	EQUIPO	FALLA	HORAS DE FALLA
460-410	EQUIPO PESADO D65EX (KOMATSU)	pérdida de fuerza	8
		filtro de aire	14
		fuga de aceite hidráulico	11
		cadena destemplada	13
		aceite de transmisión	17
		nivel de refrigerante de motor	12
		compuerta del compartimiento del motor	15
		filtro de aire acondicionado	11
		vástago y cilindro de inclinación	18
		rueda motriz	14
		rueda guía	20
		Ripper	17
		cantoneeras desgastadas	10
		TOTAL, DE HORAS ACUMULADAS	180
		TOTAL, DE FALLAS	13
		MTTR	14

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°11 se aprecia el tiempo medio para reparar (MTTR), indicando que en el mes de agosto el tiempo de reparación de la maquinaria va durar 14 horas en promedio, esto quiere decir que será la duración en ser reparada dicha maquinaria para que vuelva a su funcionamiento.

Tabla 12 MTTR en el equipo pesado en el mes de septiembre

MTTR-SEPTIEMBRE			
CÓDIGO DE EQUIPO	EQUIPO	FALLAS	HORAS DE FALLA
460-410	EQUIPO PESADO D65EX (KOMATSU)	cabinas hermetizadas	10
		filtro de aire	11
		fuga de aceite hidráulico	8
		cadena destemplada	21
		aceite de transmisión	12
		fuga de cilindros hidráulico	14
		código call 04	11
		pasamanos / escalones	9
		aceite de motor	12
		radiador	14
		mangueras	16
		tanque de combustible	10
		tanque de aceite hidráulico	16
		dispositivo limpia parabrisas	18
		TOTAL, DE HORAS ACUMULADAS	182
		TOTAL, DE FALLAS	14
		MTTR	13

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°12 se aprecia el tiempo medio para reparar (MTTR), indicando que en el mes de septiembre el tiempo de reparación de la maquinaria va durar 13 horas en promedio, esto quiere decir que será la duración en ser reparada dicha maquinaria para que vuelva a su funcionamiento.

Tabla 13 MTTR en el equipo pesado en el mes de octubre

MTTR-OCTUBRE			
CÓDIGO DE EQUIPO	EQUIPO	FALLAS	HORAS DE FALLA
460-410	EQUIPO PESADO D65EX (KOMATSU)	código call 03	18
		filtro de aire	9
		mangueras obsoletas	29
		cadena destemplada	15
		aceite de transmisión	16
		nivel de refrigerante de motor	9
		pérdida de fuerza	12
		aire acondicionado (recargar)	11
		cinturón de seguridad	14
		alarma de retroceso	7
		asiento	16
		radiador	20
		rodillos superiores	14
		call 04	15
		TOTAL, DE HORAS ACUMULADAS	205
		NUMERO DE FALLAS	14
		MTBF	15

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°13 se aprecia el tiempo medio para reparar (MTTR), indicando que en el mes de octubre el tiempo de reparación de la maquinaria va durar 15 horas en promedio, esto quiere decir que será la duración en ser reparada dicha maquinaria para que vuelva a su funcionamiento.

Tabla 14 Promedio del MTBF, MTTR Y LA Disponibilidad del equipo pesado

	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	PROMEDIO
TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO	630	630	630	630
TOTAL, HORAS ACUMULADAS	180	182	205	189
TOTAL, DE FALLAS	13	14	14	14
MTBF	48	45	45	45
MTTR	14	13	15	14
DISPONIBILIDAD	78%	78%	75%	77%

