



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO EN LA EMPRESA W&J MINERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Percy Elvis Coro Cerquín
Segundo Roger Cotrina Cieza

Asesor:

Ing. Mg. Luis Roberto Quispe Vásquez

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A nuestros padres, hermanos y familiares en general por guiarnos por el camino del bien, y por apoyarnos en nuestra formación personal y profesional.

Percy Coro y Roger Cotrina.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos la vida y salud para continuar con nuestras metas.

A nuestros padres y hermanos por su apoyo constante, a nuestras esposas por darnos los ánimos a lo largo de nuestra carrera profesional.

A nuestros docentes de la carrera de Ingeniería Industrial, por brindarnos sus mejores enseñanzas.

Percy Coro y Roger Cotrina.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Realidad problemática	8
1.2. Formulación del problema	10
1.3. Objetivos	10
1.4. Hipótesis	11
1.5. Operacionalización de variables	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	12
2.1. Tipo de investigación	12
2.2. Materiales, instrumentos y métodos	12
2.3. Procedimiento.....	20
2.4. Aspectos éticos	22
CAPÍTULO III. RESULTADOS	23
3.1. Diagnóstico actual de la empresa.....	23
3.2. Diseño del Sistema de mantenimiento preventivo de los equipos mineros.....	36
3.3. Estimación de la disponibilidad al implementar el sistema de mantenimiento	68
3.4. Análisis económico.....	72
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	73
4.1. Discusión	73
4.2. Conclusiones.....	74
REFERENCIAS	76
ANEXOS	81
Anexo N° 1. Guía de Entrevista	82
Anexo N° 2. Ficha resumen.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Operacionalización de las variables.	11
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de investigación.....	13
Tabla 3 Valoración de la viabilidad y aplicación de técnicas e instrumentos.....	13
Tabla 4 Determinación de fallas y paradas de equipos.....	14
Tabla 5 Ficha resumen de reportes.....	21
Tabla 6 Coordenadas UTM de la concesión minera no metálica "COLQUIRRUMI 49 B".	23
Tabla 7 Datos generales de la empresa.....	23
Tabla 8 Especificaciones técnicas de la excavadora utilizada.....	26
Tabla 9 Dimensiones de la Excavadora JCB.....	27
Tabla 10 Límites de alcance de la excavadora JCB 220LC.....	28
Tabla 11 Características de la camioneta 4x4.....	30
Tabla 12 Utilización de los equipos.....	33
Tabla 13 Utilización de los equipos.....	34
Tabla 14 Porcentaje de mantenimientos correctivos.....	34
Tabla 15 Horas de mantenimientos planificados.....	34
Tabla 16 Disponibilidad de los equipos.....	35
Tabla 17 Resumen de los indicadores actuales.....	35
Tabla 18 Formato inspección diaria excavadoras.....	37
Tabla 19 Formato Inspección diaria: Bobcat y retroexcavadora.....	39
Tabla 20 Formato solicitud de mantenimiento.....	40
Tabla 21 Registro de mantenimiento preventivo de la excavadora.....	43
Tabla 22 Registro de mantenimiento preventivo de la retroexcavadora y bobcat.....	46
Tabla 23 Registro de mantenimiento preventivo del volquete.....	49
Tabla 24 Registro de mantenimiento preventivo de la camioneta.....	53
Tabla 25 Plan motor de excavadora.....	60
Tabla 26 Plan transmisión excavadora.....	61
Tabla 27 Plan sistema hidráulico excavadora.....	62
Tabla 28 Plan frenos excavadora.....	63
Tabla 29 Plan sistema eléctrico excavadora.....	63
Tabla 30 Plan carrocería y cabina excavadora.....	64
Tabla 31 Plan motor retroexcavadora.....	64
Tabla 32 Plan transmisión, puente y dirección.....	65
Tabla 33 Plan sistema hidráulico.....	66
Tabla 34 Plan frenos.....	67
Tabla 35 Plan sistema eléctrico.....	67
Tabla 36 Plan carrocería y cabina.....	68
Tabla 37 Comparativo teórico de disponibilidad.....	70
Tabla 38 Mejoras de la disponibilidad de los equipos.....	70
Tabla 39 Resumen de los indicadores mejorados.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Gráfico de JackNife.	15
Figura 2. Esquema del diagrama de Ishikawa.	16
Figura 3: Esquema del diagrama de Pareto.	17
Figura 4: Diseño de gestión de mantenimiento.	19
Figura 5: Modelo de reporte de fallas en una hoja excel.	20
Figura 6: Características de la retroexcavadora.	26
Figura 7. Características de la excavadora JCB utilizado en la empresa Acuario.	29
Figura 8. Diagrama de Ishikawa.	31
Figura 9. Diagrama de Pareto de las causas del problema.	33
Figura 10. Proceso de creación de presupuesto.	58

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo en la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C. Para ello se plantearon objetivos específicos como diagnosticar la situación actual de la disponibilidad mecánica, plantear una propuesta de diseño de gestión de mantenimiento que permita optimizar los problemas ocasionados por el mantenimiento actual, evaluar las mejoras que se obtienen con la implementación del diseño de gestión de mantenimiento y realizar el análisis económico. El diagnóstico de la situación actual determina que el problema principal que afecta a los equipos es la baja disponibilidad, lo cual se debe a la falta de un sistema de mantenimiento preventivo, sus fallas son frecuentes, es por ello que urge medidas de mejora. La disponibilidad de la retroexcavadora JCB fue 44.38%, de la excavadora JCB fue 47.37%, el volquete 18 cubos fue 60.26%, de la camioneta Hilux fue 59.94% y del Bobcat JCB fue 30.86%. El sistema de mantenimiento de los equipos consiste en la elaboración de las fichas de mantenimiento preventivo, formato de inspección diaria, formato de solicitud de mantenimiento, formato de registro de mantenimientos preventivos y la estimación de tiempos de mantenimientos. El sistema de mantenimiento incrementó la disponibilidad de la retroexcavadora JCB a 49.63%, de la excavadora JCB a 52.62%, el volquete 18 cubos a 65.51%, de la camioneta Hilux a 65.19% y del Bobcat JCB a 36.11%, las mejoras se han determinado mediante un análisis de los antecedentes teóricos ya que la investigación no está implementada. El diseño del sistema de mantenimiento para los equipos es viable, ya que tiene un TIR de 45%, un VAN de 24,899.83 soles y una relación Beneficio/Costo 1.39 soles.

Palabras clave: Sistema de gestión de mantenimiento, disponibilidad mecánica, carguío y acarreo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial se entiende que, de la competitividad de la empresa, surge la necesidad de optimizar los procesos en general para lograr así un desarrollo sostenible, y a su vez un beneficio económico y social (Corrales, 2014). Las empresas del rubro de minería utilizan gran cantidad de recursos, y uno de los costos más altos es en mantenimiento de equipos de línea amarilla, los cuales como su nombre lo dice están sometidos a arduos y constantes trabajos en terrenos que no siempre presentan la misma dificultad y de ellos depende el avance de la producción (Martínez, 2015).

El alcance del proyecto está determinado por un diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo en una empresa minera. La empresa en la que se desarrollará el estudio trabaja con equipos de línea amarilla propios los cuales deben ser administrados por el proyecto minero en el que se encuentre, esto ocasiona muchas veces bajas en la disponibilidad por las constantes paradas por fallas o mantenimiento deficiente, actualmente en la empresa, se tiene el concepto errado de mantenimiento, confundiéndolo con reparación, sin embargo, debería someterse bajo el slogan de prevenir antes de reparar.

Valdivia (2012) en su tesis: “*Gestión de mantenimiento y reparación de equipo pesado en la construcción de carreteras*”, sigue los procedimientos de seguridad aprobados mediante un Procedimiento Operativo Estandarizado (POE) de mantenimiento y utiliza las inspecciones preventivas se implantó un formato de control de equipos antes de iniciar la jornada de trabajo. El área de mantenimiento diariamente levanta las observaciones de los equipos al realizar los trabajos preventivos y correctivos respectivos; lo cual se ha mejorado con el mantenimiento autónomo, que consiste en

revisiones y reparaciones pequeñas realizadas por el mismo operador, sin la intervención del mantenedor.

Por otra parte, Buelvas y Martínez (2014) en su tesis: *“Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Empresa L&L”*, determina que el personal de servicio técnico debe mejorar su entrenamiento en sistemas de inyección electrónica. La obtención de los repuestos debe mejorar la anticipación del pedido a los proveedores, con lo que se mejorará la mantenibilidad de los equipos. El plan de mantenimiento preventivo consiste en la elaboración de fichas de control por cada equipo y de acuerdo a las horas trabajadas, es decir mantenimientos a las 250, 500, 750, 1000 y 1250 horas, asimismo se mejoró la disponibilidad de los equipos empleados.

En Perú, las empresas que cuentan con equipos de movimiento de tierras tienen deficiencias operacionales, por ello Araujo y Romero (2016) proponen un plan de mantenimiento de los volquetes en el área de operaciones – movimiento de tierras de la empresa El Imperio SRL; en dicho estudio la disponibilidad inicial es 83% en el volquete Volvo, mediante la aplicación de estrategias de mantenimiento como lo es el mantenimiento preventivo y predictivo, también el estudio de tiempos y un análisis situacional que se incrementa a 96%, por lo cual, consideraron que la investigación es viable.

Además de los elevados costos de mantenimiento correctivo, ya que es necesario incurrir en costos de mano de obra calificada y en pérdidas económicas por avance de su frente de explotación. Las paradas sorpresivas de los equipos de carguío y acarreo de roca caliza tienen un impacto mayor en el tiempo perdido, ya que muchas veces para no incurrir en penalidades se opta por el pago de horas extras por mano de obra calificada. Cuando los daños en los equipos son mayores la empresa se ve obligada a

alquilar equipos de otra empresa hasta reparar los dañados. Además, las paradas también ocasionan problemas logísticos, ya que las paradas retrasan el trabajo y obligan a modificar los cronogramas de avance y abastecimiento. El incumplimiento de tiempos en la ejecución de obras además de penalidades económicas con la institución suele traer también problemas sociales. Actualmente la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C, reporta pérdidas de 50 dólares por hora de cada equipo parado.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo en la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C.?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo en la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo en la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C.
- Plantear una propuesta de diseño de gestión de mantenimiento que permita optimizar los problemas ocasionados por el mantenimiento actual en la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C.

- Estimar las mejoras que se obtienen con la implementación del diseño de gestión de mantenimiento de los equipos de carguío y acarreo en la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C.
- Realizar el análisis económico del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C

1.4. Hipótesis

El diseño de un sistema de gestión de mantenimiento mejorará de la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo en la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C.

1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1
Operacionalización de las variables.

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento (variable independiente)	Conjunto de tareas preventivas a un equipo con la finalidad de cumplir los objetivos de disponibilidad, fiabilidad, costo, y como objetivo principal incrementar al máximo la vida útil del equipo (Bonzi, 2016).	Utilización de los equipos	% de Utilización
		Operatividad de los equipos	% de horas operativas % de mantenimientos correctivos
Disponibilidad de los equipos de carguío y acarreo (variable dependiente)	Representa el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo se encuentra apto para su uso y operatividad, tomando en cuenta los tiempos por paradas imprevistas o fallas (Chávez y Espinoza, 2016).	Tiempo de funcionamiento	Cantidad de horas de mantenimiento planificado Tiempo medio de reparación (MTTR)
		Confiability del equipo	Tiempo medio entre fallas (MTBF) Porcentaje de disponibilidad del equipo

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según su propósito: la investigación realizada fue Aplicada ya que el mantenimiento de equipos, fue creado a fines de la década de los sesenta, por ello sólo se aplicaron conceptos y teorías conocidas, es decir se están aplicando teorías de mantenimiento ya definidas en una empresa real.

Según su profundidad: La investigación fue Explicativa porque se examinó la relación entre las dos variables que son disponibilidad mecánica y gestión de mantenimiento.

Según la naturaleza de datos: La investigación fue Cuantitativa ya que se contuvo el análisis de indicadores operativos, los cuales se determinaron mediante procesos de medición.

Según su manipulación de la variable: en esta investigación fue Pre Experimental, porque se pretende controlar parcialmente las variables de investigación.

2.2. Materiales, instrumentos y métodos

2.2.1. Materiales

- Equipos de cómputo.
- Material de escritorio.
- Cámara fotográfica.
- Memoria de almacenamiento externa (USB).
- Impresora.

2.2.2. Instrumentos

En la tabla 2, se detallaron las técnicas e instrumentos relacionados con el primer objetivo específico, ya que sólo en ese objetivo se ha levantado información.

Tabla 2
Técnicas e instrumentos de investigación.

Objetivo específico	Técnica	Instrumento	Fuente bibliográfica de la técnica
Diagnosticar la situación real de la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo de la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C.	Revisión documental	Ficha resumen	(Galván, 2013)
	Entrevista	Guía de entrevista (Ver anexo 1)	(Rivera, 2015)
Plantear una propuesta de diseño de gestión de mantenimiento que permita mejorar los problemas ocasionados por el mantenimiento actual en la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C.	Revisión documental	Ficha resumen	(Súarez, 2015)
Evaluar las mejoras que se obtienen con la implementación del diseño de gestión de mantenimiento de los equipos de carguío y acarreo de la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C.	Revisión documental	Ficha resumen	(Bances, 2017)
Realizar el análisis económico del diseño del sistema de gestión de mantenimiento en la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C.	Revisión documental	Ficha resumen	(Cabrera, 2016)

Luego de decretar los instrumentos que se van a emplear, se valoró su viabilidad y su aplicación en la Tabla 3.

Tabla 3
Valoración de la viabilidad y aplicación de técnicas e instrumentos.

Preguntas Generales	Si / No	Acciones por tomar
¿Se tiene acceso para levantar la información de los equipos empleados en el carguío y acarreo en la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C?	Sí	-

2.2.3. Método

La metodología se ha estructura de acuerdo a los objetivos de la investigación:

a. Metodología seguida para el diagnóstico de los equipos de carguío y acarreo

Gráfico JackNife: Se utilizó ya que según Rivera (2015) explicó que este gráfico permite detectar fácilmente los problemas que dañan a la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos que se están analizando (p.19).

Para la elaboración de este diagrama primero se contabilizaron la cantidad de paradas de equipos mensuales desde enero hasta diciembre del 2019, posteriormente se determinó el MTTR de las fallas utilizando la ecuación 1:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de inactividad}}{\text{número de fallas}} \quad (1)$$

Estos datos se organizaron en una tabla como la que se observa en la tabla 4.

Tabla 4
Determinación de fallas y paradas de equipos.

SÍNTOMA DE FALLA	Mes 1	Mes 2	...	Mes n	# de fallas	Tiempo MTTR
⋮						
TOTAL, DE EVENTOS MENSUALES						

De la tabla 4, se tomaron los datos de número de fallas y MTTR, y con ellos se realizó un cuadro de doble entrada para generar el gráfico de dispersión. En el eje Y, estuvieron los MTTR, y en el Eje X, los números de fallas, y se obtuvo un diagrama como el representado en la figura 2. El diagrama de separación fue dividido en cuatro cuadrantes que permitieron que las fallas sean clasificadas en:

- Graves: estas fallas se ubican en el cuadrante superior izquierdo de la figura 1, y son aquellas que tienen un tiempo de paradas extenso, por lo cual la mantenibilidad del equipo es ineficiente.
- Crónico: son las fallas que se encuentran en el cuadrante inferior derecho de la figura 1, y se presentan repetitivamente, por lo cual la confiabilidad del equipo es baja.