Fuente: Elaboración propia

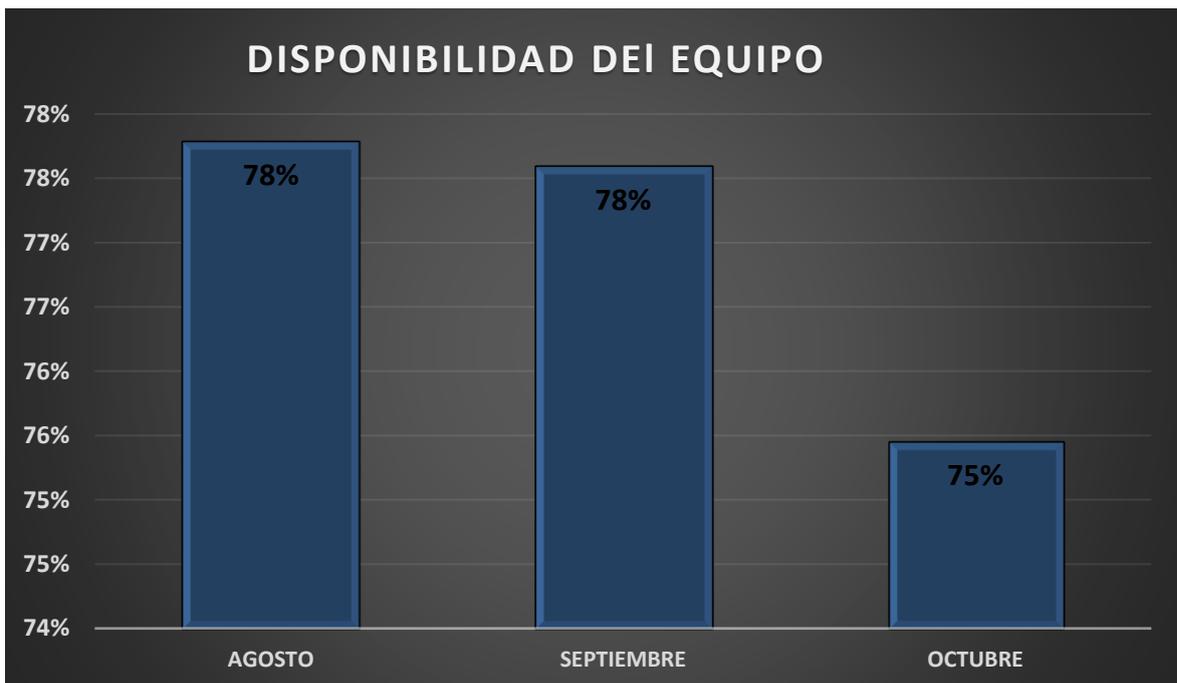


Figura 10 .Disponibilidad del equipo

IV. DISCUSIÓN

Con respecto al objetivo general la disponibilidad del equipo pesado, los resultados en la tabla N°14, muestran que la disponibilidad de la maquinaria pesada que se obtuvieron en el trabajo de estudio es de un 77% ya que se identificó y analizó las causas que originan la baja disponibilidad de la maquinaria, así mismo al ser comparados en la tesis de Herrera (2018) que tiene como resultado en su trabajo de investigación la disponibilidad de los equipos pesados a un 76.22% en promedio, estos resultados no varían mucho ya que actualmente no se está cumpliendo los planes de mantenimiento esto infiere la baja disponibilidad de las maquinarias, por ello un plan de mantenimiento preventivos es clave dentro de la empresa cumpliendo las recomendaciones y procedimiento establecidos.

Con respecto al objetivo específico 1, la confiabilidad y su indicador tiempo medio entre fallas (MTBF) del equipo pesado, los resultados mostrados en la tabla N°14 muestra que cada 45 horas en promedio durante el mes de agosto, septiembre y octubre la maquinaria se paró por alguna falla o avería identificando las causas totales, escases de repuestos, limpieza continua del filtro de aire, entre otros, por otro lado la mala gestión del mantenimiento genera mayor riesgo de avería, reduciendo la vida útil de la maquinaria, operación de los equipos. Así mismo al ser comparados en la tesis de Zurita (2017) mediante los indicadores de gestión de mantenimiento hubo un tiempo promedio entre fallas de 67 horas, quiere decir que por alguna razón tubo paradas inesperadas, indicando que hubo un plan de mantenimiento desactualizado, falta de planificación, falta de capacitación a los colaboradores, limitación de repuestos entre otros, estos datos indican que en ambos trabajos de investigación existen fallas y paradas inesperadas, generaron contratiempo y déficit en los recursos de la gestión presupuestal de la empresa.

Con respecto al objetivo 2, la mantenibilidad y su indicador tiempo medio en reparar (MTTR) del equipo pesado, los resultados mostrados en la tabla N°14 muestran que el tiempo promedio en reparación del equipo pesado será de 14 horas durante el mes de agosto, septiembre y octubre, esto indica que se tomará ese tiempo para ser reparada el equipo después de una avería o falla, volviendo a realizar su labor después del tiempo determinado, así mismo al ser comparados en la tesis de Barrientos (2017) manifiesta que en la tabla N°31 que el tiempo medio en reparación (MTTR) de los equipos pesados es de

11 horas del total promedio durante el año 2013 al 2017, indicando que es el tiempo promedio que se tomó para reparar el equipo después de presentarse alguna anomalía, teóricamente él MTTR nos permite evaluar el tiempo promedio para reparar la maquinaria por lo tanto es necesario la información correcta y autentica, ya que ingresar una data errónea puede alargar el tiempo de reparación del equipo pesado.

V. CONCLUSIONES

Conclusión general

- Se describió el comportamiento de la disponibilidad de la maquinaria Komatsu modelo D65EX de serie 460-410 en una service minera, Marcona 2019. La cual arrojó como resultado un 77 % de disposición de la maquinaria pesada.

Conclusión específica 1

- Se describió el comportamiento de la confiabilidad de la maquinaria Komatsu modelo D65EX de serie 460-410 en una service minera, Marcona 2019. la cual tuvo como resultado que cada 45 horas en promedio durante el mes de agosto, septiembre y octubre la maquinaria se paró por alguna falla o avería.

Conclusión específica 2

- Se describió el comportamiento de la mantenibilidad de la maquinaria Komatsu modelo D65EX de serie 460-410 en una service minera, Marcona 2019. La cual indica el tiempo promedio en reparación del equipo pesado será de 14 horas, esto quiere decir que la maquinaria pesada volverá a realizar su labor después del tiempo determinado en ser reparado.

VI. RECOMENDACIONES

Recomendación general

Se recomienda a la service implementar un plan de mantenimiento, cumpliendo con el control y los registros de la disponibilidad de los equipos pesados.

Recomendación específica 1

Se recomienda al responsable del área de mantenimiento de la service, seguir capacitando y evaluando periódicamente a los colaboradores, mediante nuevas técnicas y tecnologías para contrarrestar posibles anomalías en los equipos pesados.

Recomendación específica 2

Se recomienda implementar un software para archivar los procesos de reparación que se le va realizando a cada equipo.

REFERENCIAS

ACUÑA, Jorge. Ingeniería de confiabilidad. Costa Rica: Editorial Tecnológica de CR, 2003. 329 pp.

ISBN: 9977661413

ARIAS, Fidias. El proyecto de investigación. 6.a Ed. Caracas, Editorial Episteme, 2012. 143 pp.

ISBN: 980-07-8529-9

BUELVAS, Camilo & MARTINEZ, Kevin. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. tesis para obtener el título profesional de ingeniero mecánico. Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe, 2014. 76 pp. 153 pp. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1759/12/UPS-CT002328.pdf>

CREUS, Antonio. Fiabilidad y seguridad de procesos industriales. Barcelona: Marcombo, 1991. 128 pp.