- Grave/Crónico: estas fallas se encuentran en el cuadrante superior derecho de la figura 1, en esta zona se encuentran las fallas que involucran la ineficiencia de mantenibilidad, y la reducción de confiabilidad, la cual se refleja en una No Disponibilidad.
- Leve/poco frecuente: son las fallas que se encuentran en el cuadrante inferior izquierdo de la figura 1, y son aquellas que son cortas y pocas, por lo tanto, son de menos importancia con referencia a las demás.

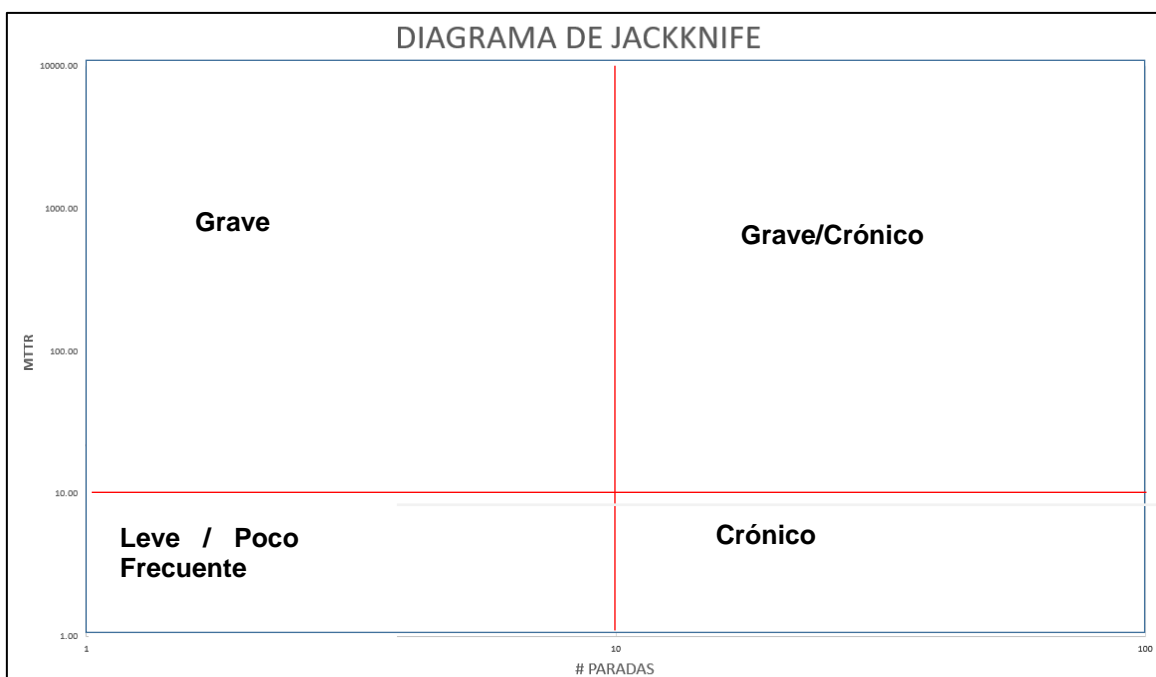


Figura 1: Gráfico de JackNife.

Una vez determinado el grupo de fallas más frecuentes se procedió a analizar cada una de sus causas, mediante el diagrama de Ishikawa el cual permite analizar 5 áreas (Lu, 1997).

Diagrama de Ishikawa: Consiste en una representación gráfica en la cual se visualiza las causas que originan un problema específico (Ishikawa, 1943).

En el diagrama utilizado se diferencié 5 ramas de las posibles causas que son:

- Máquina: se analizó cada máquina empleada y su funcionamiento, su metodología de trabajo y su configuración.

- Método: Se enfocó en preguntarse si se están haciendo las cosas bien y si hay alguna forma de mejorarlas.
- Materiales: se analizó las características del material en los repuestos y sus condiciones.
- Mano de obra: se identificaron las fallas causadas por la mano de obra, ya que si bien es cierto que son los procesos los que fallan, éstos se llevan a cabo por trabajadores.
- Medio ambiente: se tomó en cuenta las condiciones reales para garantizar que son las más adecuadas para realizar el trabajo.

El diagrama Ishikawa modelo se visualiza en la figura 2.

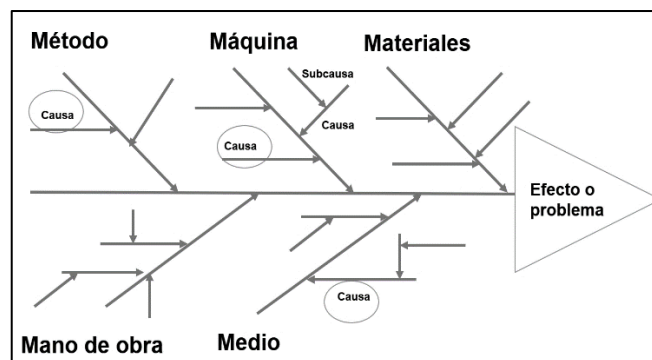


Figura 2. Esquema del diagrama de Ishikawa.

Identificadas las causas, mediante frecuencias de ocurrencia se separó las más relevantes con el principio de Pareto, sugerido por Stachú, (2004).

Diagrama de Pareto: Es una técnica gráfica que clasifica causas en orden de mayor a menor frecuencia y permite asignar un orden de prioridades, manteniendo principios como pocos vitales, muchos triviales (Izar y Gonzáles, 2004).

Se inició listando las causas del problema principal identificado en el diagrama de Ishikawa, se las agrupó y ordenó por su ocurrencia de mayor a menor, luego se calculó la frecuencia normalizada y la frecuencia acumulada; con estos datos se preparó un gráfico de triple entrada como el que se muestra en la figura 3; en su eje X se encuentran las causas de las fallas, en el eje Y1 se colocó la frecuencia y

en el eje Y2 estuvieron las frecuencias acumuladas. La fuente que se van a solucionar son los pocos vitales que se encuentran al lado izquierdo de la intersección entre el 80% de la frecuencia acumulada y la causa (en el caso de la figura 3, los pocos vitales son la causa 1 y 2).

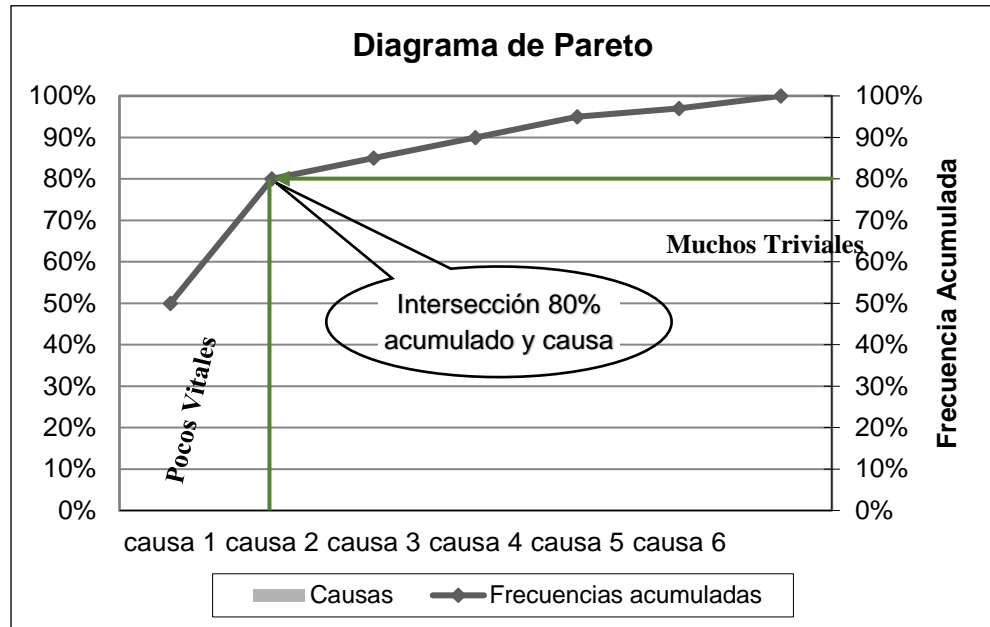


Figura 3: Esquema del diagrama de Pareto.

Con el diagrama de Pareto se finalizó el diagnóstico de la situación actual. Paralelamente, se evaluó la situación actual de los indicadores operacionales del equipo de movimiento de tierras:

b. Metodología seguida para la medición de la disponibilidad actual:

Avendaño (2017), establece una fórmula para calcular la disponibilidad de los equipos, la cual se muestra en la ecuación 2, este indicador se mide mensualmente, la disponibilidad esperada lo ha establecido la empresa mediante el área de mantenimiento en un 95%.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad (2)$$

Luego de calcular la disponibilidad por mes, se elaboró el gráfico de frecuencia, en el eje X se colocó su frecuencia mensual y en el eje Y se representó la disponibilidad.

c. Metodología para evaluar el tipo de mantenimiento actual

Política de gestión de mantenimiento

- Los colaboradores de la empresa deben portar el equipo de protección personal (EPP) correspondiente para realizar sus faenas de mantenimiento.
- Los colaboradores de mantenimiento deberán tener trato cortés, respetuoso y amable con todos los integrantes de la empresa.
- Los colaboradores de mantenimiento deberán entregar cada fin de semana un reporte de las tareas asignadas para esa semana.

Cabrera (2015), argumenta que el análisis de un mantenimiento se realiza mediante la evaluación del cumplimiento de las actividades tales como correctivo, preventivo y predictivo. Para cada equipo se determina las actividades a realizar en cada tipo de mantenimiento. el porcentaje de cumplimiento se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de cumplimiento} = \frac{\text{actividades cumplidas}}{\text{actividades programadas}} \quad (3)$$

d. Metodología para el diseño de gestión de mantenimiento

El diseño de la gestión de mantenimiento para reducir las demoras identificadas, se diseñó siguiendo la secuencia de la figura 4.

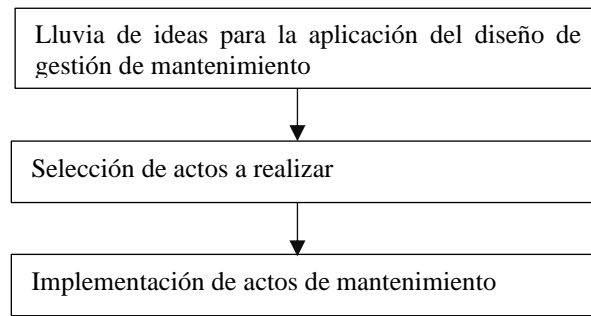


Figura 4: Diseño de gestión de mantenimiento.

e. Metodología para realizar el análisis económico del diseño del sistema de gestión de mantenimiento

Para el análisis económico, se determinaron los costos de inversión fija que se requiere para la implementación de un diseño del sistema de gestión de mantenimiento. Con estos datos se determinaron el VAN y TIR, utilizando las fórmulas siguientes:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{B_i - C_i}{(1+k)^i} \quad (4)$$

Donde:

I_0 : Inversiones inicial.

B_i : Ingresos.

C_i : Costos y gastos proyectados.

n : periodo del proyecto.

K : Tasa de descuento.

$$TIR = \sum_{i=0}^n \frac{Q_n}{(1+i)^n} = 0 \quad (5)$$

Donde:

n : periodo del proyecto.

i : Inversión inicial.

Q_n : Flujo de caja en un periodo n .

2.3. Procedimiento

En la primera etapa se elaboró los instrumentos para poder levantar la información, de acuerdo a la data necesaria para el desarrollo de la investigación fue necesario recurrir a la observación del proceso de mantenimiento y a una entrevista con un responsable.

2.3.1. Ficha resumen

El objetivo de la ficha resumen fue seleccionar a los reportes de fallas concernientes a los equipos de movimiento de tierras. La ficha implicó tres tipos de falla, equipo implicado y duración de la falla que se tienen acceso a 365 reportes durante el 2019 de fallas referentes a todo el proceso de mantenimiento, las fallas han sido reportadas en una hoja excel (ver figura 5).

ITEM	SEMANA	LOCACIÓN	EQUIPO	SISTEMA	FUNCIONAL	COMPONENTE	MODO DE FALLA	RECOMENDACIÓN / COMENTARIOS	NOTIFICACIÓN	PRIORIDAD	ORDEN	FECHA CREACIÓN	FECHA CIERRE	DÍAS RETRASO	COMENTARIOS TRABAJO REALIZADO	OBSERVACIONES

Figura 5: Modelo de reporte de fallas en una hoja excel.

Los datos sirvieron de insumo para el cálculo de la disponibilidad y para la identificación de las fallas más frecuentes e impactantes. Los reportes del excel, han sido brindados por el área de Mantenimiento de Equipos, y se resumieron utilizando la Tabla 5.

Tabla 5
Ficha resumen de reportes.

Ficha Resumen de Reportes
Área:
Tipo de falla:
Equipo implicado:
Duración de la falla:
Observación:

Fase de aplicación

La ficha resumen se aplicó en doce ocasiones, para determinar las fallas mensuales, analizando los reportes de la empresa.

La aplicación de la ficha resumen duró tres días, se analizaron un total de 364 reportes de fallas.

Fase de procesamiento de datos

De los datos obtenidos en la ficha se seleccionaron las fallas concernientes a los equipos de carguío y acarreo. Las fallas elegidas se han procesado los datos en Excel, y sirvieron para generar el diagrama de Jack Nife.

2.3.2. Guía de entrevista

La entrevista se realizó al Jefe de Mantenimiento de Equipos, quien es el colaborador que tiene más conocimiento del tema en el área.

La entrevista está compuesta por 10 preguntas abiertas, la primera pregunta se enfocó en conocer la secuencia del proceso de mantenimiento, la segunda pregunta estuvo orientada en conocer los equipos que se utilizan en dicho proceso, la tercera pregunta se realizó con la finalidad de conocer el material movido y la cuarta pregunta fue para conocer los parámetros operativos de los equipos de movimiento de tierras. La quinta pregunta se enfocó en conocer el estado actual de la disponibilidad. Las preguntas 6, 7 y 8 sirvieron para conocer

el histórico de fallas, sus causas, la frecuencia y la duración de cada una de ellas. Finalmente, las preguntas 9 y 10 ayudaron a identificar las mejoras que se deben aplicar en esta investigación y las actividades que se deben seguir para mejorar la disponibilidad de los equipos de mantenimiento.

El lugar de la entrevista fue en la oficina de la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C, se llevó el material de recolección de datos como la entrevista impresa, un lápiz y un borrador. Se inició la entrevista saludando al entrevistado y agradeciendo por su disposición de tiempo, la conversación no siguió un esquema rígido de desarrollo, razón por la cual fue posible (y a veces) retroceder y retomar temas ya tratados. La entrevista duró 30 minutos, y la relación entrevistador-entrevistado fue amistosa.