ISBN: 8426708153

CASTILLO, Ricardo; PRIETO, Ana Teresa y ZAMBRANO, Egilde. Elementos de la gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas. *Negotium* [en línea]. 2013, 9(25), 55-85[fecha de Consulta 11 de octubre de 2019]. ISSN: 1856-1810 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/782/78228410004.pdf>

CORONADO, Alan. Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en el área de mantenimiento de flota vehicular de la empresa 77 S.A. tesis para obtener el título profesional de ingeniero industrial. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 107pp. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/30228/CORONADO_PAJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CARRASCO, Noel. Implementación de un nuevo plan de mantenimiento para la flota de camiones mineros- mina shougang. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero mecánico. Callao: universidad nacional del callao, 2018. 118 pp. Disponible en: http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3334/Carrasco%20Quispe_TITULO%20MECANICO_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CUATRECASAS, Lluís, TORREL, Francesca. TPM en un entorno lean management. Barcelona: editorial profit, 2010, 411 pp.

ISBN: 9788492956128

DUFFUAA, Salih, RAOUF, A. CAMPBELL, Jhon. Sistemas de mantenimiento planeación y control. México: editorial limusa, s.a. de C.V. grupo noriega editores Balderas 95, 2000. 415 pp.

ISBN: 9681859189

DOMIC, Juraj. Diseño y optimización de una pauta de mantenimiento para equipos móviles en una operación minera subterránea. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil industrial. Santiago de Chile, 2013. 77 pp. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115150/Disen%CC%83o-y-optimizacio%CC%81n-de-una-pauta-de-mantenimiento-para-equipos-mo%CC%81viles-en%20una-operacio%CC%81n-minera-subterra%CC%81nea.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

GOMEZ, Félix. Tecnología del mantenimiento industrial. España: Universidad de Murcia, 1998. 341 pp.

ISBN: 8483710080

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlo & BATISTA, María. Metodología de la investigación. 5ª ed. México D.F: McGraw Hill/Interamericana Editores.S.A. de C.V, 2010, 607 pp.

ISBN: 9786071502919

HU, Jiawen, JIANG, Zuhua & LIAO, Haitao. Preventive maintenance of a single machine system working under piecewise constant operating condition. ScienceDirect, 2017, 11 pp.

HERRERA, Alan. Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de equipos en la empresa San Martín contratistas generales S.A. en el proyector tantahuatay 2018. tesis para obtener el título profesional de ingeniero industrial. Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018. 231 pp.

KAICAN, Kang & VELUSAMY Subramaniam, Integrated control policy of production and preventive maintenance for a deteriorating manufacturing system. ScienceDirect, 2018, 12 pp.

KUBOKI & TAKATA. Selecting the Optimum Inspection Method for Preventive Maintenance. ScienceDirect, 2019, 6 p.

MALDONADO, Herman & SIGÜENZA, Luis. Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo. tesis para obtener el título de ingeniero mecánico. Cuenca – Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2012. 153 pp. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1759/12/UPS-CT002328.pdf>

PANAGIOTIDOU Sofia, TAGARAS George. Optimal preventive maintenance for equipment with two quality states and general failure time distributions. ScienceDirect, 2007, 30 p.

SANMARTÍ Eduart, ESPUÑA Antonio, PUIGJANER Luis. Batch production and preventive maintenance scheduling under equipment failure uncertainty. ScienceDirect, 1997, 12 pp.

VASCO, Mario. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículo livianos del GADM Santiago de Píllaro aplicando un software libre. Tesis para obtener el título de ingeniero mecánico. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2016. 275 pp. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24781/1/Tesis%20I.M.%20366%20-%20Vasco%20Robayo%20%20Mario%20Gustavo.pdf>

XIAO, Lei, [et al.] Joint optimization of production scheduling and machine group preventive maintenance. ScienceDirect, 2016, 11 p.

YAHYATABAR, Ali, ABBA, Amir. A quadratic reproduction based Invasive Weed Optimization algorithm to minimize periodic preventive maintenance cost for series-parallel systems. ScienceDirect, 2017, 26 p.