Los datos obtenidos en la entrevista se plasmaron en un documento, con esos datos se realizó el diagrama de Ishikawa, diagrama de JackkNife, Diagrama de Pareto y se analizó los indicadores operacionales.

2.4. Aspectos éticos

La información obtenida en la empresa Colquirrumi 49B S.AC. Cajamarca será lo más imparcial posible, a los trabajadores entrevistados se les informó de todo el procedimiento a seguir, del objetivo del estudio y cuál sería su participación en este, con lo que se aseguró que las respuestas obtenidas fueron sinceras y objetivas. Para el proceso de interpretación de datos, discusiones y conclusiones se tiene como base fundamentos científicos y teóricos ya existentes, usando pensamiento crítico sin prejuicios ni subjetividades; se ha respetado el método científico y normativa indicada por la Universidad en el cual implica no cometer ningún tipo de anomalía, ni alteración de resultados de la información teórica o práctica obtenida para lo cual se debe reconocer correctamente el trabajo de cada investigador y sus derechos de autor.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico actual de la empresa

3.1.1. Identificación de la empresa

Esta área se encuentra dentro de la concesión COLQUIRRUMI 49 B con contrato de explotación a favor de la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C, comprendiendo 99.9977 has de extensión y cuyas coordenadas UTM correspondientes a la zona 17 (PSAD-56).

Tabla 6

Coordenadas UTM de la concesión minera no metálica "COLQUIRRUMI 49 B".

CUADRO DE COORDENADAS UTM – COLQUIRRUMI N°49 – B		
VERTICE	ESTE	NORTE
A	769139.3800	9256156.4300
B	769066.5800	9255159.0800
C	770063.9200	9255086.2800
D	770136.7300	9256083.6200

La empresa W&J minería y construcción es accionista de la concesión por división Colquirrumi N°49B de 3.7% acciones. El yacimiento no metálico se ubica en Apán Bajo, perteneciente al distrito de Bambamarca, provincia Hualgayoc y región Cajamarca.

Tabla 7

Datos generales de la empresa.

Partida Registral	SÍ
R.U.C	20491715872
Domicilio Legal	Jr. Bélgica 300 interior 2
Teléfono	974111589
Representante Legal	Julissa Urrutia Carrera
Cargo	Gerente General
Nombre de la Unidad	COLQUIRRUMI N°49B
Tipo de Concesión	Concesión por División
Nombre de las operaciones	Actividades en Curso "COLQUIRRUMI N° 49 B"
Área de la concesión	99.9977 Hectáreas
Área de propiedad W&J	3.7 Hectáreas
Auto calificación	Pequeño Productor Minero
Productos Generados	Cal granada y Cal molida

3.1.2. Descripción del proceso de obtención de la Cal

La piedra caliza es usada, directamente en su forma pura, o indirectamente como cal, (Óxido de Calcio) en muchas industrias. La producción de cal es uno de los procesos químicos más antiguos conocido por el hombre, data de civilizaciones ancestrales como Grecia, Roma y Egipto. Hoy, la cal es usada en la producción de cemento, jabón, acero, caucho, productos farmacéuticos, barniz, insecticidas, alimentos para planta, alimentos para animales, papel, yeso y en la industria minera. Muchos tipos de productos, producidos alrededor del mundo, son en una forma u otra, producidos empleando cal.

La empresa W&J Minería y Construcción obtiene contrato de explotación dentro la concesión COLQUIRRUMI N°49B, en enero del 2016 esta concesión se divide donde la empresa W&J Minería y Construcción obtiene 3.7% de acciones. La representante legal es la sra. Julissa Katerine Urrutia Carrera, quien busca la formalización minera.

Políticamente pertenece al Caserío Apán Bajo, Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Departamento y Región de Cajamarca.

Las actividades que comprende son: Explotación de la caliza por método superficial en bancos, acarreo a la zona de chancado, luego a los hornos; la etapa de producción de cal comprende la calcinación, transporte interno, molienda almacenaje y comercialización de este producto. Geológicamente, las rocas pertenecen a la Formación Cajamarca, con ocurrencia de una secuencia de calizas potentes con intercalaciones de lutitas, se asume que la potencia de esta formación son 600 metros, pero sólo es visible 8 metros del talud de explotación. El componente económico son las calizas con la finalidad de producir óxido de calcio tanto granado como molido.

Consta de las principales instalaciones:

- Cantera de caliza.
- 03 hornos.
- 01 molino.
- Almacenes de cal granada y molida.
- Desmontera de cantera.
- Desmontera de cal
- Desmontera de top soil.
- Zona de chancado de carbón.
- Zona de chancado de caliza.
- Infraestructura de servicios (SSHH, comedor, cocina, etc.)

En la cantera se realizan las actividades de extracción mediante perforación y voladura, el material arrancado de la roca madre es trasladado a la zona de chancado de caliza, donde se le da las medidas adecuadas para su posterior calcinación.

Las rocas con las medidas óptimas son trasladadas al horno e intercaladas con capas de carbón antracita. El producto de esta calcinación es el óxido de calcio granada la cual es seleccionada y almacenada para su posterior comercialización.

En algunos casos la producción será cal molida producto de la molienda de la cal granada, esta es almacenada en costales y luego comercializada.

3.1.3. Equipos empleados en el carguío y acarreo

a. Retroexcavadora JCB 3CXTT

En la mina se cuenta con 1 de estas unidades.

- Profundidad de excavación 4.45 m
- Alcance desde el pivote de balanceo 5.44 m
- Alcance desde el centro del eje trasero 6.63 m

- Profundidad de excavación 4.45 m
- Alcance desde el pivote de balanceo 5.44 m
- Alcance desde el centro del eje trasero 6.63 m
- Altura operativa máxima 5.38 m
- Altura de carga 3.40 m

- **Capacidad de mantenimiento recomendado:**
 - Sistema de enfriamiento 18.5 ltr
 - Tanque de combustible 160 ltr
 - Aceite de motor con filtro 15 ltr
 - Caja de velocidad con filtro 16 ltr
 - Eje trasero 16 ltr
 - Eje de tracción frontal 16 ltr
 - Sistema hidráulico incl. el tanque 117 ltr



Figura 6: Características de la retroexcavadora.

b. Excavadora JCB 220LC

Tabla 8

Especificaciones técnicas de la excavadora utilizada.

Fabricadas en	Brasil	
Potencia en el volante	1.03 Kw	138 hp
Capacidades del cucharón	0.45 – 1.5 m ³	0.59 – 1.96 yd ³
Modelo de motor	C6.4 ACERT	
RPM nominales del motor	1 800	
Número de cilindros	6	
Calibre	102 mm	4"
Carrera	130 mm	5"
Cilindrada	6.4 L	391 pulg ³
Caudal máx. de la bomba hidráulica	2X205 L/min	2X54 gpm
Máxima tracción en la barra de tiro	206 kN	46.311 lb
Ancho de zapata estándar	600 mm	2 ¹ / ₀ "
Longitud total de la cadena	4075 mm	13 ¹ / ₄ "
Área de contacto con el suelo con zapatas estándar	4.26 m ²	6600 pulg ²
Entrevería	2200 mm	7 ¹ / ₃ "
Capacidad de llenado del tanque de combustible	410 L	108 gal.
Sistema hidráulico	260 L	69 gal.

En la figura 8, se muestra las especificaciones técnicas de la excavadora utilizada en la empresa minera, esta ficha ha sido brindada por la empresa JCB.

Tabla 9

Dimensiones de la Excavadora JCB.

	Mm	Pies
Altura de la cabina	2950	9'8"
Ancho para el transporte	2740	9'0"
Ancho de los neumáticos	2800	9'2"
Espacio libre sobre el suelo, bastidor	450	1'6"
Longitud para el transporte, sin pluma	1020	3'4"
Longitud total de transporte	2750	9'0"
Altura para el transporte	4075	13'4"
Espacio libre para el suelo, contrapeso	9050	29'8"
Radio de giro de la cola	3280	10'9"
Longitud entre ejes	3265	10'9"
Ancho total (de estabilizador a estabilizador)	2200	7'3"

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la figura 9, se muestra las dimensiones de la excavadora utilizada en la empresa minera, esta ficha ha sido brindada por la empresa JCB, la cual nos ayuda a dimensionar la plataforma de excavación.

Tabla 10

Límites de alcance de la excavadora JCB 220LC.

	M	Pies
Altura máxima de carga del cucharón con dientes	5.83	19'2"
Alcance máximo a nivel del suelo	8.85	29'0"
Profundidad máxima de excavación	5.78	19'0"
Excavación vertical máxima	5.03	16'6"
Profundidad máxima de excavación con fondo de plano de 2.44 m (8 pies)	5.57	18'3"
Altura máxima de pasador de articulación de cucharón	7.43	24'5"
Altura máxima a los dientes del cucharón en la cima del arco	8.81	28'11"

En la figura 7, se muestra los límites de alcance de la excavadora JCB 220LC, utilizada en la empresa minera, esta ficha ayuda a calcular el área de trabajo.



Figura 7. Características de la excavadora JCB.

c. Volquete de 18 Metros Cúbicos

En la mina se cuenta con una unidad.

- Motor: Volvo D13A 440
- Potencia: 440HP
- Torque: 2200N.m
- Caja: VT2514B (14 cambios)
- Freno Motor: VEB
- Tolva: Semiroquera RMB Sateci 20 m³
- PBV: 50 toneladas

d. Camionetas 4X4 Toyota Hilux

En la mina se cuenta con 1 de estas unidades.

Tabla 11
Características de la camioneta 4x4.

Combustible:	Diésel
Cilindrada:	2500 cc
Válvulas:	16
Motor - tracción:	delantero - integral permanente
Transmisión:	manual 5 velocidades
Neumáticos:	205/R16
Frenos (del. - tras.):	discos ventilados – tambor
Suspensión delantera:	horquilla doble con barra de torsión
Suspensión trasera:	eje rígido

En la figura 10, se muestra los límites de alcance de la excavadora JCB 220LC, utilizada en la empresa minera, esta ficha ayuda a calcular el área de trabajo.

e. Bobcat JCB

En la mina se cuenta con 1 de estas unidades.

- Engine: 42 Kw (56 hp) JCB Diesel By.
- ROC: 794 Kg
- 10x16.5 8PR HD tyres.

3.1.4. Identificación de la problemática

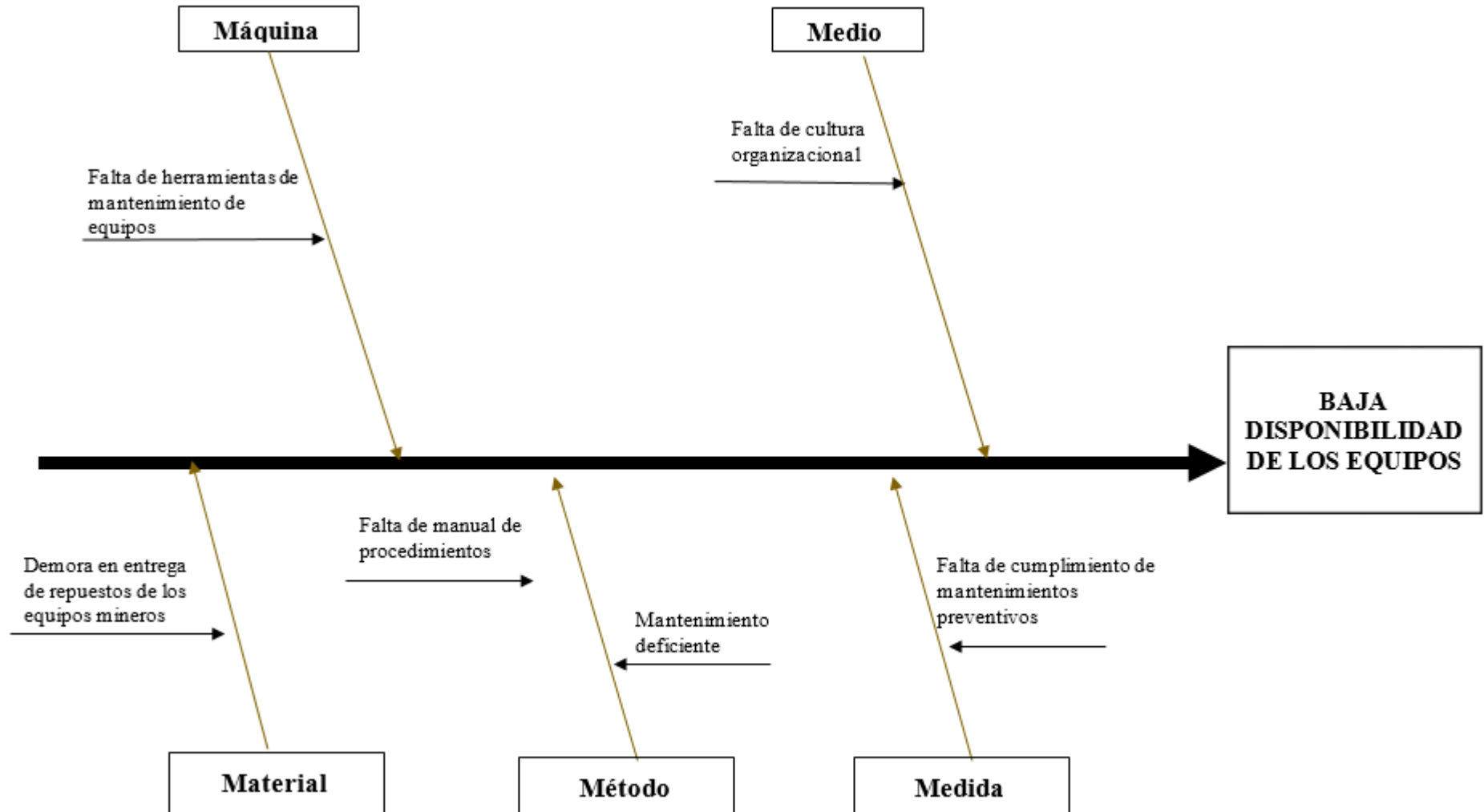


Figura 8. Diagrama de Ishikawa.

Máquina: La falta de herramientas y equipos en el taller de mantenimiento es una de las problemáticas evidentes en el mantenimiento preventivo de los equipos mineros, el cual dificulta el trabajo y retrasa el tiempo de mantenimiento el cual hace perder horas máquinas y horas hombre.

Medio: El equipo humano de mantenimiento no está preparado para asumir trabajos de mantenimiento en las máquinas de la operación, no tienen una cultura organizacional para asumir retos y trabajo en equipo el cual ayude en la mejora del mantenimiento de maquinaria.

Material: La entrega de los repuestos de los equipos mineros está en una situación muy decaída el cual dificulta que los repuestos lleguen a la hora y el tiempo estimado al taller de mantenimiento el cual hace perder horas máquinas irre recuperables

Método: El método utilizado no es el correcto ya que se da mantenimiento a los equipos mineros sin una programación ni horario establecido para dicho mantenimiento el cual dificulta la producción.

Medida: No se cuenta con un manual de mantenimiento en campo para poder realizar dichos trabajos en los equipos mineros.

En la figura 8, se muestra el diagrama Ishikawa de la baja eficiencia de los camiones mineros, donde se detallan las causas que dan lugar a este problema, para evaluar cuál es la más impactante se ha realizado un diagrama de Pareto de acuerdo a su modo de falla.

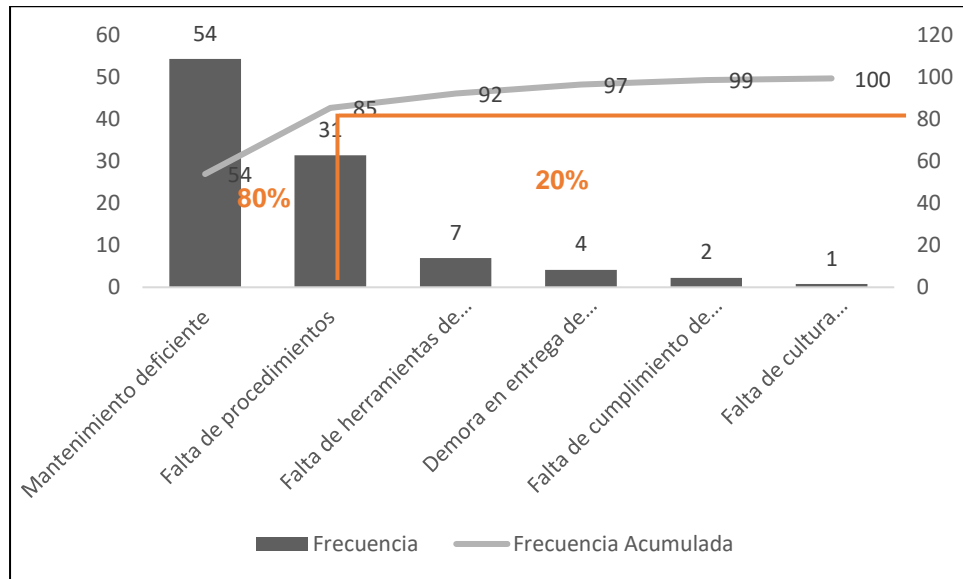


Figura 9. Diagrama de Pareto de las causas del problema.

En el diagrama de Pareto representado en la figura 9, se puede identificar el principio del 80-20, dentro del 80% se encuentra el mantenimiento deficiente y la falta de procedimiento y en el 20% se encuentran la falta de herramientas, la demora de entrega de repuestos, falta de cumplimiento de mantenimiento y la falta de cultura organizacional. Esta investigación se centrará en reducir los modos de fallas pertenecientes al 80%, para ello es necesario analizar los indicadores actuales y realizar un análisis de criticidad.

3.1.5. Indicadores de un sistema de gestión de mantenimiento

3.1.5.1. Utilización

El diagnóstico se ha realizado durante el año 2020 utilizando la siguiente tabla 12:

Tabla 12
Utilización de los equipos.

EQUIPO	UTILIZACION	2020		HRS RESTANTE
		2020	MNP MPR	
Retroexcavadora JCB	76.65%	204.6	282.7	388.75
Excavadora JCB	78.75%	186.1	274.9	414.96
Volquete 18 cubos	73.91%	228.5	119.6	527.85
Camioneta Hilux	84.09%	139.4	211.5	525.05

Bobcat JCB	55.24%	392.1	213.5	270.36
PROMEDIO				73.73%

3.1.5.2. Horas operativas

Se resumieron los datos de las horas operativas, es decir de las horas que no han parado por ningún motivo durante el año 2020 utilizando la siguiente tabla 13:

Tabla 13
Utilización de los equipos.

EQUIPO	HORAS OPERATIVAS
Retroexcavadora JCB	388.75
Excavadora JCB	414.96
Volquete 18 cubos	527.85
Camioneta Hilux	525.05
Bobcat JCB	270.36
Promedio	425.39

3.1.5.3. Porcentaje de mantenimientos correctivos

El diagnóstico se ha realizado durante el año 2020 utilizando la siguiente tabla 12:

Tabla 14
Porcentaje de mantenimientos correctivos.

EQUIPO	2020		HRS RESTANTE	HORAS TOTALES	PORCENTAJE DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS
	MNP	MPR			
Retroexcavadora JCB	204.6	282.7	388.75	876.05	32.27%
Excavadora JCB	186.1	274.9	414.96	875.96	31.38%
Volquete 18 cubos	228.5	119.6	527.85	875.95	13.65%
Camioneta Hilux	139.4	211.5	525.05	875.95	24.15%
Bobcat JCB	392.1	213.5	270.36	875.96	24.37%
PROMEDIO				25.16%	

3.1.5.4. Cantidad de horas de mantenimiento planificado

El diagnóstico se ha realizado durante el año 2020 utilizando la siguiente tabla 12.

Tabla 15

Horas de mantenimientos planificados.

EQUIPO	2020		HRS RESTANTE	HORAS TOTALES
	MNP	MPR		
Retroexcavadora JCB	204.6	282.7	388.75	876.05
Excavadora JCB	186.1	274.9	414.96	875.96
Volquete 18 cubos	228.5	119.6	527.85	875.95
Camioneta Hilux	139.4	211.5	525.05	875.95
Bobcat JCB	392.1	213.5	270.36	875.96
PROMEDIO				220.44

3.1.5.5. Disponibilidad actual

El diagnóstico se ha realizado durante el año 2020 utilizando la siguiente tabla 12:

Tabla 16

Disponibilidad de los equipos.

EQUIPO	DISPONIBILIDAD 2020	2020		HRS RESTANTE
		MNP	MPR	
Retroexcavadora JCB	44.38%	204.6	282.7	388.75
Excavadora JCB	47.37%	186.1	274.9	414.96
Volquete 18 cubos	60.26%	228.5	119.6	527.85
Camioneta Hilux	59.94%	139.4	211.5	525.05
Bobcat JCB	30.86%	392.1	213.5	270.36
PROMEDIO				48.56 %

3.1.6. Resumen de los indicadores actuales

Tabla 17

Resumen de los indicadores actuales.

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR ACTUAL
Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento (variable independiente)	Utilización de los equipos	% de Utilización	73.73%
	Operatividad de los equipos	Horas operativas	425.39
% de mantenimientos correctivos		25.16%	

Disponibilidad de los equipos de carguío y acarreo (variable dependiente)	Tiempo de funcionamiento	Cantidad de horas de mantenimiento planificado	220.44
	Mejora de la confiabilidad	Porcentaje de disponibilidad del equipo	48.56%

3.2. Diseño del Sistema de mantenimiento preventivo de los equipos mineros

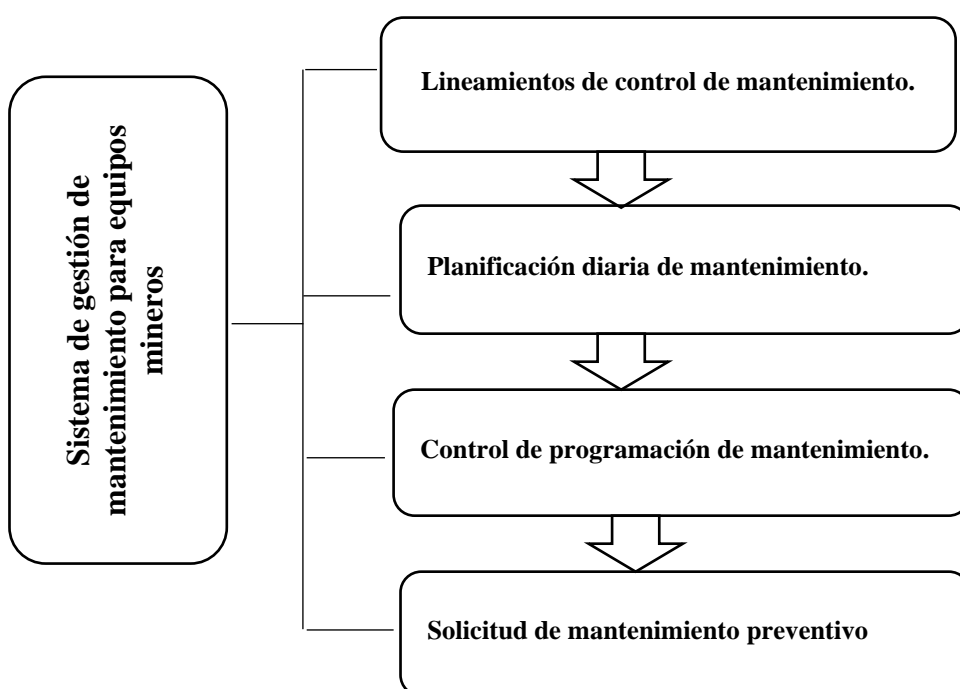


Figura 10. Proceso del sistema de mantenimiento.

Se crearon lineamientos de Control de mantenimiento (fichas), las cuales son: Planificación de mantenimiento diaria, Control de programación de mantenimiento y Solicitud de mantenimiento preventivo. A continuación, se explicará la función de cada una.

3.2.1. Planificación de mantenimiento diaria:

En este formato se registrará diariamente los datos obtenidos de la revisión correspondiente a los componentes de la maquinaria, se realizará una

inspección de las condiciones mínimas requerida por el fabricante para la operación del equipo. En la parte superior del formato se ingresa nombres de quien realiza la revisión y la fecha de esta, en nuestro caso particular el operador siempre será el encargado de realizar esta operación. Seguidamente encontraremos todas las actividades de inspección pertinentes a cada máquina en donde el operador dependiendo del estado del componente registrará si está en buen o mal estado, simbolizados en el formato con la letra B y M respectivamente. Si el operador encuentra una avería o un fallo inminente debe reportar en el espacio de observaciones la anomalía encontrada, se finaliza el formato firmando y entregado al jefe de mantenimiento.

Tabla 18

Formato inspección diaria excavadoras.

Fecha de Inspección:																			
Nombre del operador:																			
No.	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM											
		B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M				
	HOROMETRO MOTOR DE EXCAVADORAS																		
1	Estado de luces de trabajo delanteras.																		
2	Estado de luces de trabajo traseras.																		
3	Estado de la cubierta contra el sol.																		
4	Estado del cinturón de seguridad.																		
5	Extintor de 10 Lbs PQS																		
6	Estado del asiento del operador																		
8	Estado del tablero de control																		
9	Estado del tubo de escape de humos																		
10	Alarma de reversa o emergencia y pito																		
11	Escaleras y apoyos de acceso																		

12	Estado del sistema hidráulico
13	Estado de mangueras del sistema hidráulico
14	Estado de mecanismo de giro
15	Estado del mando de bloqueo de avance
16	Estructura de soporte del contrapeso/tornillos
17	Conos de señalización
18	Estructura y soportes de boom (pasadores)
19	Avisos de preventivos en el equipo
20	Estado de la punta del boom
21	Estado de transmisión
22	Estado de la dirección
23	Estado del embrague
24	Estado de frenos
25	Estado de las correas
26	Nivel de aceite de motor
27	Emisión de gases vigente
28	Seguro SOAT vigente
26	Nivel de aceite de motor
27	Emisión de gases vigente
28	Seguro SOAT vigente
29	Certificado de operador vigente
30	Evaluación de zapatas de oruga
31	Inspección de uñas del cucharón
32	Inspección de cucharón

Observaciones:

Punto Crítico que inhabilita el equipo para operarlo:

Firma del operador:	Fecha:
Notificado responsable del área:	Fecha:

Fuente: Elaboración propia, (2021).

En la tabla 14, se muestra el formato inspección diaria excavadoras en base a todos sus componentes y a la ficha técnica del equipo.

Tabla 19

Formato Inspección diaria: Bobcat y retroexcavadora.

INSPECCION DIARIA DE BOBCAT Y RETROEXCAVADORA											
Fecha de Inspección:											
Nombre del operador:											
No.	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB	D			
		B	M	B	M	B	M	B	M	B	M
	HOROMETRO MOTOR DE EXCAVADORAS										
1	Estado de luces de trabajo delanteras.										
2	Estado de luces de trabajo traseras.										
3	Estado de la cubierta contra el sol.										
4	Estado del cinturón de seguridad.										
5	Extintor de 10 Lbs PQS										
6	Estado del asiento del operador										
8	Estado del tablero de control										
9	Estado del exhosto (tubo de escape de humos)										
10	Alarma de reversa o emergencia y pito										
11	Escaleras y apoyos de acceso										
12	Estado del sistema hidráulico										
13	Estado de mangueras del sistema hidráulico										
14	Estado de mecanismo de giro										
15	Estado del mando de bloqueo de avance										
16	Estructura de soporte del contrapeso/tornillos										
17	Conos de señalización										
18	Estructura y soportes de boom (pasadores)										
19	Avisos de preventivos en el equipo										
20	Estado de la punta del boom										
21	Estado de transmisión										
22	Estado de la dirección										
23	Estado del embrague										
24	Estado de frenos										
25	Estado de las correas										
26	Nivel de aceite de motor										
27	Emisión de gases vigente										
28	Seguro SOAT vigente										
29	Certificado de operador vigente										
30	Inspección de uñas del cucharón										
31	Inspección de cucharón										
Observaciones:											

Observaciones:

Punto Crítico que inhabilita el equipo para operarlo:

Firma del operador:

Fecha:

Notificado responsable del área:

Fecha:

En la figura 15, se muestra el formato de inspección diaria: Bobcat y retroexcavadora en base a todos sus componentes y a la ficha técnica del equipo.

3.2.2. Control de programación de mantenimiento:

A través de este la persona encargada de la maquinaria (operarios o mecánicos), le informa al ingeniero de mantenimiento que existe una falla que necesita reparación y solicita autorización para realizar los trabajos requeridos. De igual manera, notifica de la naturaleza de la falla y la reparación necesaria, así como el sistema que afecta esta (mecánico, eléctrico, hidráulico), según el trabajo que se realice. Además, se ingresa los repuestos utilizados para la reparación y costos de la intervención. Finalmente, el formato es firmado por la persona responsable del procedimiento y el ingeniero de mantenimiento respectivamente.

4. Repuestos o materiales					
Descripción		Can t.	Descripción		Can t.
.....				
.....				
.....				
.....				

5. Prueba					
Fecha de Prueba			Responsables de la Prueba	Resultados de la Prueba	Satisfactorio
Dd	Mm	Aaa			No satisfactorio

6. Observaciones	
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Valor de Mo		Valor de la prueba		Valor Total del Mtto	
Cant. H.H.					

Elaborado Por:	Recibido a satisfacción:
----------------	--------------------------

- Solicitud de mantenimiento preventivo:

Tabla 21

Registro de mantenimiento preventivo de la excavadora.