ANEXOS

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Variable: Mantenimiento preventivo							
	Dimensión 1 CONFIABILIDAD							
	MTBF= $\frac{\text{TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO}}{\text{NUMERO DE AVERIAS}}$ (MTBF) TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS	/		/		/		
	Dimensión 2 MANTENIBILIDAD							
	MTR= $\frac{\text{TIEMPO DE AVERIAS}}{\text{NUMERO DE AVERIAS}}$ (MTR) TIEMPO MEDIO PARA REPARAR	/		/		/		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Juan Alvarado Suidi Novoa DNI: 42209023

Especialidad del validador: Industria Sostenible

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

.....de.....del 20...



 Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Variable: Mantenimiento preventivo							
	Dimensión 1 CONFIABILIDAD							
	MTBF= <u>TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO</u> <u>NUMERO DE AVERIAS</u> (MTBF) TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS	/		/		/		
	Dimensión 2 MANTENIBILIDAD							
	MTR= <u>TIEMPO DE AVERIAS</u> <u>NUMERO DE AVERIAS</u> (MTR) TIEMPO MEDIO PARA REPARAR	/		/		/		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

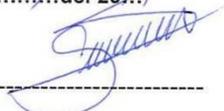
Apellidos y nombres del juez validador, Dr/ Mg: Jorge Malpartida G. DNI: 10400346

Especialidad del validador: Ing. Industrial

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

1 de 1 del 2019



Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Variable: Mantenimiento preventivo o							
	Dimensión 1 CONFIABILIDAD							
	MTBF= $\frac{\text{TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO}}{\text{NUMERO DE AVERIAS}}$ (MTBF) TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS	L		L		L		
	Dimensión 2 MANTENIBILIDAD							
	MTR= $\frac{\text{TIEMPO DE AVERIAS}}{\text{NUMERO DE AVERIAS}}$ (MTR) TIEMPO MEDIO PARA REPARAR	L		L		L		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Es suficiente

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr./Mg: Dr. José Raúl Rodríguez Celis DNI: 06739212

Especialidad del validador: Experto Informante

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

.....de.....del 20...


 Firma del Experto Informante.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable: Mantenimiento preventivo

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	"El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y confiabilidad del equipo. La disponibilidad del equipo puede definirse como la probabilidad de que un equipo sea capaz de funcionar siempre que se le necesite. La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que el equipo esté funcionando en el momento. El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado" (Duffuaa et al. 2000, p. 76).	Metodo que consiste en aplicar el plan de mantenimiento preventivo para disminuir las fallas en el equipo pesado komatsu modelo D65EX de serie 460-410, mediante los indicadores de MTBF Y MTTR	Confiabilidad	$MTBF = \frac{\text{Tiempo de Funcionamiento}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$	Razón
			Mantenibilidad	$MTTR = \frac{\text{Tiempo de averías}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$	Razón

Fuente: Elaboración propia.

DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Variable: Mantenimiento preventivo

"El Mantenimiento preventivo se define como el aseguramiento de que una instalación, un sistema de equipos, una flotilla u otro activo fijo continúen realizando las funciones para las que fueron creados, entonces el mantenimiento preventivo es una serie de tareas planeadas previamente que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de dichas funciones". (Duffuaa, Raouf & Campbell, 2000, P. 75).

Dimensiones de las variables:

Dimensión 1 confiabilidad

"La confiabilidad difiere de la confianza en que la primera se refiere a un valor numérico asociado al desempeño producto en funcionamiento y al proceso de manufactura, mientras que la segunda se refiere al valor real que tienen algunos parámetros pertenecientes a características de calidad del producto, por lo que es un concepto netamente estadístico". (Acuña, 2003. p. 17)

Dimensión 2 mantenibilidad

"la mantenibilidad está basada en la distribución normal de los tiempos de reparación, de modo que la distribución estadística quedará fijada por el tiempo medio de reparación y la desviación estándar. De este modo, la mantenibilidad es el tiempo total bajo el que puede esperarse que se reparen un porcentaje fijos de fallos". (Creus, 1991, p.37)