		CODIGO / MODELO				EXCAVADORA			
REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						MANTTO. ACTUAL		PROXIMO MANTTO.	
PUNTOS A VERIFICAR, CHEQUEAR Y/O CAMBIAR		TIPO DE SERVICIOS CADA				FECHA		FECHA	
ITEM	DESCRIPCION DEL MANTTO.	250 / 750 / 1250 / 1750 HR \$	500 / 1500 HR \$	1000 HR \$	2000 HR \$	HOROMETRO		HOROMETRO	
						TIPO SERV.		TIPO SERV.	
						SI / NO	OBSERVACIONES	SI / NO	OBSERVACIONES
1.00	MOTOR								
1.01	Funcionamiento de motor	X	X	X	X				
1.02	Tapa de llenado de aceite de motor	X	X	X	X				
1.03	Varilla de medición de nivel de aceite	X	X	X	X				
1.04	Fugas de aceite de motor	X	X	X	X				
1.05	Estado de filtros de aire		X	X	X				
1.06	Estado de filtros de aceite	X	X	X	X				
1.07	Estado del turbo alimentador			X	X				
1.08	Faja de ventilador	X	X	X	X				
1.09	Estado del radiador			X	X				
1.10	Tapa de radiador			X	X				
1.11	Estado de mangueras de radiador y enfriador			X	X				
1.12	Bomba de agua			X	X				
1.13	Aceite por tubo de desfogue de motor			X	X				
2.00	SISTEMA DE LUBRICACION								
2.01	Estado del aceite	X	X	X	X				
2.02	Horómetro y fecha del último cambio	X	X	X	X				
2.03	Consumo de aceite	X	X	X	X				
2.04	Fugas de aceite	X	X	X	X				
3.00	SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE								

3.01	Tuberías de múltiple de admisión	X	X	X	X			
3.02	Tuberías de múltiple de escape	X	X	X	X			
3.03	Silenciador	X	X	X	X			
3.04	Soportes de silenciador	X	X	X	X			
3.05	Fugas de gases de escape	X	X	X	X			
4.00	SISTEMA DE COMBUSTIBLE							
4.01	Humo por el escape		X	X	X			
4.02	Bomba de cebado de combustible		X	X	X			
4.03	Filtro de petróleo	X	X	X	X			
4.04	Tanque de combustible	X	X	X	X			
4.05	Tapa de tanque de combustible		X	X	X			
4.06	Medidor de nivel de tanque de combustible		X	X	X			
4.07	Estado de los inyectores			X	X			
4.08	Estado de las cañerías	X	X	X	X			
4.09	Fugas de petróleo	X	X	X	X			
4.1	Estado de la bomba de inyección			X	X			
4.11	Estado del filtro racord		X	X	X			
5.00	SISTEMA ELECTRICO MOTRIZ							
5.01	Alternador			X	X			
5.02	Carga de alternador, Manómetro de Carga.	X	X	X	X			
5.03	Faja de alternador	X	X	X	X			
5.04	Arrancador			X	X			
5.05	Baterías, Bornes de batería	X	X	X	X			
5.06	Cableado del circuito en general		X	X	X			
5.07	Luces en general	X	X	X	X			
5.08	Claxon	X	X	X	X			
5.09	Alarma de retroceso	X	X	X	X			
6.00	SISTEMA HIDRAULICO							
6.01	Bombas Hidráulicas			X	X			
6.02	Tanque Hidráulico		X	X	X			
6.03	Filtros Hidráulicos		X	X	X			
6.04	Enfriador De Aceite		X	X	X			
6.05	Cilindros de Levante: mangueras, conectores.	X	X	X	X			
6.06	Cilindros de Inclinación: mangueras, conectores.	X	X	X	X			
6.07	Cilindros de Cucharón: mangueras, conectores.	X	X	X	X			
6.08	Bloqueo Hidráulico del sistema	X	X	X	X			

7.00	TREN DE RODAMIENTOS Y ADITAMENTOS								
7.01	Cadenas Derecha e Izquierda			X	X				
7.02	Ruedas Guías			X	X				
7.03	Mandos finales, segmentos, pernos, tuercas			X	X	X			
7.04	Zapatas, pernos de zapatas			X	X	X			
7.05	Eslabones, Bocinas, Pines.			X	X				
7.06	Templador De Cadena			X	X				
7.07	Rodillos Superiores			X	X				
7.08	Rodillos Inferiores			X	X				
7.09	Guardas de rodillos.			X	X	X			
7.1	Lampón: estructura general			X	X				
7.11	Uñas, cantoneras, pernos, tuercas.			X	X				
7.12	Bastidores, trunion, pernos.			X	X	X			
7.13	Barra estabilizadora, pernos, tuercas.			X	X				
8.00	CABINA Y ACCESORIOS VARIOS								
8.01	Cabina Rop			X	X				
8.02	Estructura en general			X	X				
8.03	Corazas de protección inferior del chasis	X	X	X	X				
8.04	Parabrisas y Lunas	X	X	X	X				
8.05	Llave de Contacto	X	X	X	X				
8.06	Horómetro	X	X	X	X				
8.07	Asiento, correa de seguridad	X	X	X	X				
8.08	Puertas, vidrios, chapas, grecas	X	X	X	X				
8.09	Plumillas, limpiaparabrisas.	X	X	X	X				
8.1	Espejo Int + 2 Retrovisores	X	X	X	X				
8.11	Botiquín	X	X	X	X				
8.12	Extintor	X	X	X	X				
OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS:									
					FIRMA - MANTENIMIENTO W&J				
					NOMBRE :				
					FOTOCHECK :				
					FECHA :				
					FIRMA - CHOFER / OPERADOR				
					NOMBRE :				
					FOTOCHECK :				
					FECHA :				

Tabla 22
Registro de mantenimiento preventivo de la retroexcavadora y bobcat.

		CODIGO / MODELO				RETROEXCAVADORA							
REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						MANTTO. ACTUAL				PROXIMO MANTTO.			
PUNTOS A VERIFICAR, CHEQUEAR Y/O CAMBIAR		TIPO DE SERVICIOS CADA				FECHA		FECHA		HOROMETRO		HOROMETRO	
ITEM	DESCRIPCION DEL MANTTO.	250 / 750 / 1250 / 1750 HR \$	500 / 1500 HR \$	1000 HR \$	2000 HR \$	TIPO SERV.		TIPO SERV.		SI / NO		OBSERVACIONES	
						SI / NO	OBSERVACIONES	SI / NO	OBSERVACIONES				
1.00	MOTOR												
1.01	Funcionamiento de motor	X	X	X	X								
1.02	Tapa de llenado de aceite de motor	X	X	X	X								
1.03	Varilla de medición de nivel de aceite	X	X	X	X								
1.04	Fugas de aceite de motor	X	X	X	X								
1.05	Estado de filtros de aire		X	X	X								
1.06	Estado de filtros de aceite	X	X	X	X								
1.07	Estado del turbo alimentador		X	X	X								
1.08	Faja de ventilador	X	X	X	X								
1.09	Estado del radiador		X	X	X								
1.10	Tapa de radiador		X	X	X								
1.11	Estado de mangueras de radiador y enfriador		X	X	X								
1.12	Bomba de agua		X	X	X								
1.13	Aceite por tubo de desfogue de motor		X	X	X								
2.00	SISTEMA DE LUBRICACION												
2.01	Estado del aceite	X	X	X	X								
2.02	Horómetro y fecha del último cambio	X	X	X	X								
2.03	Consumo de aceite	X	X	X	X								
2.04	Fugas de aceite	X	X	X	X								
3.00	SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE												
3.01	Tuberías de múltiple de admisión	X	X	X	X								
3.02	Tuberías de múltiple de escape	X	X	X	X								
3.03	Silenciador	X	X	X	X								
3.04	Soportes de silenciador	X	X	X	X								
3.05	Fugas de gases de escape	X	X	X	X								

4.00	SISTEMA DE COMBUSTIBLE							
4.01	Humo por el escape		X	X	X			
4.02	Bomba de cebado de combustible		X	X	X			
4.03	Filtro de petróleo	X	X	X	X			
4.04	Tanque de combustible	X	X	X	X			
4.05	Tapa de tanque de combustible		X	X	X			
4.06	Medidor de nivel de tanque de combustible		X	X	X			
4.07	Estado de los inyectores			X	X			
4.08	Estado de las cañerías	X	X	X	X			
4.09	Fugas de petróleo	X	X	X	X			
4.1	Estado de la bomba de inyección			X	X			
4.11	Estado del filtro racord		X	X	X			
5.00	SISTEMA ELECTRICO MOTRIZ							
5.01	Alternador			X	X			
5.02	Carga de alternador, Manómetro de Carga.	X	X	X	X			
5.03	Faja de alternador	X	X	X	X			
5.04	Arrancador			X	X			
5.05	Baterías, Bornes de batería	X	X	X	X			
5.06	Cableado del circuito en general		X	X	X			
5.07	Luces en general	X	X	X	X			
5.08	Claxon	X	X	X	X			
5.09	Alarma de retroceso	X	X	X	X			
6.00	SISTEMA HIDRAULICO							
6.01	Bombas Hidráulicas			X	X			
6.02	Tanque Hidráulico		X	X	X			
6.03	Filtros Hidráulicos		X	X	X			
6.04	Enfriador De Aceite		X	X	X			
6.05	Cilindros de Levante: mangueras, conectores.	X	X	X	X			
6.06	Cilindros de Inclinación: mangueras, conectores.	X	X	X	X			
6.07	Cilindros de Cucharón: mangueras, conectores.	X	X	X	X			
6.08	Bloqueo Hidráulico del sistema	X	X	X	X			
7.00	NEUMATICOS Y ADITAMENTOS							
7.01	Estado de llantas y aros	X	X	X	X			
7.02	Pernos y tuercas de llanta	X	X	X	X			
7.03	Mandos finales, segmentos, pernos, tuercas	X	X	X	X			
7.04	Espárragos	X	X	X	X			

7.05	Lampón: estructura general	X	X	X	X				
7.06	Cucharón: estructura general	X	X	X	X				
7.07	Uñas, cantoneras, pernos, tuercas.	X	X	X	X				
7.08	Barra estabilizadora, pernos, tuercas.	X	X	X	X				
8.00	CABINA Y ACCESORIOS VARIOS								
8.01	Cabina Rop			X	X				
8.02	Estructura en general			X	X				
8.03	Corazas de protección inferior del chasis	X	X	X	X				
8.04	Parabrisas y Lunas	X	X	X	X				
8.05	Llave de Contacto	X	X	X	X				
8.06	Horómetro	X	X	X	X				
8.07	Asiento, correa de seguridad	X	X	X	X				
8.08	Puertas, vidrios, chapas, grecas	X	X	X	X				
8.09	Plumillas, limpiaparabrisas.	X	X	X	X				
8.1	Espejo Int + 2 Retrovisores	X	X	X	X				
8.11	Botiquín	X	X	X	X				
8.12	Extintor	X	X	X	X				

OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS:

FIRMA - MANTENIMIENTO W&J	
NOMBRE	:
FOTOCHECK	:
FECHA	:

FIRMA - CHOFER / OPERADOR	
NOMBRE	:
FOTOCHECK	:
FECHA	:

Tabla 23
Registro de mantenimiento preventivo del volquete.

		CODIGO / PLACA				VOLQUETE			
REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						MANTTO. ACTUAL		PROXIMO MANTTO.	
PUNTOS A VERIFICAR, CHEQUEAR Y/O CAMBIAR		TIPO DE SERVICIOS CADA				FECHA		FECHA	
ITEM	DESCRIPCION DEL MANTTO.	250 / 750 / 1250 / 1750 HR\$	500 / 1500 HR\$	1000 HR\$	2000 HR\$	HOROMETRO		HOROMETRO	
						TIPO SERV.		TIPO SERV.	
						SI / NO	OBSERVACIONES	SI / NO	OBSERVACIONES
1.00 MOTOR									
1.01	Funcionamiento de motor	X	X	X	X				
1.02	Tapa de llenado de aceite de motor	X	X	X	X				
1.03	Varilla de medición de nivel de aceite	X	X	X	X				
1.04	Fugas de aceite de motor	X	X	X	X				
1.05	Estado de filtros de aire		X	X	X				
1.06	Estado de filtros de aceite	X	X	X	X				
1.07	Estado del turbo alimentador			X	X				
1.08	Faja de ventilador	X	X	X	X				
1.09	Estado del radiador			X	X				
1.10	Estado de mangueras de radiador y enfriador	X	X	X	X				
1.11	Freno de motor		X	X	X				
1.12	Bomba de agua			X	X				
1.13	Compresor			X	X				
2.00 SISTEMA DE LUBRICACION									
2.01	Estado del aceite	X	X	X	X				
2.02	Horómetro y fecha del último cambio	X	X	X	X				
2.03	Consumo de aceite	X	X	X	X				
2.04	Fugas de aceite	X	X	X	X				
3.00 SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE									
3.01	Tuberías de múltiple de admisión		X	X	X				
3.02	Tuberías de múltiple de escape		X	X	X				

3.03	Silenciador		X	X	X			
3.04	Soportes de silenciador	X	X	X	X			
3.05	Fugas de gases de escape	X	X	X	X			
4.00	SISTEMA DE COMBUSTIBLE							
4.01	Humo por el escape		X	X	X			
4.02	Bomba de cebado de combustible		X	X	X			
4.03	Filtro de petróleo	X	X	X	X			
4.04	Tanque de combustible		X	X	X			
4.05	Tapa de tanque de combustible		X	X	X			
4.06	Medidor de nivel de tanque de combustible		X	X	X			
4.07	Estado de los inyectores			X	X			
4.08	Estado de las cañerías		X		X			
4.09	Fugas de petróleo	X	X	X	X			
4.10	Estado de la bomba de inyección			X	X			
4.11	Estado del filtro record		X	X	X			
5.00	SISTEMA ELECTRICO MOTRIZ							
5.01	Alternador			X	X			
5.02	Carga de alternador, Manómetro de Carga.		X	X	X			
5.03	Faja de alternador	X	X	X	X			
5.04	Arrancador			X	X			
5.05	Baterías, Bornes de batería	X	X	X	X			
5.06	Cableado del circuito en general			X	X			
5.07	Luces en general	X	X	X	X			
5.08	Plumilla limpia parabrisa	X	X	X	X			
5.09	Claxon	X	X	X	X			
5.10	Alarma de retroceso	X	X	X	X			
5.11	Tablero de control	X	X	X	X			
6.00	SISTEMA DE TRANSMISION							
6.01	Embrague		X	X	X			
6.02	Pedal de embrague		X	X	X			
6.03	Disco de embrague			X	X			
6.04	Nivel de liquido	X	X	X	X			
6.05	Nivel de aceite Corona 1		X	X	X			
6.06	Nivel de aceite Corona 2		X	X	X			

6.07	Bloqueadores de diferencial		X	X	X			
6.08	Nivel de aceite de los cubos eje medio		X	X	X			
6.09	Nivel de aceite de los cubos posteriores		X	X	X			
7.00	CAJA DE CAMBIOS							
7.01	Estado y nivel de aceite		X	X	X			
7.02	Filtro de aceite		X	X	X			
7.03	Ruidos en el interior	X	X	X	X			
7.04	Fugas de aceite	X	X	X	X			
8.00	ACOPLES DE TRANSMISION							
8.01	Cardanes	X	X	X	X			
8.02	Crucetas		X	X	X			
8.03	Soportes de cardan		X	X	X			
8.04	Graseras de cardan y cruceta	X	X	X	X			
9.00	SISTEMA DE FRENO							
9.01	Estado de los frenos	X	X	X	X			
9.02	Bomba maestra de freno		X	X	X			
9.03	Fugas de líquido de freno	X	X	X	X			
9.04	Fugas de aire.	X	X	X	X			
9.05	Compresor			X	X			
9.06	Estado de los "pulmones" posteriores 04		X	X	X			
9.07	Estado de los "pulmones" delanteros 02		X	X	X			
9.08	Estado de las zapatas delanteras 2		X	X	X			
9.09	Estado de las zapatas posteriores 4		X	X	X			
10.00	SISTEMA DE DIRECCION							
10.01	Mecanismos de dirección	X	X	X	X			
10.02	Cilindros de dirección	X	X	X	X			
10.03	Bomba hidráulica de dirección		X	X	X			
10.04	Alineamiento de dirección		X	X	X			
10.05	Terminales de dirección		X	X	X			
10.06	Filtro		X	X	X			
10.07	Brazo de dirección		X	X	X			
10.08	Caja de dirección/Bomba			X	X			
11.00	SUSPENSION							
11.01	Muelles delanteros	X	X	X	X			

11.02	Muelles posteriores	X	X	X	X				
11.03	Resortes progresivos 04		X	X	X				
11.04	Amortiguadores		X	X	X				
11.05	Barra estabilizadora		X	X	X				
11.06	Barras de torque "V"		X	X	X				
12.00	SISTEMA DE NEUMÁTICOS								
12.01	Estado de llantas y aros (D.M.P)	X	X	X	X				
12.02	Llanta de repuesto	X	X	X	X				
12.03	Pernos y tuercas de llanta	X	X	X	X				
12.04	Espárragos	X	X	X	X				
13.00	CABINA								
13.01	Indicadores	X	X	X	X				
13.02	Controles		X	X	X				
13.03	Asiento de copiloto y/o pasajero		X	X	X				
13.04	Especios laterales retrovisores		X	X	X				
13.05	Coderas		X	X	X				
13.06	Correa de seguridad		X	X	X				
13.07	Chapas de puertas		X	X	X				
13.08	Cremallera de vidrio de puertas		X	X	X				
13.09	Manija de levantavidrios		X	X	X				
13.10	Parabrisa y vidrios		X	X	X				
13.11	Bisagras de puerta		X	X	X				
13.12	Tapasol	X	X	X	X				
13.13	Circulina	X	X	X	X				
14.00	TOLVA								
14.01	Bomba hidráulica	X	X	X	X				
14.02	Cardan de toma fuerza	X	X	X	X				
14.03	Block de válvulas	X	X	X	X				
14.04	Mangueras hidráulicas	X	X	X	X				
14.05	Tanque hidráulico	X	X	X	X				
14.06	Filtro hidra.	X	X	X	X				
14.07	Pistón telescópico	X	X	X	X				
14.08	Tolva	X	X	X	X				
14.09	Compuerta de tolva	X	X	X	X				
14.1	Pin de anclaje de tolva	X	X	X	X				

14.11	Luces de tolva	X	X	X	X				
14.12	Guía de tova	X	X	X	X				
14.13	Seguro de tolva levantada	X	X	X	X				
14.14	Botiquín	X	X	X	X				
14.15	Extintor	X	X	X	X				
14.16	Tacos	X	X	X	X				

OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS:			

FIRMA - MANTENIMIENTO W&J		FIRMA - CHOFER / OPERADOR	
NOMBRE :		NOMBRE :	
FOTOCHECK :		FOTOCHECK :	
FECHA :		FECHA :	

Tabla 24

Registro de mantenimiento preventivo de la camioneta.

REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			CODIGO / PLACA		CAMIONETA			
					MANTTO. ACTUAL		PROXIMO MANTTO.	
PUNTOS A VERIFICAR, CHEQUEAR Y/O CAMBIAR			SERVICIOS EN FORMA PERIODICA CADA		FECHA		FECHA	
ITEM	DESCRIPCION DEL MANTTO. KM	TIPO SERV.	PREVENTIVO	KILOMETRAJE		TIPO SERV.	PREVENTIVO
			SI / NO	OBSERVACIONES			SI / NO	OBSERVACIONES
1.00	MOTOR							
1.01	Funcionamiento de motor	X						
1.02	Tapa de llenado de aceite de motor	X						
1.03	Varilla de medición de nivel de aceite	X						
1.04	Fugas de aceite de motor	X						
1.05	Estado de filtros de aire	X						
1.06	Estado de filtros de aceite	X						
1.07	Estado del turbo alimentador	X						
1.08	Faja de ventilador	X						
1.09	Estado del radiador	X						

1.10	Estado de mangueras de radiador y enfriador	X			
1.11	Freno de motor	X			
1.12	Bomba de agua	X			
2.00	SISTEMA DE LUBRICACION				
2.01	Estado del aceite	X			
2.02	Kilometraje y fecha del último cambio	X			
2.03	Consumo de aceite	X			
2.04	Fugas de aceite	X			
3.00	SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE				
3.01	Tuberías de múltiple de admisión	X			
3.02	Tuberías de múltiple de escape	X			
3.03	Silenciador	X			
3.04	Soportes de silenciador	X			
3.05	Fugas de gases de escape	X			
4.00	SISTEMA DE COMBUSTIBLE				
4.01	Humo por el escape	X			
4.02	Bomba de cebado de combustible	X			
4.03	Filtro de petróleo	X			
4.04	Tanque de combustible	X			
4.05	Tapa de tanque de combustible	X			
4.06	Medidor de nivel de tanque de combustible	X			
4.07	Estado de los inyectores	X			
4.08	Estado de las cañerías	X			
4.09	Fugas de petróleo	X			
4.10	Estado de la bomba de inyección	X			
5.00	SISTEMA ELECTRICO MOTRIZ				
5.01	Alternador	X			
5.02	Carga de alternador	X			
5.03	Faja de alternador	X			
5.04	Arrancador	X			
5.05	Baterías, Bornes de batería	X			
5.06	Cableado del circuito en general	X			
5.07	Luces en general	X			
5.08	Plumilla limpia parabrisa	X			
5.09	Claxon	X			
5.10	Alarma de retroceso	X			

5.11	Tablero de control	X			
6.00	SISTEMA DE TRANSMISION				
6.01	Embrague	X			
6.02	Pedal de embrague	X			
6.03	Disco de embrague	X			
6.04	Nivel de líquido	X			
6.05	Nivel de aceite Corona	X			
7.00	CAJA DE CAMBIOS				
7.01	Estado y nivel de aceite	X			
7.02	Ruidos en el interior	X			
7.03	Fugas de aceite	X			
8.00	ACOPLES DE TRANSMISION				
8.01	Cardanes	X			
8.02	Crucetas	X			
8.03	Soportes de cardan	X			
8.04	Graseras de cardan y cruceta	X			
9.00	SISTEMA DE FRENO				
9.01	Estado de los frenos	X			
9.02	Bomba maestra de freno	X			
9.03	Fugas de líquido de freno	X			
9.04	Estado de las zapatas delanteras	X			
9.05	Estado de las zapatas posteriores	X			
10.00	SISTEMA DE DIRECCION				
10.01	Mecanismos de dirección	X			
10.02	Cilindros de dirección	X			
10.03	Bomba hidráulica de dirección	X			
10.04	Alineamiento de dirección	X			
10.05	Terminales de dirección	X			
10.06	Brazo de dirección	X			
10.07	Caja de dirección/Bomba	X			
11.00	SUSPENSION				
11.01	Muelles	X			
11.02	Amortiguadores	X			
11.03	Barra estabilizadora	X			
12.00	SISTEMA DE NEUMATICOS				
12.01	Estado de llantas y aros	X			

3.2.3. Estimación del tiempo de mantenimiento

Para iniciar se hace necesario anotar que estos cálculos son estimaciones resultantes de labores de mantenimiento que se hicieron en campo en diferentes ocasiones, así como también están influidas por la experticia de los operarios y mecánicos de la compañía con los que se estuvo en conversaciones durante el desarrollo de este trabajo. Por tanto, se tuvo la oportunidad de comparar datos históricos reales y los obtenidos durante las labores realizadas, luego de esto, se realizó un análisis que hace posible afinar estos valores a un punto en que las estimaciones de los trabajos más completos puedan realizarse con exactitud.

La filosofía básica de la estimación, es reducir cada tarea a sus elementos de trabajos básicos y establecer valores de tiempo para cada elemento. La suma de los valores de tiempo de cada elemento de una tarea pertenece a una unidad de trabajo de la estimación de los tiempos.

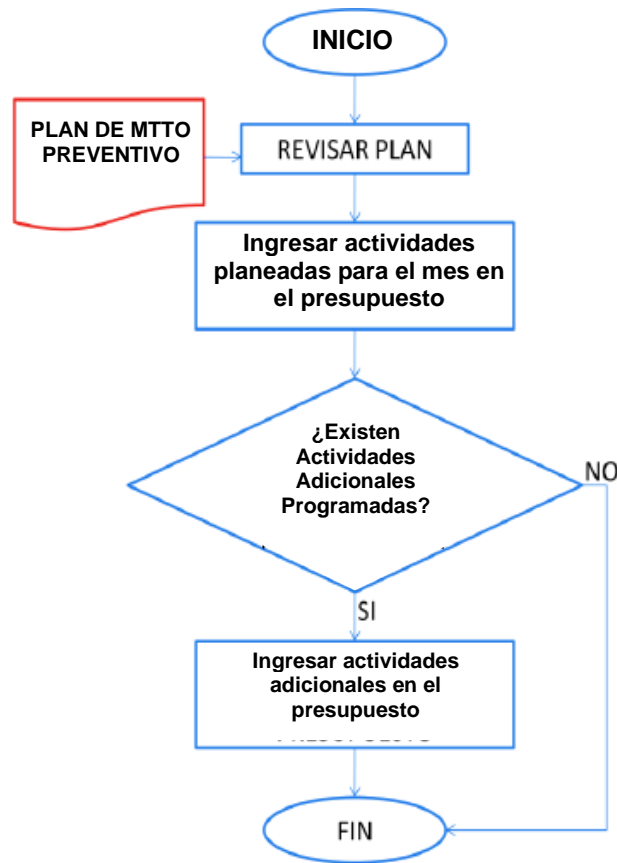


Figura 11. Proceso de creación de presupuesto.

A continuación, se realiza para cada máquina y/o equipo el plan de mantenimiento, se debe tener en cuenta todos los sistemas (hidráulico, mecánico, eléctrico) que constituyen a estas, así como también sus repuestos (filtros y aceites). Es indispensable anotar que la frecuencia de trabajo y duración de la actividad establecida para éste, se encuentra dada en horas (H). En algunos casos se encontrará la abreviatura N/A (No aplica) en la sección de Herramientas y Equipos, es decir, no se necesita de éstos para realizar la labor de mantenimiento.

a) Excavadora

En las tablas siguientes se relacionan las actividades establecidas para el mantenimiento preventivo de cada uno de los subsistemas identificados para la excavadora, teniendo en cuenta las observaciones realizadas en el capítulo de identificación de los equipos, las recomendaciones de los operadores y las indicaciones de los fabricantes.

- Motor

Tabla 25
Plan motor de excavadora.

Frecuencia (H)	Descripción del Mantenimiento	Herramientas y Equipos	Personal	Duración de la Actividad en horas
250	Cambiar aceite y filtro	Suelta filtro, Llave o dado de ½ y 5/16 pulg. Depósito para vaciar el aceite usado, embudo	Mecánico	1
500	Toma de muestra de aceite	Depósito de muestra de aceite	Mecánico	0.25
250	Cambiar elemento externo del filtro de aire	Suelta filtro	Mecánico	1
500	Cambiar elemento interno del filtro de aire	Suelta filtro	Mecánico	0.5
48	Examine y limpie válvula de polvo de filtro de aire	WIPE	Mecánico	1
2 000	Cambiar líquido refrigerante	Llave ½ y depósito recolector	Mecánico	0.5
250	Cambiar elemento filtrante de bomba de combustible	Suelta filtro	Mecánico	1
250	Cambiar filtro de combustible primario	Suelta filtro	Mecánico	1
250	Comprobar tensión y estado de correa de ventilador	Llave de 5/8	Mecánico	0.5
2 000	Comprobar y ajustar holgura de válvulas	Calibrador de válvulas, destornillador de paleta, llave de ½.	Mecánico	2
500	Compruebe ajuste de tornillos de soporte de motor	Dado de 15/16 con palanca	Mecánico	1
250	Compruebe ajuste de sujeción de sistema de escape	Llave de 7/16	Mecánico	0.5
1000	Limpia y examina radiador	Hidrolavadora	Mecánico	24

Una lubricación adecuada es muy necesaria para mantener el desempeño y vida del motor. Es esencial utilizar el aceite y los filtros diseñados para motores específicos. Ser lo más puntual a la hora de los cambios o reposiciones de aceite y filtros evitaría que estos se saturaran de impurezas y partículas contaminantes limitando sus funciones, no

todos los aceites y filtros son iguales, utilice el que recomienda la ficha técnica del equipo o un homologado conservando las mismas características para los aceites y grasas (viscosidad, índice de viscosidad, punto de goteo, temperatura de operación) y para los filtros dimensiones y que estén fabricados de celulosa o material sintético que retiene más del 98% de partículas contaminantes desde 4 micrones en adelante.

- **Transmisión**

Tabla 26
Plan transmisión excavadora.

<i>Frecuencia (H)</i>	<i>Descripción del mantenimiento</i>	<i>Herramientas y Equipos</i>	<i>Personal</i>	<i>Duración de la Actividad</i>
500	Comprobar nivel de aceite cajas reductoras orugas	Varilla de nivel	Operador	0.25
500	Comprobar nivel de aceite caja reductora de giro	Varilla de nivel	Operador	0.25
1 000	Cambiar aceite de caja reductora de oruga	Llave o dado de 1 pulg. Depósito para vaciar el aceite usado, embudo	Mecánico	1
1 000	Cambiar aceite de caja reductora de giro	Llave o dado de 1 pulg. Depósito para vaciar el aceite usado, embudo	Mecánico	1

En el sistema de transmisión hay que estar muy atentos a que los depósitos de aceite estén siempre a su nivel, ya que si tiene muy poco o nada afectará la vida útil de esta o si tiene mucho dañará los retenedores haciendo que el aceite se salga, presentando goteo.

- Sistema hidráulico

Tabla 27
Plan sistema hidráulico excavadora.

Frecuencia (H)	Descripción del Mantenimiento	Herramienta y Equipos	Personal	Duración de la Actividad en horas
500	Tomar muestras	Depósito de muestra, llave de 3/4	Operador	1
500	Cambiar aceite	Llave o dado de 1/2 y 5/16 pulg. Y depósito para vaciar el aceite usado, embudo	Mecánico	3
250	Cambiar elemento del filtro servo	Llave o dado de 1/2 y 5/16 pulg.	Mecánico	0.5
1 000	Cambiar elemento filtro plexus	Llave L N°8	Mecánico	1
500	Cambiar elemento filtro de retorno	Suelta filtro	Mecánico	0.5
250	Cambiar elemento filtro de drenaje	Suelta filtro	Mecánico	0.5
250	Cambiar elemento filtro de aspiración	Suelta filtro	Mecánico	1
500	Comprobar estado de los cilindros	N/A	Mecánico	0.5
500	Limpia refrigerador de aceite	Hidrolavadora	Mecánico	1
250	Vaciar depósito agua y sedimentos	Suelta filtro	Mecánico	0.5
1 000	Revisar respiradero del depósito hidráulico	N/A	Mecánico	0.25
2 000	Cambiar manguera de salida, línea bomba	Dos llaves de expansión de 2"	Mecánico	
2 000	Cambiar manguera cilindro, línea balancín	Dos llaves de expansión de 2"	Mecánico	2
2 000	Cambiar manguera cilindro, línea cazo	Dos llaves de expansión de 2"	Mecánico	
1 000	Cambiar manguera cilindro de la pluma	Dos llaves de expansión de 2"	Mecánico	1

El aceite en sistemas hidráulicos es usado tanto para la lubricación como para la transmisión de potencia, debe ser lo suficiente viscoso para lubricar las partes móviles eficientemente, pero lo suficientemente delgado para actuar como un refrigerante eficiente, conservando así la vida útil de los filtros y brindando una óptima protección del equipo.

- Frenos.

Tabla 28
Plan frenos excavadora.

Frecuencia (H)	Descripción del Mantenimiento	Herramienta y Equipos	Personal	Duración de la Actividad en horas
10	Nivel de aceite de; sistema de frenos	Varilla nivel	Operador	0.15
2 000	Cambiar aceite del sistema de frenos	Llave de ½ wipe, depósito y embudo	Mecánico	1
80	Comprobar y ajustar freno de mano	Pinzas, llave de 7/16	Mecánico	0.5

Fuente: Elaboración propia, (2021).

El estado y el nivel de aceite en los frenos es de gran prioridad, debido a la frecuencia de inspección (diaria), en este sistema, los frenos dependen directamente del aceite con el que este cuenta, debido a que la activación de la maneta empuja las pastillas sobre los discos. Se debe tener en cuenta que el líquido de frenos trabaja en condiciones de presión y de temperatura muy altas.

- Sistema eléctrico

Tabla 29
Plan sistema eléctrico excavadora.

Frecuencia (H)	Descripción del Mantenimiento	Herramienta y Equipos	Personal	Duración de la Actividad en horas
250	Comprobar el nivel de electrolito de la batería	Varilla nivel	Operador	1
48	Comprobar cableado en cuanto a roces/enrutamiento	N/A	Mecánico	1
80	Comprobar terminales de batería en cuanto al estado y apriete	Llave nº 12	Mecánico	

Fuente: Elaboración propia, (2021).

Las actividades preventivas en los sistemas eléctricos son realizadas por personal eléctrico, que buscan dar solución a problemas eléctricos (luces, encendido, etc.).

- Carrocería y cabina

Tabla 30
 Plan carrocería y cabina excavadora.

Frecuencia (H)	Descripción del Mantenimiento	Herramienta y Equipos	Personal	Duración de la Actividad en horas
250	Comprobar y engrasar todos los pasadores y bujes	Aceitera	Mecánico	0.66
250	Lubricar bisagras de puertas/ventanillas	Aceitera	Mecánico	0.66
250	Lubricar todos los cables	Aceitera	Mecánico	0.66
250	Comprobar puerta – ajuste	N/A	Mecánico	0.25
250	Comprobar asiento – funcionamiento	N/A	Mecánico	0.25
10	Comprobar nivel del líquido del lavaparabrisas	N/A	Operador	0.10
80	Comprobar estado de la pintura	N/A	Operador	0.15
250	Comprobar y limpiar máquina en general	Hidrolavadora	Operador	1
10	Engrasar pala de almeja	Aceitera	Mecánico	0.15

b) Retroexcavadora

- Motor

 Tabla 31
 Plan motor retroexcavadora.

Frecuencia (H)	Descripción del Mantenimiento	Herramienta y Equipos	Personal	Duración de la Actividad en horas
10	Comprobar nivel del líquido refrigerante	N/A	Operador	1
1 000	Vaciar y llenar sistema de refrigeración	Depósito, llave de ½"	Mecánico	2
10	Comprobar nivel de aceite	Varilla de nivel o sonda	Operador	0.15
250	Cambiar aceite y filtro	Suelta filtro, caneca	Mecánico	2
500	Cambiar elemento externo del filtro de aire	N/A	Operador	0.1
1 000	Cambiar elemento interno del filtro de aire	N/A	Operador	0.1
10	Vaciar separador de aguay filtro de combustible del motor	Suelta filtro	Operador	0.17
250	Cambiar filtro del separador de agua	Suelta filtro	Mecánico	0.17
250	Cambiar filtro de combustible de motor	Suelta filtro	Mecánico	0.1

500	Comprobar correa y accesorios	Llave de ¾"	Mecánico	0.1
6 000	Cambiar correa y accesorios	Llave de ¾"	Mecánico	0.5
250	Comprobar ajuste de los soportes de motor	Dado de ¾ con extensión y palanca	Mecánico	0.25
250	Comprobar estado de todas las mangueras	N/A	Mecánico	1
500	Limpiar radiador	Hidrolavadora	Mecánico	24
2 000	Limpiar tamiz de respiradero	wipe	Operador	0.1
2 000	Comprobar y ajustar separaciones de las válvulas	Calibrador, destornillador de paletas, llave de ½"	Mecánico	3
2 000	Comprobar retenes del tubo de llenado de aceite	N/A	Mecánico	0.17
2 000	Cambiar de tapa de balancines y de inyectores	Llave de ½"	Mecánico	1
6 000	Inyectores	Juego de dados de 7/16 hasta 1", llave de expansión, pinzas, destornilladores	Mecánico	24
6 000	Conducto de rebose de inyectores	Juego de dados de 7/16 hasta 1", llave de expansión, pinzas, destornilladores	Mecánico	0.5
6 000	Examinar líneas de combustible de alta presión	Llaves de ¾"	Mecánico	0.25

Para este tipo de motores es recomendable usar un buen combustible y aceite para prolongar la vida útil de todos los sistemas que componen al motor.

- Transmisión, puente y dirección

Tabla 32
Plan transmisión, puente y dirección.

<i>Frecuencia (H)</i>	<i>Descripción del Mantenimiento</i>	<i>Herramienta y Equipos</i>	<i>Personal</i>	<i>Duración de la Actividad en horas</i>
10	Comprobar nivel del aceite de transmisión	Llave L N° 10	Mecánico	0.25
1 000	Cambiar aceite de la transmisión	Llave L N° 10, caneca, embudo	Mecánico	1
500	Cambiar filtro de la transmisión	Suelta filtro	Mecánico	0.25
250	Comprobar niveles de aceite en puentes, incluido los cubos	Herramientas menores y varilla de nivel	Mecánico	0.33

1 000	<i>Cambiar aceite de puentes, incluidos los cubos</i>	<i>Llave L N° 10, Caneca, embudo</i>	<i>Mecánico</i>	<i>2</i>
500	<i>Cambiar aceites de puentes diferenciales de patinamiento de limitado</i>	<i>Llave L N° 10, Caneca, embudo</i>	<i>Mecánico</i>	<i>1</i>
10	<i>Comprobar estado de los neumáticos y presiones</i>	<i>Calibrador</i>	<i>Operador</i>	<i>0.1</i>
250	<i>Comprobar cojinetes de cubos delanteros</i>	<i>Llave de 1 1/8"</i>	<i>Operador</i>	<i>0.25</i>
1 000	<i>Limpiar pre filtro de la transmisión</i>	<i>Wipe</i>	<i>Operador</i>	<i>0.15</i>
10	<i>Engrasar semiejes</i>	<i>Aceitera</i>	<i>Operador</i>	<i>0.1</i>
250	<i>Comprobar cojinetes de cubos delanteros</i>	<i>Llave de 1 1/8"</i>	<i>Operador</i>	<i>0.25</i>
250	<i>Comprobar movimiento y acuanamiento del puente de la dirección</i>	<i>N/A</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.1</i>
250	<i>Engrasar pivotes y varillas del puente de la dirección</i>	<i>Aceitera</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.25</i>
250	<i>Comprobar pivote principal de puente delantera</i>	<i>N/A</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.3</i>

Para un buen funcionamiento de este sistema, se necesita estar muy atentos al nivel de aceite.

- Sistema hidráulico

Tabla 33
Plan sistema hidráulico.

<i>Frecuencia (H)</i>	<i>Descripción del Mantenimiento</i>	<i>Herramienta y Equipos</i>	<i>Personal</i>	<i>Duración de la Actividad en horas</i>
<i>10</i>	<i>Comprobar nivel del aceite hidráulico</i>	<i>Llave L N° 10</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.1</i>
<i>2 000</i>	<i>Muestrear y cambiar aceite hidráulico</i>	<i>Depósito de muestra, embudo, llave de 7/16", caneca</i>	<i>Mecánico</i>	<i>4</i>
<i>500</i>	<i>Cambiar filtro de aceite hidráulico</i>	<i>Suelta filtro</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.17</i>
<i>250</i>	<i>Comprobar cilindros hidráulicos, estado de partes cromadas</i>	<i>N/A</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.25</i>

500	<i>Limpiar enfriador del aceite hidráulico</i>	<i>Hidrolavadora</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.33</i>
2 000	<i>Limpiar pre filtro de aceite hidráulico</i>	<i>Equipo de limpieza</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.33</i>
2 000	<i>Cambiar tapa de llenado del depósito de aceite hidráulico con filtro incorporado</i>	<i>Llave o switch</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.33</i>

Fuente: Elaboración propia, (2021).

Es recomendable usar los aceites hidráulicos que sugiere el fabricante debido a que todas las piezas que componen este sistema están diseñadas para que funcionen con este aceite.

- Frenos

Tabla 34
Plan frenos.

<i>Frecuencia (H)</i>	<i>Descripción del Mantenimiento</i>	<i>Herramienta y Equipos</i>	<i>Personal</i>	<i>Duración de la Actividad en horas</i>
<i>10</i>	<i>Nivel de aceite del sistema de frenos</i>	<i>N/A</i>	<i>Operador</i>	<i>0.17</i>
<i>2 000</i>	<i>Cambiar aceite del sistema de frenos</i>	<i>Depósito y llave de 5/8"</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.50</i>
<i>250</i>	<i>Comprobar y ajustar freno de mano</i>	<i>Pinzas, llave de 5/8"</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.33</i>

Es muy importante revisar a diario el nivel del líquido de frenos.

- Sistema eléctrico

Tabla 35
Plan sistema eléctrico.

<i>Frecuencia (H)</i>	<i>Descripción del Mantenimiento</i>	<i>Herramienta y Equipos</i>	<i>Personal</i>	<i>Duración de la Actividad en horas</i>
<i>500</i>	<i>Comprobar nivel de electrolito de la batería</i>	<i>Equipo para medir electrolito</i>	<i>Operador</i>	<i>2</i>
<i>250</i>	<i>Comprobar cableado en cuanto a roces/enrutamiento</i>	<i>N/A</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.17</i>
<i>250</i>	<i>Comprobar terminales de la batería en cuanto al estado y apriete</i>	<i>Llave nº 12</i>	<i>Mecánico</i>	<i>0.10</i>

- Carrocería y cabina

Tabla 36

Plan carrocería y cabina.

Frecuencia (H)	Descripción del Mantenimiento	Herramienta y Equipos	Personal	Duración de la Actividad en horas
250	Comprobar y engrasar todos los pasadores y bujes	Aceitera	Mecánico	0.66
500	Lubricar bisagras de puertas/ventanillas	Aceitera	Mecánico	0.1
500	Lubricar todos los cables	Aceitera	Mecánico	0.6
500	Comprobar puerta – ajuste	N/A	Operador	0.02
500	Comprobar nivel del líquido del lavaparabrisas	N/A	Operador	0.02
10	Comprobar nivel del líquido del lavaparabrisas	N/A	Operador	0.02
10	Encajamiento del trabador de la pluma	N/A	Operador	0.02
250	Comprobar estado de la pintura	N/A	Operador	0.25
10	Comprobar y ajustar patas de estabilizadores (desplazamiento lateral)	N/A	Operador	0.15
10	Comprobar y limpiar máquina en general	Hidrolavadora	Operador	0.25
10	Engrasar pala de almeja	Aceitera	Operador	0.1

3.3. Estimación de la disponibilidad al implementar el sistema de mantenimiento

3.3.1. Mejora de la variable diseño de un sistema de gestión de mantenimiento

a. Porcentaje de Utilización

De acuerdo al estudio de Bahamóndez (2017), el porcentaje de utilización va a mejorar 5.25% si es que se implementa el sistema de gestión de mantenimiento. El porcentaje de utilización actual es 73.73%, por lo tanto, el indicador mejorado será 78.98%.

b. Horas operativas

De acuerdo al estudio de Martínez (2015), las horas operativas va a mejorar en 5.25% si es que se implementa el sistema de gestión de mantenimiento. Las horas actuales son 425.39, por lo tanto, el indicador mejorado será 447.72.

c. Porcentaje de mantenimientos correctivos

De acuerdo al estudio de Rivera (2015), el porcentaje de mantenimientos correctivos va a mejorar en 5.25% si es que se implementa el sistema de gestión de mantenimiento. El porcentaje de mantenimientos correctivos es 26.27%, por lo tanto, el indicador mejorado será 21.02%.

3.3.2. Disponibilidad de los equipos de carguío y acarreo

a. Cantidad de horas de mantenimiento planificado

De acuerdo al estudio de Soto (2016), la cantidad de horas de mantenimiento planificado va a mejorar en 5.25% si es que se implementa el sistema de gestión de mantenimiento. La cantidad de horas de mantenimiento planificado es 220.44, por lo tanto, el indicador mejorado será 208.87 horas.

b. Porcentaje de disponibilidad del equipo

Se evalúa la mejora de acuerdo a los estudios analizados, que determinan el impacto del plan de mantenimiento en la disponibilidad de los equipos empleados en minería.

Tabla 37
Comparativo teórico de disponibilidad.

Autor	Estudio	Universidad/ País/Ciudad	Incremento en la disponibilidad	Promedio total
Ordóñez (2012)	Propuesta de un plan de mantenimiento para equipos de línea amarilla que realizan trabajos en mina	Universidad Politécnica Salesiana/ Cuenca/Ecuador	7%	
Espinoza (2018)	Mejora del Plan de Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Disponibilidad de los equipos mineros de la empresa Allin Group Javier Prado S.A.	Universidad Tecnológica del Perú/ Lima/ Perú	4%	
Carbajal (2016)	Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la flota de camiones mineros en la mina Antamina	Universidad Nacional de Trujillo/ Trujillo/ Perú	4%	5.25%
Saavedra y Silva (2017)	Propuesta de mejora del plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad operativa de los camiones mineros en una empresa minera del Norte del Perú	Universidad Privada de Norte/Cajamarca/ Cajamarca	6%	

De acuerdo a los datos mostrados en la tabla 37, se prevé que, con este plan de mantenimiento preventivo, va a incrementar el 5.25% de la disponibilidad de los equipos mineros. Asimismo, se mejoraron el estado de los indicadores como se muestra en la tabla 38.

Tabla 38
Mejoras de la disponibilidad de los equipos.

EQUIPO	DISPONIBILIDAD	DISPONIBILIDAD MEJORADA
	2020	
Retroexcavadora JCB	44.38%	49.63%
Excavadora JCB	47.37%	52.62%
Volquete 18 cubos	60.26%	65.51%
Camioneta Hilux	59.94%	65.19%
Bobcat JCB	30.86%	36.11%
PROMEDIO		53.81%

La tabla 38, muestra el incremento de la disponibilidad de los equipos, que es 5.25% en promedio, considerando los antecedentes teóricos. En algunos equipos se supera el target establecido por el área de mantenimiento.

3.3.3. Resumen de los indicadores mejorados

Tabla 39

Resumen de los indicadores mejorados.

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	VALOR ACTUAL	VALOR MEJORADO
Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento (variable independiente)	Utilización de los equipos	% de Utilización	73.73%	78.98%
		Horas operativas	425.39	447.72
	Operatividad de los equipos	% de mantenimientos correctivos	26.27%	21.02%
Disponibilidad de los equipos de carguío y acarreo (variable dependiente)	Tiempo de funcionamiento	Cantidad de horas de mantenimiento planificado	220.44	208.87
	Mejora de la confiabilidad	Porcentaje de disponibilidad del equipo	48.56%	53.81%

3.3. Análisis económico

FLUJO DE CAJA	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	TOTAL
EGRESOS							
Sistema de mantenimiento Retroexcavadora JCB	S/ 2,000.00					S/	2,000.00
Sistema de mantenimiento Excavadora JCB	S/ 2,000.00					S/	2,000.00
Sistema de mantenimiento Volquete 18 cubos	S/ 2,000.00					S/	2,000.00
Sistema de mantenimiento Camioneta Hilux	S/ 2,000.00					S/	2,000.00
Sistema de mantenimiento Bobcat JCB	S/ 2,000.00					S/	2,000.00
Actualización de los mantenimientos		S/ 3,000.00	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00	S/ 15,000.00
TOTAL EGRESOS	S/ 10,000.00	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00	S/ 25,000.00
FLUJO ENTRANTE							
Ahorro	S/ -	S/ 8,300.00	S/ 8,300.00	S/ 8,300.00	S/ 8,300.00	S/ 8,300.00	S/ 41,500.00
TOTAL BENEFICIOS	S/ -	S/ 8,300.00	S/ 8,300.00	S/ 8,300.00	S/ 8,300.00	S/ 8,300.00	S/ 41,500.00
FLUJO ANUAL DE CAJA	-S/ 10,000.00	S/ 5,300.00	S/ 5,300.00	S/ 5,300.00	S/ 5,300.00	S/ 5,300.00	S/ 16,500.00
TMAR	15%						
TIR	45%						
VAN	S/ 24,899.83						
B/C	S/ 1.39						

La propuesta es viable, ya que el TIR es 45%, el VAN es 24 899.83 soles y es mayor a 0, y la relación B/C es 1.39, lo cual quiere decir que por cada sol gastado se gana 0.39 soles.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

La presente investigación nos ha permitido asegurar que es importante el sistema de mantenimiento para los equipos de carguío y acarreo de la empresa W&J Minería y Construcción S.A.C., en la realización de trabajos mineros, en la fase de diagnóstico la empresa en estudio no contaba con un sistema de mantenimiento, lo cual representaba pérdidas económicas para la empresa, siendo la disponibilidad inicial de la retroexcavadora JCB fue 88.64%, de la excavadora JCB fue 89.21%, el volquete 18 cubos fue 92.00%, de la camioneta Hilux fue 91.90% y del Bobcat JCB fue 86.09%; sin embargo, después de diseñar el sistema de mantenimiento se incrementó de la retroexcavadora JCB a 93.89%, de la excavadora JCB a 94.46%, el volquete 18 cubos a 97.25%, de la camioneta Hilux a 97.15% y del Bobcat JCB a 91.34%.

El presente sistema consistió en la elaboración de fichas de mantenimiento preventivo para los equipos estudiados; lo cual es diferente al estudio de Carrillo (2016) que implementó fichas por equipos, además lo complementó con fichas Kaizen y 5S, incrementando su disponibilidad de 72% a 93%. Asimismo, Córdova (2017), en su investigación aplicó herramientas de diagnóstico como Ishikawa, Jack Nife, Pareto y análisis de indicadores. En esta tesis, no se aplicaron pilares de mantenimiento TPM, a comparación de Bonzi (201), quien utilizó el TPM en una fábrica de gaseosas, y con ello mejoró la disponibilidad en 23% ya que aplicó los cinco pilares sugeridos.

En los estudios de Cruz (2014) y de Barrientos (2017), en sus estudios analizan a los equipos CAT336 e implementan los planes de mantenimiento preventivo, e incrementan su disponibilidad en 15%, con ello mejoran la utilidad de la empresa en

10%, este estudio concuerda con los resultados de esta investigación; en ambos casos se eleva la disponibilidad de los equipos, sin embargo, los tesisistas no evalúan la utilidad ni costos.

Sin embargo, en las investigaciones de Pesántez (2015) y de Bravo y Castro (2014) elaboran un sistema de mantenimiento correctivo, plan de producción de equipos, ya que encuentra alteraciones en la calidad del producto y daños más considerables en los equipos afectados, si bien es cierto que en esta tesis no se compara con otros planes de mantenimiento, se concuerda con el antecedente.

Por otra parte, Buelvas y Martínez (2014) aplicó fichas de mantenimiento de acuerdo a las horas recorridas por equipo, al igual que en esta tesis se ha considerado las horas de trabajo y los kilómetros recorridos para el caso de la camioneta Hilux.

Araujo y Romero (2016) incrementó su disponibilidad en 13%, sin embargo, en esta investigación se incrementó 5.25%, ya que en el antecedente se han considerado algunos pilares del Mantenimiento Productivo Total.

4.2 Conclusiones

- El diagnóstico de la situación actual determina que el problema principal que afecta a los equipos es la baja disponibilidad, lo cual se debe a la falta de un sistema de mantenimiento preventivo, sus fallas son frecuentes, es por ello que urge medidas de mejora. La disponibilidad de la retroexcavadora JCB fue 44.38%, de la excavadora JCB fue 47.37%, el volquete 18 cubos fue 60.26%, de la camioneta Hilux fue 59.94% y del Bobcat JCB fue 30.86%.
- El sistema de mantenimiento de los equipos consiste en la elaboración de las fichas de mantenimiento preventivo, formato de inspección diaria, formato de solicitud de mantenimiento, formato de registro de mantenimientos preventivos y la estimación de tiempos de mantenimientos.

- El sistema de mantenimiento incrementó la disponibilidad de la retroexcavadora JCB a 49.63%, de la excavadora JCB a 52.62%, el volquete 18 cubos a 65.51%, de la camioneta Hilux a 65.19% y del Bobcat JCB a 36.11%, las mejoras se han determinado mediante un análisis de los antecedentes teóricos ya que la investigación no está implementada.
- El diseño del sistema de mantenimiento para los equipos es viable, ya que tiene un TIR de 45%, un VAN de 24,899.83 soles y una relación Beneficio/Costo 1.39 soles.

REFERENCIAS

- Bahamóndez, M. (2017). Implementación Sistema de Gestión para Reducción de Costos Optimizando el Desempeño por Componente en Equipos Mineros. *Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil de Minas*. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146289/Implementaci%C3%B3n-Sistema-de-Gesti%C3%B3n-para-Reducci%C3%B3n-de-Costos-Optimizando-el-Desempe%C3%B1o-por-Componentes-en-Equipos-Mineros.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bances, R. (2017). Implementación de lean manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánica Wensay Aceros S.A., Puente Piedra, 2017. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1387/Bances_PR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bonzi, J. (2016). Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres. *Tesis para Optar el grado de Ingeniero Civil de Minas*. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139829/Propuestas-de-mejora-de-la-utilizacion-efectiva-en-base-a-disponibilidad-de-la-flota-de-carguio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabrera, H. (2016). Propuesta de mejora de la calidad mediante la implementación de técnicas Lean Service en el área de servicio de mecánico de una empresa automotriz. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de

repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/620950/1/CABRERA_VH.pdf

Calderón, N. (2014). Mejora del Tiempo de Operatividad de Camiones Volquetes en Proyectos de Mantenimiento Vial, utilizando Teoría de Confiabilidad en un Sistema Simulado. *Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/4241/1/Calderon_qn.pdf

Chau, L. (2013). Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierras de una empresa Cajamarquina dedicada a la Minería. *Tesis Magistral*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/813/1/chau_lj.pdf

Chávez, H., & Espinoza, R. (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*). Hualgayoc, Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7661/Ch%C3%A1vez%20Salazar%20hermit%C3%A1neo%20Espinoza%20Giron%20Richard%20Edu%20%28Tesis%20Parcial%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Corrales, M. (2014). Implementación del Plan de Mantenimiento a la Flota de Palas Eléctricas Tz-Wk12c en la Unidad Minera Shougang Hierro Perú S.A.A. con la Finalidad de Aumentar la Disponibilidad. (*Tesis de pregrado*). Trujillo, La Libertad, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7661/Ch%C3%A1vez%20Salazar%20hermit%C3%A1neo%20Espinoza%20Giron%20Richard%20Edu%20%28Tesis%20Parcial%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Da Silva, D. (2013). Proyecto de Creación de una Fábrica de Briquetas de Aserrín en Santa Rosa del Aguaray. (*Tesis*). Santa Rosa del Aguaray, Paraguay: Universidad Tecnológica Intercontinental. Obtenido de <http://www.utic.edu.py/v6/investigacion/attachments/article/72/TESIS%20FINAL%20DERLIS%20DA%20SILVA.pdf>
- Galván, D. (2013). Análisis de la Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mediante el Modelo de Opciones Reales. (*Tesis de maestría*). D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5393/Tesis%20.pdf?sequence=1>
- García, M. (2014). Diseño de Proceso y de Planta Piloto para Fabricación de Briquetas de Aserrín. (*Tesis de pregrado*). Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1829/ING_535.pdf?sequence=1
- Marca, C. (2014). Análisis de la Disponibilidad y Rendimiento de los Equipos de Carguío y Transporte en la Empresa Contratista SMCOSA, Mina Colquijirca de SMBSA. *Tesis para Optar el Grado de Ingeniero de Minas*. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/567>
- Martínez, A. (2015). Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria a Minera Yanacocha. *Tesis para Optar el Grado de Ingeniero Industrial*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/600661/2/Tesis+Mart%C3%ADnez+Calizaya.pdf>

- Piérola, D. (2017). Optimización del Plan de Minado de Cantera de Caliza la Unión Distrito de Baños del Inca – Cajamarca. (*Tesis de pregrado*). Baños del Inca, Cajamarca, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5634/Pi%C3%A9rola_Vera_Demetrio.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rivera, J. (2015). Modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos en disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad y costos. (*Tesis de pregrado*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/136233/Modelo-de-toma-de-decisiones-de-mantenimiento-para-evaluar-impactos.pdf?sequence=1>
- Rodríguez, M. (2012). Propuesta de Mejora de la Gestión de Mantenimiento Basado en la Mantenibilidad de Equipos de Acarreo de una Empresa Minera de Cajamarca. *Tesis profesional para Optar el Título de Ingeniero Industrial*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <repositorio.upn.edu.pe/.../Rodriguez%20del%20Aguila%2CMiguel%20Angel.pdf>
- Samamé, W. (2017). Determinación del Poder Calorífico de Briquetas de Carbón Utilizando Cantidades de Residuos de Biomasa. (*Tesis de pregrado*). Chiclayo, Lambayeque, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10893/samame_gw.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Soto, C. (2016). Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Acarreo en Minería Superficial. *Tesis para Optar el Grado de Ingeniero de Minas*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de tesis.pucp.edu.pe/.../SOTO_VILCA_TARAZONA_NÉSTOR_DISEÑO_ACARREO_M

- Súarez, R. (2015). Aplicación de herramientas lean en el área de mantenimiento de una empresa minera. (*Tesis de pregrado*). Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Obtenido de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/30249/fichero/PFC_Ra%C3%BAI_Su%C3%A1rez_Vicente.pdf
- Vera, A. (2014). Diseño de Briquetas Ecológicas para la Generación de Energía Calórica y Mejoramiento de Ecosistemas en el Corregimiento de Nabusimake, Municipio de Pueblo Bello-Cesar. (*Tesis de pregrado*). Valledupar, Cesar, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/6111/1/92694041.pdf>
- Vicente, J. (2017). Estudio de la influencia del porcentaje de arcilla en la calidad de las briquetas de hojas de caña de azúcar mediante ensayos físicos y térmicos. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de tesis.pucp.edu.pe/.../VICENTE_JAN_ARCILLA_BRIQUETAS_CAÑA_AZUCAR.pdf.
- Villarroel, G., & Amigo, P. (2013). Estudio de Prefactibilidad para la Implementación de una Planta Briqueteadora en el Aserradero de la Empresa Salfa de Punta Arenas. (*Tesis de pregrado*). Punta Arenas, Magallanes, Chile: Universidad de Magallanes. Obtenido de http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/amigo_borgeau_2011.pdf

ANEXOS

Anexo N° 1. Guía de Entrevista

Se aplicó la guía de entrevista para diagnosticar la situación actual del proceso de mantenimiento.

1. ¿Cuáles es la secuencia del proceso de mantenimiento?
2. ¿Qué equipos utiliza la empresa para el proceso de mantenimiento?
3. ¿Cuáles son las características de los equipos en mantenimiento?
4. ¿Cuáles son los parámetros operativos de los equipos de mantenimiento?
5. ¿Cuál es el histórico de fallas y paradas de los equipos de mantenimiento desde enero del 2020 a diciembre del 2020?
6. ¿Cuál es la frecuencia de causas de fallas de los equipos desde enero del 2020 a diciembre del 2020?
7. ¿Cuál es su disponibilidad esperada establecido por la empresa?
8. ¿Cuál es la frecuencia de las fallas de los equipos del proceso de carguío y acarreo desde enero del 2020 a diciembre del 2020?
9. ¿Cuál es la duración de las fallas de los equipos del carguío y acarreo desde enero del 2020 a diciembre del 2020?
10. ¿Cuál es el MTBF y MTTR esperado establecido por la empresa?

Anexo N° 2. Ficha resumen

Ficha Resumen

Se aplicó la ficha resumen para resumir los reportes de fallas y para diagnosticar la situación actual del proceso de mantenimiento.

Ficha Resumen de Reportes

Área:

Tipo de falla:

Equipo implicado:

Duración de la falla:

Observación:
