



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

“INFLUENCIA DEL TIEMPO REAL DEL CICLO DE CARGUIO Y ACARREO DE MINERAL EN LOS INGRESOS DESDE EL BANCO 3300 HASTA LA FASE 4, EN EL PROYECTO MINERO EL TORO, HUAMACHUCO 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

James Joyce Martos Paredes

Wilson Yopla Quispe

Asesor:

Ing. Roberto Severino Gonzales Yana

Cajamarca – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres James Joyce Martos Paredes y Wilson Yopla Quispe, denominada:

"INFLUENCIA DEL TIEMPO REAL DEL CICLO DE CARGUIO Y ACARREO DE MINERAL EN LOS INGRESOS DESDE EL BANCO 3300 HASTA LA FASE 4, EN EL PROYECTO MINERO EL TORO, HUAMACHUCO 2018"

Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.
ASESOR

Ing. Elmer Ovidio Luque Luque
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León
JURADO

Ing. Maryuri Yohana Vega Eras
JURADO

DEDICATORIA

A mi Madre:

Por darme la vida y ser un ejemplo de superación para mí, guiándome siempre por el camino correcto de sus buenos principios, a mi familia por el apoyo incondicional que siempre me brindaron y a mis tres hijos, que son la razón de mi superación diaria en busca de un futuro mejor.

James J. Martos Paredes

Mi tesis la dedico con todo amor y cariño a mi madre, por haberme apoyado en todo momento por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor. Y a mis hermanos, que con sus consejos han servido de motivación para llegar a este momento tan importante para mí.

Wilson Yopla Quispe

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos brindado la vida y poder llegar a culminar una de nuestras metas, la elaboración y sustentación de nuestra tesis, a nuestras familias que con su apoyo incondicional nos incentivaron seguir adelante día a día a pesar de las adversidades que se presentan en el camino de nuestra formación.

A la Universidad Privada del Norte y a nuestros docentes por acogernos en sus aulas e inculcarnos sus conocimientos en beneficio de nuestra formación.

Al Ing. Roberto Severino Gonzales Yana, por ser un apoyo para lograr culminar nuestra tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema.....	11
1.2.1 Justificación teórica.	11
1.3. Limitaciones	12
1.4. Objetivos	12
1.4.1. Objetivo General.....	12
1.4.2. Objetivos Específicos	12
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Antecedentes	13
2.1.1. A Nivel Internacional.....	13
2.1.2. A Nivel Nacional	13
2.2. Bases Teóricas	15
2.2.1. Productividad	15
2.2.2. Tiempo total de operación	17
2.2.3. Ciclo total de acarreo y transporte.....	21
2.3. Definición de términos básicos	22
2.3.1. Acarreo	22
2.3.2. Productividad	22
2.3.3. Transporte de material.....	22
2.3.4. Volquete.....	22
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....	23
3.1. Formulación de la hipótesis	23
3.2. Hipótesis específicas.....	23
3.3. Variables	23
3.4. Operacionalización de variables	24
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	25
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	25
4.2. Material de estudio.....	25

4.2.1.	Unidad de estudio.....	25
4.2.2.	Población.....	25
4.2.3.	Muestra.....	25
4.3.	Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	26
4.3.1.	Análisis de datos.....	26
4.3.2.	Instrumentos de Investigación.....	27
CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....		28
5.1.	Analizar los tiempos en campo en el ciclo de acarreo de mineral desde del banco 3300 hasta la fase 4.....	28
CAPÍTULO 5. RESULTADOS.....		39
6.1.1.	Identificación de bancos y distancias.....	39
6.1.2.	Identificación de tiempos.....	39
6.1.3.	Identificación de velocidad.....	40
6.1.5.	Velocidad promedio.....	40
6.2.	Propuesta de optimización de tiempos.....	40
6.2.1.	Mantenimiento centrado para mejorar la disponibilidad mecánica de volquete ..	40
6.2.2.	Estudio de Consecuencia de Fallos Criticidad de volquete.....	41
6.2.3.	Proceso de elaboración matriz de priorización de equipos.....	41
6.2.4.	Cambios que resulten efectivo para el control de mantenimiento.....	42
6.2.5.	AMFE de corrección.....	45
6.2.6.	AMFE de tareas.....	49
6.2.7.	Descripción posterior a la implementación del mantenimiento centrado a la confiabilidad (RCM).....	52
CAPITULO 7. DISCUCIONES.....		57
CONCLUSIONES.....		58
REFERENCIAS.....		59
ANEXOS.....		60

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Resultados de los tres primeros ciclos de acarreo de mineral	18
Tabla 2 Tiempos de posicionamiento en punto de carguío según condiciones de operación.	18
Tabla 3 Tiempo promedio según el tipo de descarga.	20
Tabla 4 Operacionalización de las Variables.....	61
Tabla 5 Parte trabajo volquete T4V – 886.	61
Tabla 6 Análisis de tiempo del volquete T4V – 886.....	28
Tabla 7 Parte trabajo volquete T8J-885.....	29
Tabla 8 Análisis de tiempos del volquete T8J-885.	29
Tabla 9 Parte trabajo volquete T4V-886.....	29
Tabla 10 Análisis del volquete T4V-886.	30
Tabla 11 Parte trabajo volquete T8S-874.....	64
Tabla 12 Análisis de tiempos en volquete T8S-874.	31
Tabla 13 Parte de trabajo en volquete T8S-862.....	65
Tabla 14 Análisis de tiempos T8S-862.	65
Tabla 15 Parte de trabajo en volquete Exc 336D.....	66
Tabla 16 Análisis de tiempos en volquete Exc 336D.	33
Tabla 17 Parte de trabajo en volquete Exc 349.....	67
Tabla 18 Análisis de tiempos en volquete Exc 349.	33
Tabla 19 Parte de trabajo en volquete Exc 374D1.	68
Tabla 20 Análisis de tiempos en volquete Exc 374 D1.	34
Tabla 21 Cuadro diferencia de horas vs horómetro.	34
Tabla 22 Gravedad a modos de falla.....	43
Tabla 23 Frecuencia a modos de falla.....	43
Tabla 24 Defectibilidad de modo y causa de falla.	44
Tabla 25 AMFE de corrección	46
Tabla 26 Tareas De Mantenimiento AMFE.	50

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo determinar la influencia del tiempo real del ciclo de carguío y acarreo de mineral en los ingresos desde el banco 3300 hasta la fase 4, en el Proyecto Minero El Toro, Huamachuco 2018. Además, analizar los tiempos en campo, determinar los tiempos muertos en el ciclo del banco 3300 hasta la fase 4, realizar una propuesta de optimización de tiempos.

La hipótesis de esta tesis explica que el cálculo del tiempo real del ciclo desde el banco 3300 hasta la fase 4 influye favorablemente en el aumento de ingresos de la empresa Corporación del Centro (CDC), ya que con ello se propondrá medidas para optimizar los tiempos, en el proyecto minero El Toro.

La investigación desarrollada es Aplicada - descriptiva, la cual busca especificar propiedades, características y rasgos importantes que influyen en el cálculo de los tiempos reales en el transporte minero, teniendo como variable independiente: Tiempo real y Variable dependiente: Ciclo del banco 3300 hasta la fase 4 mineral.

Con esta tesis se concluye que, mediante el análisis de tiempos empleados en campo la productividad es muy variable, ya que ésta va desde 8.17 ton/ hora hasta 76.8 ton/hora para los volquetes que transportan el mineral, los viajes de traslado que realizan van desde 10 hasta 22 viajes/día.

Los tiempos muertos se producen principalmente en el lapso de la voladura, que abarca 1.5 horas. Asimismo, se producen paradas por el mal estado de las vías, por el poco avance de cargado de mineral y por dificultades mecánicas de los volquetes.

La propuesta de optimización de tiempos en el ciclo del banco 3300 hasta la fase 4 mineral se realizará mediante un mantenimiento centrado para mejorar la disponibilidad mecánica, un estudio de consecuencia de fallos, un proceso de elaboración matriz de priorización de equipos, y un Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE).

Palabras clave: Control de tiempos, Tiempo del ciclo, Carguío y acarreo, volquetes.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to determine the influence of the calculation of the real time of the cycle from the 3300 bank to the mineral phase 4, in the income of the company CDC Gold, in the El Toro Mining Project, Huamachuco 2018. In addition, analyze the time in the field, determine the dead times in the bank 3300 cycle until the mineral phase 4, make a proposal of time optimization. The hypothesis of this thesis explains that the calculation of the real time of the cycle from bank 3300 to mineral phase 4 favorably influences the increase in income of the company CDC Gold, since this will propose measures to optimize the times, in the El Toro mining project. The research developed is Applied - descriptive, which seeks to specify properties, features and important features that influence the calculation of real time in mining transport, having as variables the following: Independent variable: Real time and dependent variable: Bank cycle 3300 up phase 4 mineral. With this thesis it is concluded that through the analysis of time spent in the field it was possible to conclude that the productivity is very variable, since it goes from 8.17 ton / hour to 76.8 ton / hour for the dump trucks that transport the ore, the transfer trips that They perform ranging from 10 to 22 per day. Dead times occur mainly during the period of blasting, which covers 1 hour and a half. Likewise, there are stops due to the poor condition of the roads, due to the little advance of loading of ore and mechanical difficulties of the dump trucks. The proposal of optimization of times in the cycle of the bank 3300 until the mineral phase 4 will be made by means of a centered maintenance to improve the mechanical availability, a study of consequence of failures, a process of elaboration matrix of prioritization of equipment, and an AMFE.

Keywords: Time control, cycle time, loading and hauling, tippers.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Proyecto minero El Toro, la Corporación del Centro S.A.C, se dedica a la minería metálica a tajo abierto obteniendo como único metal principal el oro; dentro de su programa ha venido adquiriendo (comprando y alquilando) diferentes maquinarias para lograr así optimizar sus operaciones de minado; pero al mismo tiempo no se ha implementado un sistema de control de equipos adecuado u óptimo que apoye y realice el control más eficiente de las horas efectivas. Uno de los más grandes problemas o dificultades que se tiene en el área de operaciones mina de la corporación, es el ineficiente e inadecuado control de los equipos con los que se trabaja en los cuatro procesos unitarios de mina.

Actualmente sólo se cuenta con un proceso de control de horómetro de los equipos, el cual consiste en un pequeño formato que es llenado por controladores o personal de piso, tomando como indicadores el horómetro Inicial y horómetro final de cada uno de los equipos que se encuentran asignados al área de trabajo; el cual no tiene en cuenta aspectos para controlar horas efectivas u horas reales trabajadas, contabilizando todo como un global sin tener en cuenta horas de paradas o tiempos muertos o tiempos no operativos como: Tiempo de calentamiento del motor del equipo, tiempo de traslado de los equipos cuando se reubican de punto de carguío o punto de trabajo, tiempo de abastecimiento de combustible, tiempo por fallas mecánicas, tiempo por engrase, tiempo por lubricación, tiempo de paradas por temas climáticos, etc. con el proceso de control de horómetros, en donde se toma un dato de horómetro inicial y un dato de horómetro final por guardia, nos da como resultado 11 horas efectivas de trabajo; las cuales son erróneas, ya que no toman en cuenta paradas o fallas mecánicas de los equipos o tiempos muertos.

Con esta investigación se propone, optimizar tiempos de carguío y acarreo de mineral; en los ingresos desde el banco 3300 hasta la fase 4.

Tabla 1

Resultados de los tres primeros ciclos de acarreo de mineral en Proyecto minero El Toro

PROYECTO MINERO EL TORO, HUAMACHUCO, 2018"			
VOLQUETE (PLACA):	T4V - 886		
FECHA:	24/11/17		
NOMBRE DEL CONDUCTOR:	Fabio Bautista Monzón		
CONTROLADOR:	Jobito Alfaro		
HOROMETRO DE INICIO:	25496.8		
HOROMETRO FINAL:	25498.8		
HORAS HORÓMETRO:	1.70		
HORAS CONCILIADAS:	1.51 h.		
DIFERENCIA DE HORAS:	0.19 h.		
N° DE VIAJES			
VIAJES	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	ORIGEN
1	07:37	08:21	FASE 2
2	08:21	08:55	FASE 2
3	08:55	09:27	FASE 2

Fuente: Elaboración propia, 2018.

1.2. Formulación del problema

¿La influencia del tiempo de ciclo de carguío y acarreo de mineral influye positivamente en los ingresos de mineral desde el banco 3300 hasta la fase 4, en el proyecto minero el toro, Huamachuco 2108?

1.2.1 Justificación teórica.

El presente proyecto, está elaborado con el fin de enriquecer y ampliar la información existente sobre el proceso de carguío y acarreo de mineral en los ingresos desde el banco 3300 hasta la fase 4, en el Proyecto Minero el Toro. Esta técnica se viene desarrollando en distintas unidades mineras como una buena técnica en la minimización de costos.

1.2.2 Justificación técnica.

Este proyecto se justifica técnicamente en las exigencias del cliente (Operaciones), que necesita el más mínimo costo de carguío y acarreo de mineral y desmonte en la unidad minera, y ponerlo como buena práctica en otras sucursales mineras.

1.2.3 Justificación económica.

La optimización del ciclo de carguío y acarreo de mineral y desmonte, brindará la información de minimización de costos, tomando en cuenta los tiempos muertos, paradas, descarga y retorno a un nuevo ciclo, evitando gastos adicionales en toda la operación.

1.2.4 Justificación académica.

El fin del desarrollo de este trabajo de investigación es obtener el título profesional de Ingeniero de Minas.

1.3. Limitaciones

- Los tiempos son variables ya que depende del material a transportar.
- La tesis se realizó sólo con datos promedios, por falta de compromiso de la empresa.
- La Información restringida por parte de las empresas especializadas en éste rubro.
- El tiempo de aculatamiento de los camiones ya que no está considerado por la empresa dentro del ciclo de carguío y acarreo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar la influencia del tiempo real del ciclo de carguío y acarreo de mineral en los ingresos desde el banco 3300 hasta la fase 4, en el Proyecto Minero El Toro, Huamachuco, en el año 2018.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar los tiempos en campo empleados en el ciclo de carguío y acarreo de mineral del banco 3300 hasta la fase 4.
- Determinar los tiempos muertos en el ciclo de carguío y acarreo de mineral desde del banco 3300 hasta la fase 4.
- Realizar una propuesta de optimización de tiempos en el ciclo de carguío y acarreo de mineral desde el banco 3300 hasta la fase 4.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A Nivel Internacional

- Preciado, (2012), realizó su Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias, área administración, en la Universidad de Colima - México, titulada: "*Diseño y Aplicación de un Modelo Económico para la Toma de Decisiones en Reemplazo de Equipo de Acarreo en una Mina a Cielo Abierto*". El presente trabajo propuso un modelo económico para la toma de decisiones en reemplazo de equipo de acarreo en la minería a cielo abierto. En él se define la información necesaria y su evaluación, mediante las técnicas de la ingeniería económica. El proceso concluye que, presentando las bases de comparación, mismas que servirán para que los administradores y accionistas confronten con los criterios establecidos, y opten por la alternativa más viable para la compañía. Como ejemplo de aplicación del modelo, se considera un caso real de la empresa minera Peña Colorada. Peña Colorada tiene planeado en el presente año, desarrollar un estudio económico, con el propósito de determinar si es viable la sustitución de 11 camiones de 120 toneladas de capacidad, utilizados para transportar mineral de los bancos de la mina al proceso de trituración. Estos equipos rebasan en 10,000 horas, su vida útil estimada. Es conveniente aclarar que estos cálculos vienen desde años atrás y no es la intención mostrarlos como una novedad. Sin embargo, los administradores aún con una gran visión en los negocios, pero sin preparación metodológica en la elección de alternativas, tenderán a desaparecer en la complicada economía moderna, es por eso que se ha hecho imprescindible la ingeniería económica en la administración de las organizaciones. (Preciado, 2012)

2.1.2. A Nivel Nacional

- Riveros, (2016), realizó su Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas, en la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, titulada: "*Cálculo de la Productividad Máxima por Hora de los Volquetes en el Transporte Minero Subterráneo en la Unidad Minera Arcata 2016*". La investigación consistió en el estudio de tiempos que permitió calcular la productividad horaria de los volquetes, la cual resultó 10.156 TM/h de promedio, equivalente al 77 % de la productividad máxima, (siendo esta 13.038 TM/h). Se tomó como muestra un

volquete en forma aleatoria, y se identificaron los parámetros que influyen directamente en esta etapa del ciclo de minado. Para lo cual, se emplearon metodologías de análisis de tiempos, los que involucraron trabajos en gabinete, uso de normas legales de seguridad y trabajos en campo de toma de datos. Con un análisis de costos se pudo determinar nuevas tarifas unitarias, por cada zona de la mina para el transporte minero subterráneo, que en promedio representan 34.63 % de incremento con respecto a las tarifas unitarias actuales.

- Requejo, (2016), realizó su Tesis Sistémica para Optar el Grado de: Maestro en Gerencia de Operaciones, en la Universidad Nacional de Trujillo, titulada: "*Evaluación, Implementación de Sistema Dispatch: Control de Equipos en Minería a Cielo Abierto, en la Empresa Minera Coripuno S.A.C*". Los trabajos realizados evidencian que el área es positiva, para la ubicación de blancos de interés económico y gracias a las interpretaciones geológicas regionales (estructurales, mineralógicos, etc.) y los estudios locales efectuados han permitido identificar, el modelo y estimar el potencial que se tiene en estas áreas. Se han tomado parámetros y factores conservadores de manera que los resultados de esta evaluación representen lo más confiable en cuanto a cantidades y contenido. En el control de Costos del Área de Operaciones Mina de cualquier Empresa Minera para las Maquinarias que se encuentran a cargo del área, está basado en las Horas Efectivas, debido a que se realiza una Liquidación o una Valorización en Dólares por Hora Efectiva en Máquina Seca (\$/Hora Efectiva); es éste el motivo por el cual se debe y es necesario Evaluar e Implementar un Sistema de Control de Equipo a Tajo o Cielo Abierto (DISPACHT).
- Calixto, (2015), realizó su Tesis para optar el Título de Ingeniero de Minas, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, titulada: "*Control de Dilución Optimizando los Procesos Unitarios de Perforación, Voladura y Acarreo: Caso Práctico; Una Mina Subterránea del Norte*". El presente trabajo demuestra que tanto la dilución estimada y la sobre dilución son factores principales que originan la disminución en la ley de cabeza, para el cálculo de la sobre dilución, se tuvo en cuenta la diferencia entre dilución operativa real y la dilución operativa de diseño, para lo cual se realizó un seguimiento puntual en campo

durante un periodo de tres meses, de tres labores de explotación cuyo método es el de corte y relleno ascendente. Al realizar el cálculo de las leyes y tonelajes tanto de lo planeado y lo ejecutado se nota una gran diferencia entre las leyes de cabeza y tonelaje, esto debido principalmente a la sobre dilución, la cual ha sido medida en campo. Con el objetivo de lograr una mejor ley de cabeza sin alterar el ritmo de producción actual de 1,500 t /día, surge la necesidad de elaborar el presente proyecto, el cual presenta algunas alternativas de mejora puntuales pero muy significativas como realizar un ajuste en la sección de diseño, se propone la sección de 3.5x3.5m con lo cual la explotación sería más selectiva, esto lleva a un nuevo análisis en los equipos de producción, ciclo de minado, estimación de reservas, inversiones y análisis económico del cual se obtendrá un nuevo Valor Presente Neto que corrobore esta alternativa de mejora que se está proponiendo.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Productividad

Según Riveros (2016), la productividad involucra una regla de conducta fundamental para conseguir la mayor satisfacción con el menor costo o fatiga. Matemáticamente se puede definir a la productividad como el cociente que se obtiene al dividir la producción por uno de los factores de la producción es decir la productividad es la razón entre la cantidad producida y los insumos utilizados. Es así que este término no es una medida de producción, ni de la cantidad que se ha fabricado, sino es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir con los resultados específicos. Así que el aumento en la productividad ocupa un lugar importante en los objetivos de la organización, la empresa parece estar enfocada en ser cada día más productiva o desaparecer, no existe la alternativa de mantener el estatus quo; o avanza para no retroceder o sucumbe.

- Factores que afectan a la productividad en el transporte y acarreo
Se debe considerar que la eficiencia y el costo operativo se verán afectados por dos tipos de factores: positivos y negativos.

Factores positivos

Algunos factores que ayudan a mejorar la productividad son:

- Personal altamente capacitado.
- Innovación de las técnicas de operación.
- Adecuado mantenimiento de los equipos.
- Diseño adecuado de vías y zonas de trabajo para los equipos.
- Comunicación fluida entre conductores y la supervisión.
- Control detallado de la eficiencia de los equipos.

Factores negativos

Algunos factores que provocan pérdidas:

- Estado de las vías (resistencia a la rodadura).
- Inadecuada fragmentación del material a transportar.
- Administración y logística ineficiente.
- Falta de recurso humano.
- Problemas de tránsito.

- Productividad teórica

La producción teórica estará definida como el volumen o peso producido por unidad de operación, rigiéndose con los siguientes aspectos (Calixto, 2015):

$$\text{Productividad teórica (TM/h)} = \frac{Q}{\text{Ciclo}} * \frac{\text{Ciclo}}{\text{Hora}}$$

Dónde:

Q: Capacidad nominal del equipo (TM).

Ciclo: Tiempo de ciclo de acarreo (min).

- Productividad promedio

La productividad promedio involucra al peso o volumen por hora producido por unidad en operación, considerando retrasos fijos y variables. Esta tasa de producción debe aplicarse al periodo de tiempo deseado (turno, día) para estimar la producción total. (Calixto, 2015)

$$\text{Productividad promedio (TM/h)} = 60 * \frac{((T - R) * e * Q)}{(T - Tc)}$$

Dónde:

- T: Duración del periodo de tiempo total (min).
- R: Retrasos fijos (min).
- e: Eficiencia de trabajo (Retrasos variables, en %).
- Q: Capacidad nominal del equipo (TM).
- Tc: Tiempo de ciclo de transporte (min).

- Productividad máxima por hora

La productividad máxima corresponde al peso o volumen por hora producida por una unidad en operación, considerando los retrasos variables. Esta tasa de producción debe aplicarse para determinar el número de unidades de transporte asignadas a un scoop, para lograr cierta producción requerida. Esta se determina de la siguiente manera (Calixto, 2015):

$$\text{Productividad máxima (TM/h)} = 60 * \frac{(e * Q)}{(Tc)}$$

Dónde:

- e: Eficiencia de trabajo (retrasos variables en %).
- Q: Capacidad nominal del equipo (TM).
- Tc: Tiempo de ciclo de transporte (min).

2.2.2. Tiempo total de operación

Es el tiempo real en el que el volquete realiza un trabajo directamente relacionado con la producción. Se define como la suma de los diferentes tiempos del ciclo de transporte (tiempo de giro y posicionamiento, tiempo de carguío, tiempo de transporte, tiempo de descarga y tiempo de regreso). (Calixto, 2015)

- Tiempo de giro y posicionamiento en el punto de carguío (Tg)

Es el tiempo que demora el volquete en posicionarse en el punto de carguío. Este tiempo depende del tipo de equipo de transporte y de las condiciones de trabajo. El posicionamiento descuidado en el punto de carguío es una práctica que puede causar grandes pérdidas en tiempo de operación. Un buen posicionamiento de los volquetes permite reducir el tiempo de giro del scoop y aumentar su productividad.

Tabla 2

Tiempos de posicionamiento en punto de carguío según condiciones de operación.

Condiciones de operación	Tiempo de Posicionamiento (min)		
	Inferior	Trasera	Lateral
Favorable	0.15	0.15	0.15
Promedio	0.5	0.3	0.5
Desfavorable	1	0.5	1

Fuente: (Riveros, 2016).

- Tiempo de carguío (Tc)

Es el tiempo de carguío que demora el volquete en ser llenado en el buzón o cargado por el scoop. El tiempo de carga depende del número de lampones necesarios para llenar la capacidad del volquete (o unidad de transporte). Se puede calcular según la siguiente fórmula (Preciado, 2012):

$$\text{Tiempo de carguío (min)} = T_e * N$$

Dónde:

T_e: Tiempo de ciclo del scoop (min).

N: Número de pases.

El número de lampones (N) necesarios para colmar la capacidad del volquete se determina de la siguiente manera:

$$N^o = \frac{Q}{(c * f * e * Pe)}$$

Dónde:

Q: Capacidad nominal del equipo (TM).

C: Capacidad nominal de la cuchara (m³).

f: Factor de llenado de la cuchara (en %).

e: Esponjamiento del material (en %).

P.e.: Peso específico del material in situ (TM/m³)

Según Rivero (2016) el porcentaje del factor de llenado dependerá del tipo de material a ser cargado, así se tiene:

- Roca bien fragmentada: 90 – 95 %
- Roca fragmentada mediana: 75 – 90 %
- Roca mal fragmentada: 60 – 75%

Así también Rivero (2016) indica que el porcentaje de esponjamiento de material a ser cargado, será:

- Roca blanda bien fragmentada: 67 – 68 %
- Roca dura bien fragmentada: 65 %
- Roca dura mal fragmentada: 50 %

- Tiempo de acarreo y transporte (T_a)

Es el tiempo para que el volquete cargado recorra la distancia existente hasta el lugar de destino. Depende de la distancia de acarreo "D" y de la velocidad que utiliza el volquete con carga. (Preciado, 2012)

$$T_a = D / V_c$$

Dónde:

D: Distancia de acarreo (m).

V_c : Velocidad con carga (m/min)

- Tiempo de descarga y maniobras (T_d)

Este tiempo depende de las condiciones de trabajo y del tipo de descarga del equipo. Se debe considerar que en el área de descarga no debe estar ningún equipo en movimiento, para que el volquete pueda ingresar y avanzar en retroceso una determinada distancia y descargar el material realizando las maniobras de aceleración y frenado correspondiente para luego retornar hacia el destare. Siempre se debe visualizar las condiciones en el área de trabajo para la determinación del tiempo de descarga. (Preciado, 2012)

Tabla 3

Tiempo promedio según el tipo de descarga.

Tiempo según el Tipo de Descarga (min)			
Condiciones de operación	Inferior	Trasera	Lateral
Favorable	0.3	0.15	0.7
Promedio	0.6	0.3	1.0
Desfavorable	1.5	1.5 – 2.5	1.5

Fuente: (Riveros, 2016).

- **Tiempo de retorno (Tr)**

Es el tiempo que demora el volquete en ingresar vacío desde el punto de descarga (tolva de finos / desmontera) hasta el punto de carguío. Depende de la distancia de acarreo "D" y de la velocidad que utiliza el volquete vacío en retornar. (Preciado, 2012)

$$Tr = D / Vr$$

Dónde:

D: Distancia de acarreo (m)

Vr: Velocidad del volquete vacío (m/min)

Entonces, para considerar un ciclo completo de trabajo de acarreo de material este será la sumatoria del tiempo de giro y posicionamiento, tiempo de carguío, tiempo de transporte, tiempo de descarga y tiempo de regreso. Considerando que el ciclo de transporte comprende 2 tipos de tiempos:

Tiempo fijo (Tf):

Está formada por el tiempo usado para el giro y las maniobras del volquete, más el tiempo en el que el scoop empieza la operación de carga, más el tiempo de descarga y el tiempo de demora. (Preciado, 2012)

$$Tf = Tg + Tc + Td + Tb$$

Dónde:

Tf: Tiempo fijo (min)

Tg: Tiempo de giro y posicionamiento (min)

Tc: Tiempo de carguío (min)

Td: Tiempo de descarga (min)

Tb: Tiempo de demora (min).

Tiempo Variable (Tv):

Los tiempos variables para el acarreo y retorno se determinarán dividiendo la distancia entre las velocidades medias de ambos trayectos. (Preciado, 2012)

$$Tv = Ta \text{ (con carga)} + Tr \text{ (sin carga)}$$

Dónde:

Tv: Tiempo variable (min)

Ta: Tiempo de acarreo con carga (min)

Tr: Tiempo de retorno sin carga (min)

Para poder acercarnos al ciclo real de acarreo será necesario considerar los límites de velocidad permitidos por el estándar de seguridad en vías de tránsito en superficie e interior mina, así como realizar un estudio de campo; lo cual deberá ser procesado mediante un análisis estadístico para poder determinar las velocidades medias de transporte y regreso considerando la pendiente de la rampa y las condiciones de la vía. Las condiciones de la vía serán determinantes para el ciclo total del transporte; ya que de ello dependerá el grado de resistencia a la rodadura de la rampa. A menor resistencia a la rodadura dará como resultado una mejor productividad y mayor seguridad. Mantener el óptimo estado de las vías se conseguirá con la aplicación de un buen material a compactar, buen drenaje, adecuado control de la polución, estandarización de cunetas y sangrías y un estricto cumplimiento de su mantenimiento. (Preciado, 2012)

2.2.3. Ciclo total de acarreo y transporte

El ciclo total de acarreo y transporte es el periodo de tiempo que demore el volquete en realizar todo un ciclo completo de trabajo considerando además los tiempos mencionados anteriormente, así como los tiempos de demora que se generan en el proceso. Entonces se puede indicar que el ciclo total de acarreo y transporte será la sumatoria de los tiempos variables generados en el trabajo de transporte y los tiempos fijos que estos producen multiplicado con el factor de eficiencia de trabajo del volquete.

$$\text{Ciclo Total de transporte} = (\text{tiempos variables} + \text{tiempos fijos}) * \%Eff$$

Los tiempos variables estarán constituidos por el tiempo de acarreo con carga, tiempo de retorno, las cuales variarán de acuerdo a la distancia y condiciones de la rampa.

Los tiempos fijos estarán constituidos por el tiempo de giro y posicionamiento para el carguío, carga y descarga determinados, así como los tiempos de demora que se generan en el proceso; los cuales son constantes independientemente de la distancia. (Preciado, 2012)

- Tiempo de demora
Existen demoras que están directamente relacionadas con el ciclo de acarreo que debemos de considerar:
- Pesado en balanza: Consiste en pesar la carga transportada proveniente de mina. El estándar de balanza indica que esta actividad se realiza entre 1 a 3 minutos.
- Destare en balanza: Consiste en pasar al volquete vacío para conocer el tonelaje extraído.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Acarreo

Se denomina acarreo al traslado corto de material roto en la mina, es decir que este transporte tiene limitaciones, o tiene un determinado radio de acción, y estarán ubicados en los frentes de operación. (Pérez Porto 2015)

2.3.2. Productividad

Involucra una regla de conducta fundamental para conseguir la mayor satisfacción con el menor costo o fatiga. Matemáticamente se puede definir a la productividad como el cociente que se obtiene al dividir la producción por uno de los factores de la producción es decir la productividad es la razón entre la cantidad producida y los insumos utilizados. (Calixto, 2015)

2.3.3. Transporte de material

En el sector minero es una actividad del sector terciario, el cual requiere de un vehículo (medio o sistema de transporte) que utiliza una determinada infraestructura (red de transporte). Este transporte puede ser horizontal, inclinado, vertical o combinado. (Preciado, 2012)

2.3.4. Volquete

Un vehículo para transportar tierra u otros materiales con un dispositivo mecánico para volcarla; o volquete, un carruaje con un cajón que se vuelca para depositar la carga de materiales. (Preciado, 2012)

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

El cálculo del tiempo real del ciclo de carguío y acarreo de mineral desde el banco 3300 hasta la fase 4 influye favorablemente en el aumento de ingresos de mineral de la empresa Corporación del Centro (CDC), ya que con ello se propondrá medidas para optimizar los tiempos, en el proyecto minero El Toro.

3.2. Hipótesis específicas

- Al analizar los tiempos en gabinete y en campo empleados en el ciclo de carguío y acarreo del banco 3300 hasta la fase 4, se logrará medir el cálculo del tiempo real.
- Si se determinan los tiempos muertos en el ciclo de carguío y acarreo del banco 3300 hasta la fase 4, podrá evaluar su eliminación.
- Si se realizar una propuesta de optimización de tiempos en el ciclo de carguío y acarreo del banco 3300 hasta la fase 4 se aumentará la rentabilidad de la empresa.

3.3. Variables

- **Independiente:**
Tiempo Real de Ciclo de carguío y acarreo
- **Dependiente:**
Ingresos de mineral.

3.4. Operacionalización de variables

Tabla 4

Operacionalización de las Variables.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADOR
Tiempo Real del Ciclo de Carguío y Acarreo de mineral del banco 3300 a fase 4	Independiente	Es aquel tiempo que invierte un equipo de carguío o acarreo para llevar a cabo todas las operaciones.	Evaluación de tiempos del ciclo	Tiempo de cuadrado (min)
				Tiempo de carguío (min)
				Tiempo de descarga (min)
				Tiempo esperando (min)
				Tiempo de demoras (min)
				Tiempo de acarreo lleno (min)
				Tiempo de acarreo vacío (min)
				Productividad de equipos del ciclo
Ingresos de mineral	Dependiente	cantidad de mineral ingresado a Pad para la lixiviación	Mejoramiento los tiempos de ciclo	Impacto positivo en la productividad y la rentabilidad (Dólares)
				Maximizar la utilización de equipos

Fuente: Elaboración propia, 2018.

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Tipo de diseño de investigación.

El tipo de investigación del presente proyecto es aplicada con diseño descriptivo, la cual busca especificar propiedades, características y rasgos importantes que influyen en el cálculo de los tiempos reales en el transporte minero, teniendo como variables las siguientes:

- Variable independiente:

Tiempo real de ciclo de carguío y acarreo de mineral del banco 3300 hasta fase 4.

- Variable dependiente:

Ingresos de mineral.

4.2. Material de estudio.

4.2.1. Unidad de estudio.

Volquete, marca volvo FMX 480 caja I Shift.

Excavadora, marca CAT 374 DL

4.2.2. Población.

La población es toda la flota de equipos pesados de carguío y acarreo en el proyecto minero El Toro.

4.2.3. Muestra.

La muestra involucrada que se tomará en cuenta en la presente investigación es toda la flota de equipos pesados de carguío y acarreo involucrados en el ciclo de acarreo de mineral desde el banco 3300 hasta la fase 4, en el proyecto minero El Toro.

25 volquetes, marca Volvo FMX 480 caja I Shift

1 excavadora, marca Caterpillar, 374 DL

4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos

La técnica empleada en la recolección de datos es el análisis documental.

4.3.1. Análisis de datos

- Trabajo de gabinete

Consiste en la descripción del material utilizado que sirvió de guía para los posteriores resultados, además de conocer las características técnicas de todos los volquetes en estudio, métodos de carguío y transporte del mineral, factores que afectan el trabajo realizado por los volquetes volvo, con el único fin de poder conocer todos los parámetros que intervienen en la determinación y cálculo de la productividad de estos equipos en las diferentes zonas de extracción.

- Trabajo de campo

En el trabajo de campo se realizó la toma de datos de los siguientes ítems:

- Condiciones operativas reales para el transporte (características técnicas de las labores como rampas, cortadas, secciones, radio de curvatura y distancias en el tajo)
- Ciclo total de acarreo y transporte (componentes del ciclo total de acarreo, análisis de tiempos de carguío, análisis de tiempos de acarreo en el banco)
- Desempeño de la velocidad de los volquetes.
- Cálculo del tiempo de acarreo.
- Cálculo del tiempo de giro, posicionamiento y descarga.
- Eficiencia de operación.
- Determinación del ciclo total de acarreo y transporte.
- Determinación de producción horaria de transporte (dependerá exclusivamente del tiempo, eficiencia de operación y material a transportar).
- Cálculo del costo por tonelada de transporte y acarreo con volquete volvo FMX.

La información de gabinete, los instrumentos utilizados, así como los datos tomados en campo, permitirá obtener los objetivos propuestos en la investigación y a su vez demostrar la hipótesis.

4.3.2. Instrumentos de Investigación

Los instrumentos a emplearse para la elaboración del presente trabajo de investigación fue el formato de análisis documental como por ejemplo:

- Guía corporativa estándar de tránsito vehicular
- Características mínimas de los vehículos pesados
- Tablas en el programa Excel de toma de datos, para la obtención de productividad máxima horaria de los volquetes, tarifas unitarias de transporte mine

CAPÍTULO 5. DESARROLLO

5.1. Analizar los tiempos en campo en el ciclo de acarreo de mineral desde del banco 3300 hasta la fase 4

Tabla 6

Análisis de tiempo del volquete T4V – 886.

Dentro de este análisis de tiempos tenemos en esta tabla que las horas horometro son 5.8 horas en comparación a las horas conciliadas que son 3.97 con una diferencia de 1.83 horas, tenemos 16 viajes y 20 minutos en tiempos muertos, vemos que los tiempos de ciclo son variables afectado la productividad teórica que en su máxima llega 60 con sus mejores tiempos de ciclo siendo 32 minutos.

HORAS HORÓMETRO	HORAS CONCILIADAS	DIFERENCIA DE HORAS	TIEMPO DE DESCANSO (min)	TIEMPOS MUERTOS (min)	CAPACIDAD NOMINAL (Ton)	TIEMPO DE CICLO (Min)	TIEMPO DE CICLO (Horas)	Productividad teórica (Tn/h)
5.8	3.97	1.83	2	20	32	44	0.73	43.64
			2		32	34	0.57	56.47
			2		32	32	0.53	60.00
			2		32	42	0.70	45.71
			2		32	35	0.58	54.86
			2		32	32	0.53	60.00
			2		32	34	0.57	56.47
			2		32	90	1.50	21.33
			2		32	235	3.92	8.17
			2		32			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 8

Análisis de tiempos del volquete T8J-885.

Dentro de este análisis de tiempos tenemos en esta tabla que las horas horómetro son 10.65 horas en comparación a las horas conciliadas que son 8.24 con una diferencia de 2.41 horas, tenemos 21 viajes y 42 minutos en tiempos muertos, vemos que los tiempos de ciclo son variables afectado la productividad teórica que en su máxima llega 76.80 con sus mejores tiempos de ciclo siendo 25 minutos.

HORAS HORÓMETRO	HORAS CONCILIADAS	DIFERENCIA DE HORAS	TIEMPO DE DESCANSO (min)	TIEMPOS MUERTOS (min)	CAPACIDAD NOMINAL (Tn)	TIEMPO DE CICLO (Min)	TIEMPO DE CICLO (Horas)	Productividad teórica (Tn/h)
10.65	8.24	2.41	2	42	32	30	0.50	64.00
			2		32	30	0.50	64.00
			2		32	26	0.43	73.85
			2		32	30	0.50	64.00
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	26	0.43	73.85
			2		32	26	0.43	73.85
			2		32	26	0.43	73.85
			2		32	25	0.42	76.80
			2		32	30	0.50	64.00
			2		32	29	0.48	66.21
			2		32	85	1.42	22.59
			2		32	34	0.57	56.47
			2		32	29	0.48	66.21
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	26	0.43	73.85
			2		32	30	0.50	64.00
			2		32	36	0.60	53.33
			2		32	25	0.42	76.80
			2		32	28	0.47	68.57

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 10

Análisis del volquete T4V-886.

Dentro de este análisis de tiempos tenemos en esta tabla que las horas horometro son 5.8 horas en comparación a las horas conciliadas que son 10.66 con una diferencia de 8.24 horas, tenemos 22 viajes y 44 minutos en tiempos muertos, vemos que los tiempos de ciclo son variables afectado la productividad teórica que en su máxima llega 76.80 con sus mejores tiempos de ciclo siendo 25 minutos.

HORAS HORÓMETRO	HORAS CONCILIADAS	DIFERENCIA DE HORAS	TIEMPO DE DESCANSO (min)	TIEMPOS MUERTOS (min)	CAPACIDAD NOMINAL (Tn)	TIEMPO DE CICLO (Min)	TIEMPO DE CICLO (Horas)	Productividad teórica (TM/h)
			2		32	28	0.47	68.57
			2		32	32	0.53	60.00
			2		32	29	0.48	66.21
			2		32	25	0.42	76.80
			2		32	28	0.47	68.57
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	29	0.48	66.21
			2		32	25	0.42	76.80
			2		32	28	0.47	68.57
10.66	8.24	2.42	2	44	32	33	0.55	58.18
			2		32	86	1.43	22.33
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	31	0.52	61.94
			2		32	28	0.47	68.57
			2		32	35	0.58	54.86
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	31	0.52	61.94
			2		32	35	0.58	54.86
			2		32	25	0.42	76.80
			2		32	31	0.52	61.94
			2		32			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 12

Análisis de tiempos en volquete T8S-874.

Dentro de este análisis de tiempos tenemos en esta tabla que las horas horómetro son 10.19 horas en comparación a las horas conciliadas que son 8.24 con una diferencia de 1.95 horas, tenemos 22 viajes y 44 minutos en tiempos muertos, vemos que los tiempos de ciclo son variables afectado la productividad teórica que en su máxima llega 73.85 con sus mejores tiempos de ciclo siendo 26 minutos.

HORAS HORÓMETRO	HORAS CONCILIADAS	DIFERENCIA DE HORAS	TIEMPO DE DESCANSO (min)	TIEMPOS MUERTOS (min)	CAPACIDAD NOMINAL (Tn)	TIEMPO DE CICLO (Min)	TIEMPO DE CICLO (Horas)	Productividad teórica (TM/h)
10.19	8.24	1.95	2	44	32	28	0.47	68.57
			2		32	33	0.55	58.18
			2		32	28	0.47	68.57
			2		32	26	0.43	73.85
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	28	0.47	68.57
			2		32	28	0.47	68.57
			2		32	26	0.43	73.85
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	32	0.53	60.00
			2		32	83	1.38	23.13
			2		32	31	0.52	61.94
			2		32	32	0.53	60.00
			2		32	28	0.47	68.57
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	28	0.47	68.57
			2		32	29	0.48	66.21
			2		32	27	0.45	71.11
			2		32	39	0.65	49.23
			2		32	27	0.45	71.11

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 14

Análisis de tiempos T8S-862.

Dentro de este análisis de tiempos tenemos en esta tabla que las horas horómetro son 10.33 horas en comparación a las horas conciliadas que son 8.53 con una diferencia de 1.8 horas, tenemos 16 viajes y 32 minutos en tiempos muertos, vemos que los tiempos de ciclo son variables afectado la productividad teórica que en su máxima llega 51.89 con sus mejores tiempos de ciclo siendo 37 minutos.

HORAS HORÓMETRO	HORAS CONCILIADAS	DIFERENCIA DE HORAS	TIEMPO DE DESCANSO (min)	TIEMPOS MUERTOS (min)	CAPACIDAD NOMINAL (Tn)	TIEMPO DE CICLO (Min)	TIEMPO DE CICLO (Horas)	Productividad teórica (Tn/h)
			2		32	42	0.70	45.71
			2		32	42	0.70	45.71
			2		32	38	0.63	50.53
			2		32	37	0.62	51.89
			2		32	39	0.65	49.23
			2		32	40	0.67	48.00
			2		32	40	0.67	48.00
			2		32	39	0.65	49.23
10.33	8.53	1.8	2	32	32	89	1.48	21.57
			2		32	41	0.68	46.83
			2		32	41	0.68	46.83
			2		32	41	0.68	46.83
			2		32	56	0.93	34.29
			2		32	40	0.67	48.00
			2		32	42	0.70	45.71
			2		32			
			VIAJES 16					

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 16

Análisis de tiempos en volquete Exc 336DL.

*En el análisis de tiempos de carguío con una excavadora 336 DL tenemos en horas horometro 6.7
En comparación a las horas conciliadas que son 6.8 con una diferencia de 0.62 horas.*

HORAS HORÓMETRO	HORAS CONCILIADAS	DIFERENCIA DE HORAS
6.7	6.08	0.62

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 18

Análisis de tiempos en volquete Exc 349DL.

*En el análisis de tiempos de carguío con una excavadora 349 DL tenemos en horas horometro 10.50
En comparación a las horas conciliadas que son 9.73 con una diferencia de 0.77 horas.*

HORAS HORÓMETRO	HORAS CONCILIADAS	DIFERENCIA DE HORAS
10.5	9.73	0.77

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 20

Análisis de tiempos en volquete Exc 374 DL1.

*En el análisis de tiempos de carguío con una excavadora 374 DL tenemos en horas horometro 10.8
En comparación a las horas conciliadas que son 10.38 con una diferencia de 0.42 horas.*

HORAS HORÓMETRO	HORAS CONCILIADAS	DIFERENCIA DE HORAS
10.8	10.38	0.42

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Se puede verificar los análisis de tiempos en carguío de las 3 diferentes excavadoras siendo esta la mejor opción para el carguío hacerlo con una excavadora 374 DL ya que tiene menos tiempos muertos y la mayor productividad en horas conciliadas.

Tabla 21

Cuadro diferencia de horas vs horómetro.

En el análisis de tiempos dentro de los diez días en estudio tenemos 925.45 horas horómetro de los camiones en comparación a 708.91 horas conciliadas con una diferencia de 216.54 horas, la diferencia de horas es lo que se está dejando de apilar mineral en el PAD de fase 4

UNI	HORAS	15/03/2018		16/03/2018		17/03/2018		18/03/2018		19/03/2018		20/03/2018		21/03/2018		22/03/2018		23/03/2018		24/03/2018		T. HORAS HORO	T. HORAS CONCIL	DIFEREN HORAS	
		D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N						
102	H. HOROMETRO		9.04	5.8		3					4.9	5.4	9.4	9.8	9.6		5.6		10.6		8	81.14	59.1	22.04	
	H. CONCILIADAS		6.07	4.97		2.6					2.8	3.28	6.2	6.42	6.78		3.81		9.75		6.45				
	HORO VS CONC		2.97	0.83		0.4						2.1	2.12	3.2	3.38	2.82		1.79		0.85		1.55			
125	H. HOROMETRO			9.83	10.3	6.4	3.4		9.2		6.7		9.1	10	10	7.9	10	10	10.2		9.27	122.35	98.03	24.32	
	H. CONCILIADAS			8.05	9.6	5.4	2.25		7.25		4.98		6.5	7.93	7.33	6.13	8.4	7.93	8.4		7.93				
	HORO VS CONC			1.78	0.7	1.1	1.15		1.95		1.72		2.6	2.07	2.67	1.77	1.6	2.08	1.8		1.34				
126	H. HOROMETRO		9.05	9.01	9.7	9.4	8.3		9.9	5.5	7.9	10	9.1	10.5	9.4	8.1	9.5	9.9	10		9.7	154.99	134.82	20.17	
	H. CONCILIADAS		7.23	7.73	9.3	8.2	7.57	8.3	7.25	4.67	5.45	6.75	6.5	8.22	7.38	6.67	8.4	7.93	8.87		8.4				
	HORO VS CONC		1.82	1.28	0.4	1.2	0.73	-8.3	2.65	0.83	2.45	3.25	2.6	2.28	2.02	1.43	1.1	1.97	1.13		1.3				
127	H. HOROMETRO		7.06	9.34	10.1	9.9	8.2	6.3	9.5				10.2	10.2	10.2	7.5	10.1	10.1	10.7		9.1	138.42	106.94	31.48	
	H. CONCILIADAS		5.87	8.07	8.55	8.6	7.57		7.73				7.7	7.15	5.67	5.93	8.4	8.4	8.87		8.4				
	HORO VS CONC		1.19	1.27	1.52	1.2	0.63	6.3	1.77				2.5	3.05	4.53	1.57	1.7	1.7	1.83		0.7				
128	H. HOROMETRO		10	10.6		11		8.9	9.3			9.3	10.7	10	10.8	10.9	9.1	10	9.1		8.4	9.4	147.29	107.3	
	H. CONCILIADAS		6.8	6.6		7.6		7	7.73			7.25	6.97	7	6.6	6.78	7.33	7.47	6.75		7	8.4			

	HORO VS CONC		3.2	4		3.2		1.9	1.57		2.05	3.73	3	4.2	4.12	1.77	2.53	2.35	1.4	1				39.99	
129	H. HOROMETRO		9.09	7.88		10		9	9.4		6.7		9.6	10	10.6	9.2	10.2	10.7	10	8.3		130.89			
	H. CONCILIADAS		7.25	5.2		7.2		6.5	7.25		4.83		6	6.23	6.6	7.33	6.7	6.88	7.03	7.3			92.27		
	HORO VS CONC		1.84	2.68		3.1		2.5	2.15		1.87		3.6	3.77	4	1.87	3.5	3.82	2.97	1				38.62	
130	H. HOROMETRO		9.08	9.34	9.72	9.8		9.1	8.3	2.1	7.2	10	8.9	10.1	10.2	8.1	7.5	10.3	10.6	10.04		150.37			
	H. CONCILIADAS		7.77	7.83	8.7	7.5		6.9	6.28	1.87	5.38	5.75	6	6.42	6.6	6.67	6.53	6.6	7.15	6.52			110.45		
	HORO VS CONC		1.31	1.51	1.02	2.3		2.2	2.02	0.23	1.82	4.25	2.9	3.68	3.6	1.43	0.97	3.7	3.45	3.52				39.92	
																					TOTAL HORAS HOROMETRO	925.45			
																					TOTAL HORAS CONCILIADAS		708.91		
																					DIFERENCIA DE HORAS			216.54	

$$\text{Mineral que se esta dejando de apilar} = 216.54 \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 12992.4 \text{ min}$$

$$= 12992.4 \text{ min} \times \frac{1 \text{ viaje}}{38.64 \text{ min}} = 336.24 \text{ viajes}$$

$$= 336.24 \text{ viajes} \times 30 \text{ ton} = 10087.2 \text{ ton}$$

$$10087.2 \times 3 = 30261.6 \text{ ton/mes}$$

Fuente: Elaboración propia, 2018.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

6.1 Tiempos muertos en el ciclo de mineral del banco 3300 hasta la fase 4

6.1.1 Identificación de bancos y distancias

3300 EX 374 MJB – Face 4 mineral 4.8 km
 Banco 3300 E – MACOMIN – Parte Alta B. Norte: 2.6 km
 Banco 3412: 1.6 km
 Banco 3436: 1 km
 3412 – Mineral 1.8 km

6.1.2 Identificación de tiempos de carguío

	<u>Ex374</u>	<u>Ex349</u>	<u>Ex336</u>	20 MC
Tiempo de carguío:	1:05	1:27	1:54	
Tiempo de espera:	2 minutos			
Tiempo Ac:	50 – 60 seg			
Tiempo de descarga:	55 seg			

6.1.3 Identificación de velocidad

$$Velocidad\ promedio\ cargado = \frac{\sum n}{n} = 11.083\ min$$

Para el vacío se hace igual con valoraciones reales

$$Velocidad\ promedio\ vacío = \frac{\sum n}{n} = 26.36\ min$$

Velocidad promedio cargado: 11.083 km/h

Velocidad promedio vacío: 26.36 km/h

6.1.4 Identificación de tiempos de acarreo

$$Tiempo\ Ida = \frac{Distancia\ de\ ida}{Velocidad\ de\ ida}$$

$$Tiempo\ Ida = \frac{4.8\ km}{26.36\ km/h} * \frac{60\ min}{1\ hora}$$

$$Tiempo\ Ida = 0.1820 * 60\ min$$

$$Tiempo\ Ida = 10.92\ min$$

$$Tiempo\ Regreso = \frac{Distancia\ de\ Regreso}{Velocidad\ de\ Regreso}$$

$$Tiempo\ Regreso = \frac{4.8\ km}{11.1\ km/h} * \frac{60\ min}{1\ hora}$$

$$Tiempo\ Regreso = 0.4324 * 60\ min$$

$$Tiempo\ Regreso = 25.94\ min$$

6.1.5 Tiempo de ciclo

$$Tc = Tcarga + Tida + Tdescarga + Tregreso$$

$$TC = 1.05\ min + 10.92\ min + .55\ min + 25.94\ min$$

$$TC = 38.46\ Min$$

6.2 Propuesta de optimización de tiempos

6.2.1 Mantenimiento centrado para mejorar la disponibilidad mecánica de volquete

6.2.1.1 Listado de sus funciones y sus especificaciones

- Traslado de material (mineral y desmonte) de un lugar a otro y colocarla en su nueva posición, crear una nueva forma y condición física deseada al menor costo posible.
- Traslado de tuberías para alcantarillas para construcción de accesos.

6.2.1.2 Determinación de las fallas funcionales y técnicas

- Falta de conocimiento del camión volquete por parte del operador.
- Falta de familiarización con el camión volquete por parte del operador.

- Mal uso del camión volquete por parte del supervisor de campo.
- Condiciones de frentes de trabajo en mal estado.
- Falta de cobertura en la comunicación móvil.
- Falta de inspección por parte de los mecánicos.
- Mejorar el soporte técnico calificado y no calificado.
- Falta aplicación de controles para mantenimientos.
- Falta de un stock mínimo de repuestos.
- Falta de repuestos críticos.
- Falta de programas mensuales, anuales de mantenimientos.
- Falta de evaluación del análisis de Aceite - SOS.
- Falta de estudio de vida útil de componentes de los sistemas
- Controlar y disminuir los tiempos de mantenimientos programados.
- Controlar y disminuir los tiempos de reparación entre fallas de Emergencia.

(Vélez Mejía 2003)

6.2.1.3 Identificación de los componentes críticos.

Para este procedimiento de análisis de criticidad se estableció los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación. En este caso se seleccionó la metodología ya planteada donde se evaluó las consecuencias de los factores tales como: Productividad, seguridad personal, medio ambiente, relación con otros procesos, equipo de repuesto disponible, estado actual del equipo y costo de mantenimiento. Este otorgará puntuación para cada activo evaluados; dichos valores fueron asignados de acuerdo a La experiencia del personal mecánico y supervisor.

- Primer paso para la evaluación de criticidad es poseer una historial de fallas o paradas de los activos para su respectivo análisis.
- FM (Inyector Bomba)
- FM (Sensor De Presión De Aceite)
- FM (Compresor De Aire)
- FM (Brazo De Templador)
- FM (Secador De Aire)
- FM (Pines De Compuerta De Tolva)
- FM (Paneles Radiador)
- FM (Manguera)

- FM (Piñones De Caja De Cambios)
- FM (Cardan)
- FM (Perno Fracturado)
- FE (Cable)
- FE (Alternador)
- FE (Releí)
- ACC (Mala Operación) - ACC (Mala Condición).
(Manual Volvo 2016)

6.2.2 Estudio de Consecuencia de Fallos Criticidad de volquete

Factores para seleccionar criticidad de máquinas:

- Productividad: Esté Factor va enfocado a determinar la manera que afecta la falla o parada innecesaria del equipo en proceso de trabajo. Seguridad Personal: Hacer un análisis del peligro que pueda existir al personal de operación y el frente de trabajo por falla del equipo.
- Medio Ambiente: Determinar si por la falla de los equipos existe una contaminación ambiental ya que puede perjudicar a la naturaleza y empresa.
- Relación con otros Procesos: Tomar en cuenta que el camión volquete volvo FMX-480 y el plan de mantenimiento tienen relación directa con la producción.
- Equipo de Repuesto Disponible: Conocer si existe otro similar para poder reemplazar cuando falle para no detener la producción.
- Estado actual del Equipo: Conocer el estado en la que se encuentra el estado del equipo. Se debe realizar un plan con la prioridad a los nuevos y posteriormente a los regulares. Los equipos que se encuentran sin funcionamiento o que ya estén deteriorados no deben realizarse el mantenimiento.
- Costo del Mantenimiento: Realizar un análisis del precio de mantenimiento preventivo, ya que si sobrepasa las pérdidas en la producción no es recomendable realizarlo, ya que puedan existir que su mantenimiento sea complejo y necesiten de un personal capacitado especialmente para ese equipo.

6.2.3 Proceso de elaboración matriz de priorización de equipos.

Se colocó en niveles de importancia y con esto conseguir una priorización en el equipo. Para el actual estudio se ha tomado los siguientes niveles que se detallan a continuación.

a. Productividad.

- No genera paro en la producción.
- Retarda la producción.
- Para toda la línea de producción.

b. Seguridad personal.

- No existe el riesgo.
- Riesgo mínimo.
- Riesgo considerable.

c. Medio ambiente.

- Sin riesgo ambiental.
- Riesgo ambiental mínimo.
- Riesgo ambiental considerable.

d. Relación con otros procesos.

- Sin relación con otros equipos.
- Con relación con otros equipos.

e. Equipo de repuesto disponible.

- Si existe otro equipo.
- No existe otro equipo.

f. Estado actual del equipo.

- Mal estado.
- Estado de funcionamiento aceptable.
- Excelente estado.

g. Costo de mantenimiento.

- Bajo.
- Mediano.
- Alto.

6.2.4 Cambios que resulten efectivo para el control de mantenimiento.

Para realizar un control de cambio para realizar el mantenimiento se elaboró los cuadros AMFE de fallas, donde se pudo conocer mediante el historial de máquinas, cuáles eran los elementos que tiene mayor número y según los resultados que se obtuvo de esta investigación se procedió a elegir los cambios efectivos que son los Análisis Model de Fallas y Efectos (AMFE) de corrección.

- AMFE DE FALLAS: El cuadro de AMFE de fallas se encuentra conformado por:
 - Sistemas: Se refieren al conjunto de elementos previamente seleccionados en la cual se ha producido mayor número de falla.
 - Falla funcional: Se produce en el proceso de funcionamiento del equipo.
 - Código de falla: Código que se le asigna a la falla funcional.
 - Modo de falla: Detalla el mal funcionamiento de una parte del equipo.
 - Efecto de falla: Se produce por la falla funcional y que afecten a la producción o a su correcto funcionamiento.
 - Causas de falla: Razón por la que se ha producido o la pieza que del sistema que fallado.
 - Consecuencias: Son 4 operativas y depende de la causa de falla.
 - Ocultas o no evidentes: Se produce por el mal mantenimiento en elemento de seguridad (Hidráulico, mecánica y neumático), mal diseño de estos traería consecuencias.
 - Contra la seguridad: Afecta directamente a la seguridad humana debido a equipos e infraestructura.
 - Operativas: Debido a efecto de fallo y depende de la índole que se produzca la falla.
 - No operativas: Se considera una consecuencia por el modo de falla.
- Índices de gravedad, frecuencia y defectibilidad: Varían del 1 al 10 de acuerdo a su importancia y depende de los modos y causas de falla.

Tabla 22

Gravedad a modos de falla.

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy baja repercusiones imperceptible	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine un efecto real alguno sobre el rendimiento del equipo, probablemente el cliente no se dé cuenta del fallo	1
Baja repercusiones irrelevantes apenas imperceptible	El tipo de falla originaria un ligero inconveniente al cliente probablemente se observará un pequeño deterioro en el equipo	3-4
Moderada efectos de relativos importancia	Se produce deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado en el equipo	7-8
Muy alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del proceso	9-10

Fuente: (Calixto, 2015).

Tabla 23

Frecuencia a modos de falla.

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy baja improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos ni se ha dado nunca en el pasado pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos	2
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previo al actual probablemente aparecerá algunas veces en la vida del equipo	4
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado	6
Muy alta	Fallo casi inevitable es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	9

Fuente: (Calixto, 2015).

Tabla 24

Defectibilidad de modo y causa de falla.

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy alta	El efecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectada por los controles existentes.	1
Alta	El efecto aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a algún control, aunque sería detectado con toda seguridad en lo posterior.	2
Mediana	El efecto es detectable, no llega la cliente posiblemente se detecte en los últimos estados de producción	4
Pequeña	El efecto de tal naturaleza que resulte difícil detectarlo	6
Improbable	El defecto no puede detectarse	9

Fuente: (Calixto, 2015).

- IPR (Numero De Prioridad De Riesgo). Resulta de la multiplicación de los índices de gravedad, frecuencia y defectibilidad.
- Estado. Depende del número que resulte en el IPR y tenga un margen normal menor de 90 y de alto riesgo mayor de 90.
- Código de tarea. En este punto se pone un código para identificar la tarea que se debe realizar en cada causa de falla en cada máquina.
- Observaciones. Se detalla con un código cuando hay algún problema o cuando necesita alguna corrección correctiva.

6.2.5 AMFE de corrección

Se realizó a los elementos que tienen IPR mayor 90, se detalla las correcciones que se realizó al momento del mantenimiento y los principales elementos que se encuentran fallando, las correcciones que no están vinculadas con el mantenimiento se darán con respuestas inmediatas.

En estos cuadros de AMFE los puntos son similares a los AMFE de las fallas y los puntos que varían son:

- Acción correctiva: Se detalla la acción que se debe realizar al elemento de la máquina para corregir el error.
- Responsable: Indica a la persona a la que le corresponde a realizar la acción de corrección.
- Índices de gravedad, frecuencia y defectibilidad: De acuerdo a la corrección correctiva que se realice a los índices deben disminuir.

Tabla 25
AMFE de corrección

SISTEMA	FALLA FUNCIONAL	CÓDIGO ACCIÓN CORRECTIVA	MODO DE FALLO	CAUSAD DEL FALLO	ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	G	F	D	IPR	CÓDIGO DE TAREA	
MOTOR, falla mecánica por inyector bomba de motor por desgate y por mantenimiento inadecuado.	Golpeteo en el motor y pérdida de potencia	FAM 001	Malogrado las toberas, fracturado el resorte mal estado el solenoide.	Sensor del ECM en malas condiciones	Capacitación del módulo ECM	Supervisor Equipos	5	4	2	40	TA-FAM-001	
				Mala operación	Combinar experiencia profesional y al capacitar al operador	(Operador de camión volquete de experiencia)	4	4	2	32	TA-FAM-002	
					Surtidor de combustible sin filtros.	Capacitación del funcionamiento del Motor	Ingeniero de Equipos	6	4	2	36	TA-FAM-003
			Falta de potencia del motor	Combustible mala calidad.	Proveedores que brinden combustible con parámetros mínimos de calidad.	Ingeniero de Equipos	7	4	2	56	TA-FAM-004	
				Mal mantenimiento	Capacitación de volvo FMX 440	Ingeniero de servicios	7	4	2	56	TA-FAM-005	
SISTEMA DE MOTOR mecánica por sensor de presión de aceite defectuoso y mala condición.	Bajo presión de aceite.	FAM 002	Medidor de aceite no registra	Sensor de presión de presión de aceite defectuoso.	Capacitación del funcionamiento de Sistema de aceite.	Supervisor Equipos	4	5	2	40	TA-FAM-006	
				Mala Operación	Combinar experiencia profesional y al capacitar al operador	(Operador de camión volquete 10 años de experiencia)	3	4	2	24	TA-FAM-007	
			Reducción de la potencia del Motor	Bloqueo de rejilla de admisión de la bomba.	Capacitación del funcionamiento del Sistema de aceite.	Supervisor Equipos	6	3	2	36	TA-FAM-008	

					Carter, bomba de aceite filtro de aceite sucio y obstruidos	Capacitación del funcionamiento de Sistema de aceite.	Supervisor Equipos	4	4	2	32	TA-FAM-009
					Mal mantenimiento	Capacitación de mantenimiento volvo FMX 440	Ingeniero de servicios	4	4	2	32	TA-FAM-010
TOLVA, falla mecánica	falla por fractura de pines de compuerta de tolva por mal mantenimiento.	Caída de compuerta de su posición normal.	FAM 003	Falta de compuerta de la tolva para transportar el material.	Orejas de la tolva que sujeta el pin de la compuerta dañada.	Capacitación del funcionamiento del pin.	supervisor de Equipos	4	5	2	40	TA-FAM-011
					Circuito del pin	Capacitación de puntos	Supervisor de Equipos.	4	5	2	40	TA-FAM-012
					por donde ingresa la grasa obstruida	de engrase del equipo.						
					Mal mantenimiento	Capacitación del funcionamiento del pin de compuerta.	Supervisor de Equipos	5	4	2	40	TA-FAM-013
					Mala Operación	Combinar experiencia profesional y capacitar al operador	(Operador de camión volquete de 10 años de experiencia)	4	6	2	48	TA-FAM-014
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	falla mecánica por paneles de radiador obstruidos y agrietado.	Alta temperatura a del refrigerante del Motor	FAM 004	Recalienta miento excesivo del motor	Paneles de radiador obstruidos externo e interno	Capacitación del funcionamiento del Sistema de Enfriamiento	Supervisor Equipos	4	6	2	48	TA-FAM-015
					Tapa del radiador y termostato defectuosos	Capacitación del funcionamiento del Sistema de Enfriamiento	Supervisor Equipos	4	4	2	32	TA-FAM-016
					Mal mantenimiento	Capacitación de volvo	Ingeniero de servicios	4	6	2	48	TA-FAM-017

SISTEMA HIDRÁULICO por falla mecánica por rotura de manguera por fricción.	Bajo nivel de aceite hidráulico	FAM 005	Falta de aceite para desplazar los vástagos del cilindro de levante de tolva	Fugas externas de aceite, cilindros, Cañerías, tanque hidráulico.	Capacitación del Sistema Hidráulico	Supervisor Equipos	7	4	2	56	TA-FAM-018
				Válvula de Control defectuoso.	Capacitación del Sistema Hidráulico	Supervisor Equipos	7	4	2	56	TA-FAM-019
				Mal mantenimiento proceso inadecuado	Capacitación de cilindros de levante de tolva	Ingeniero de servicios	4	4	2	32	TA-FAM-020
SISTEMA CAJA DE TRANSMISIÓN falla mecánica por rotura de dientes por desgaste.	Bajo Sincronización de los cambios de marcha.	FAM 006	Sonido extraño durante la operación de cambios de marcha del equipo.	Filtro, enfriador de aceite en malas condiciones.	Capacitación del Sistema de la caja de transmisión.	Supervisor Equipos	4	4	2	32	TA-FAM-021
				Mala operación.	Combinar experiencia profesional y capacitar operador.	Supervisor Equipos.	7	4	2	56	TA-FAM-022
				Mal mantenimiento.	Capacitación de mantenimiento de caja de transmisión volvo.	Ingeniero de servicios	4	4	2	32	TA-FAM-023
SISTEMA DE ESTRUCTURAL por perno fracturado del pin de ballesta	No existe estabilidad en el equipo.	FAM 007	Falta de estabilidad en el equipo.	Desgaste de componentes por mal mantenimiento	Capacitación del Sistema estructural del equipo.	Supervisor Equipos	4	4	2	32	TA-FAM-024

Fuente: Elaboración propia, 2018.

6.2.6 AMFE de tareas

Son las tareas que se deben realizar a todos los elementos que se encuentran en los Análisis Model De Fallas y Efectos (AMFE) de fallos, así como en los de corrección los principales puntos son:

- Código de Tareas. - Código que tiene todas las causas de fallo, así como los AMFE de corrección.
- Nombre. -Se refiere al nombre de la tarea
- Estrategia. - Mantenimiento que se debe realizar de acuerdo al nombre.
- Descripción. - Representación de los pasos que se debe seguir para realizar la tarea.
- Periodo. - Tiempo en la que se debe realizar la tarea.
- Duración estimada. - Tiempo que toma realizar la tarea al personal.
- Repuestos. - Piezas que se debe tener para realizar el respectivo cambio en la tarea encomendada.
- Herramientas. – Elementos necesarios para poder desarmar la máquina y realizar la tarea.
- Perfil del personal. - Son las personas que deben realizar la respectiva tarea de mantenimiento.

Tabla 26
Tareas De Mantenimiento AMFE.

CÓDIGO DE TAREA	NOMBRE	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL PERSONAL
TA-FAM001	Revisar el sensor, el cableado del módulo ECM	Mantenimiento preventivo	Realizar una prueba de ET del sistema y el módulo ECM	Cada mantenimiento preventivo	30 min	Ninguno	Software Impact	Supervisor de equipo
TA-FAM002	Capacitación a todo el soporte técnico y operadores sobre el Modulo ECM	Taller de charla 1	Realizar una charla de capacitación Tema “Módulo ECM” a todo e soporte técnico y operadores previa evaluación.	1 mes	1 hora	Ninguno	Exposición sobre tema de eventos ocurridos por mal mantenimiento	Capacitador supervisor de equipo
TA-FAM003	Inspección de la presión de la bomba de aceite	Taller de charla 2	Realizar una charla de capacitación Tema: “Manual de funcionamiento del motor volvo a todo el soporte técnico y operadores previa evaluación	1 mes	1 hora	Ninguno	Exposición sobre tema de eventos ocurridos por mal mantenimiento	Capacitador/ Ingeniero de equipos
TA-FAM004	Inspección de fugas por mangueras.		Realizar una charla de capacitación Tema: “Manual de funcionamiento del motor volvo” a todo el soporte técnico y operadores previa evaluación	1 mes	1 hora	Ninguno	Exposición sobre tema de eventos ocurridos por mal mantenimiento	Capacitador/ Ingeniero de equipos
TA-FAM005	Revisión de forma adecuada para mantenimiento, previsión de posibles fugas	Mantenimiento preventivo	Revisar los parámetros del motor a través de las cartillas de mantenimiento.	Mantenimiento preventivo	1 hora	Manuales hidráulicas	Manuales de operación y mantenimiento	Ingeniero de servicio volvo.

TA- FAM006	Capacitación a todo el soporte técnico y operadores sobre el sistema de combustible		Realizar una charla de capacitación Tema: "sistema de combustible HEUI" a todo el soporte técnico y operadores previa evaluación	1 mes	1 hora	Ninguno	Exposición sobre tema de eventos ocurridos por mal mantenimiento	Capacitador
TA- FAM007	Capacitación a todo el soporte técnico y operadores sobre el módulo ECM	Taller de charla 3	Realizar una charla de capacitación tema: "sistema de combustible HEUI" a todo el soporte técnico y operadores previa evaluación	1 mes	1 hora	Ninguno	Exposición sobre tema de eventos ocurridos por mal mantenimiento	Supervisor de equipo
TA- FAM008	Inspección de la válvula reguladora		Realizar una charla de capacitación Tema: "sistema de combustible HEUI" a todo el soporte técnico y operadores previa evaluación	1 mes	1 hora	Ninguno	Exposición sobre tema de eventos ocurridos por mal mantenimiento	Capacitador Supervisor de equipo

Fuente: Elaboración propia, 2018.

6.2.7 Descripción posterior a la implementación del mantenimiento centrado a la confiabilidad (RCM)

El inicio del plan implementación del RCM, en el proyecto Toro. Se realizó una presentación del plan de trabajo para los posteriores meses, capacitación continua sobre el RCM al personal de mantenimiento, conocimiento de las actividades y tareas a ejecutar, responsables del cumplimiento de cada uno de las actividades y tareas a supervisor de campo.

Se realizó capacitaciones sobre la importancia del mantenimiento rutinario a los mecánicos, electricistas, soldadores y operadores detallando los siguientes puntos en los diversos sistemas e indicando un responsable de camión volquete.

Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Motor Diésel

- Se realizó la capacitación sobre las partes y sistemas del Motor, enseñando a los mecánicos las medidas y niveles permisibles para el buen funcionamiento del camión volquete a condiciones normales y con carga del camión volquete.
- Se designó como responsable a planeamiento sobre las horas de trabajo quien controlara y programara sobre el mantenimiento preventivo y correctivo del Motor Diésel.
- Se presentó las cartillas de mantenimiento preventivo con intervalo desde 400 a 500 horas de trabajo del camión volquete, en las cuales están descritas las tareas a ejecutar en el Motor Diésel.
- Se realizó la Capacitación a todo el personal sobre funcionamiento, importancia y costo de los repuestos del Motor.

Se revisó las tareas descritas en las cartillas de mantenimiento preventivo y evaluación de la calidad de ejecución de las tareas Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Sistema de transmisión de Fuerzas:

- Se designó a planeamiento como responsable del análisis de las muestras de aceite. Quien llevara un control sobre el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de transmisión de Fuerzas.
- Se realizó la capacitación al soporte técnico y operadores sobre las ventajas de realizar un buen mantenimiento preventivo e informar todo evento en pantalla respecto al sistema de Tren de Fuerzas

- Se presentó las cartillas de mantenimiento preventivo con intervalo de 500 horas de trabajo de camión volquete FMX-440, en las cuales están descritas las tareas a ejecutar en el sistema de transmisión de Fuerzas.
- Se realizó una capacitación al soporte técnico sobre reparación de componentes del sistema de transmisión de Fuerzas
- Se evaluó las tareas descritas en las cartillas de mantenimiento preventivo y evaluación de la calidad de ejecución de las tareas.

Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Sistema Eléctrico:

- Se designó como responsable a los electricistas de contar con accesorios para dar respuesta inmediata a los problemas de continuidad en el sistema Eléctrico.
- Se realizó la capacitación sobre las ventajas de realizar un buen mantenimiento y limpieza a los accesorios que presenta el sistema para disminuir los mantenimientos correctivos en el Sistema Eléctrico.

Se presentó las cartillas de mantenimiento preventivo con intervalo de 500 horas de trabajo de camión volquete FMX-440, en las cuales están descritas las tareas a ejecutar en el Sistema Eléctrico.

- Se capacito a todo el personal sobre funcionamiento, importancia y costo de los repuestos como el alternador en el Sistema Eléctrico.
- Se evaluó las tareas descritas en las cartillas de mantenimiento preventivo y evaluación de la calidad de ejecución de las tareas.

Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Sistema de Rodamiento:

- Se designó como responsable a los mecánicos para que tengan presente la lubricación al sistema de rodamiento y evitar desgastes prematuros en el sistema de Rodamiento.
- Se presentó las cartillas de mantenimiento preventivo con intervalo de 500 horas de trabajo de camión volquete FMX-440, en las cuales están descritas las tareas a ejecutar en el Sistema de Rodamiento.
- Se capacito al soporte Técnico sobre el costo de reparación de los componentes y el buen funcionamiento del Sistema de Rodamiento.

Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Sistema Hidráulico de levante de tolva:

- Se designó como responsables a los mecánicos para el buen control y medición de las presiones de las mangueras, cilindros, vástagos, en todo el sistema hidráulico de levante de tolva-
- Se realizó la capacitación sobre las ventajas de realizar un buen mantenimiento de la toma fuerza y disminuir los mantenimientos correctivos en el Sistema Hidráulico de levante de tolva.
- Se presentó las cartillas de mantenimiento preventivo con intervalo de 500 horas de trabajo del camión volquete FMX-440, en las cuales están descritas las tareas a ejecutar en el Sistema Hidráulico de levante de tolva.
- Se capacito al soporte técnico y operadores sobre el buen funcionamiento de en croché y la importancia del costo de reparación de los componentes del Sistema Hidráulico de levante de tolva.

CAPITULO 7. DISCUSIONES

Después de analizar las variables en estudio (influencia del tiempo real de ciclo de carguío y acarreo, ingresos de mineral) en el proceso de carguío y acarreo de mineral desde el banco 3300 hasta la fase 4, en el proyecto minero el Toro 2018, se encontró que un gran tiempo se emplea en esperas de los camiones, tiempos muertos en la excavadora siendo estos perjudiciales para el estudio del proyecto y la empresa.

Analizando los cuadros de la tabla 21 de comparación de horas horometro en relación a las horas conciliadas son menores, se pierde tiempo considerable y se está dejando de apilar 30 mil toneladas mensual aproximadamente que son perjudiciales para el ingreso de mineral al pad de lixiviación para la empresa.

En el análisis de tiempos de la tabla 8 del volquete T8J-885 dentro de este análisis de tiempos tenemos en esta tabla que las horas horometro son 10.65 horas en comparación a las horas conciliadas que son 8.24 con una diferencia de 2.41 horas, tenemos 21 viajes y 42 minutos en tiempos muertos, vemos que los tiempos de ciclo son variables afectado la productividad teórica que en su máxima llega 76.80 con sus mejores tiempos de ciclo siendo 25 minutos pero tenemos que tomar que las condiciones de las vías están más adecuadas que en el análisis de tiempos de la Tabla 6 del volquete T4V – 886 donde tenemos que las horas horometro son 5.8 horas en comparación a las horas conciliadas que son 3.97 con una diferencia de 1.83 horas, tenemos 16 viajes y 20 minutos en tiempos muertos, vemos que los tiempos de ciclo son variables afectado la productividad teórica que en su máxima llega 60 con sus mejores tiempos de ciclo siendo 32 minutos. Por lo tanto podemos decir que el estado de las vías influye en el tiempo de ciclo de carguío y acarreo de mineral desde el banco 3300 hasta la fase 4.

Las mayores condicionantes de los tiempos de ciclos son el estado de las vías de acarreo de mineral desde el banco 3300 hasta la fase 4, si llegamos a comparar los cuadros entonces podemos sacar la diferencia cuando las vías de acarreo son óptimas y cuando les falta mantenimiento corrección de pendientes, polvo o neblinas.

El estudio y comparación de datos nos arrojan datos reales los cuales aplicados en campo pueden mejorar los tiempos de ciclos de carguío y acarreo a la vez la vez el apilamiento de mineral en el pad de lixiviación.

CONCLUSIONES

- Mediante el análisis de tiempos empleados en campo se pudo concluir que la productividad es variable, ya que va desde 43 ton/ hora hasta 48 ton/hora para los volquetes que transportan el mineral, los viajes de traslado que realizan van desde 13 hasta 16 por día, se va a mejorar los tiempos con una mejor distribución y eliminación de paradas y de tiempos muertos llegando a una producción de 55 ton/hora con un total de 19 viajes día.
- Mediante el análisis y comparación de tiempos se pudo concluir que se está dejando de trasportar y apilar 30261.6 toneladas de mineral mensual en Pad de lixiviación de fase 4.
- Los tiempos muertos se producen principalmente en el lapso de la voladura, que abarca 1.5 hora. Asimismo, se producen paradas por el mal estado de las vías, por el poco avance de cargado de mineral y por dificultades mecánicas de los volquetes.
- La propuesta de optimización de tiempos en el ciclo de acarreo de mineral desde el banco 3300 hasta la fase 4 se realizará mediante un mantenimiento centrado para mejorar la disponibilidad mecánica, un estudio de consecuencia de fallos, un proceso de elaboración matriz de priorización de equipos, Y un Análisis Model De Fallas y Efectos (AMFE).

RECOMENDACIONES

- A la empresa realizar un estudio real de ciclos de tiempos de carguío y acarreo para ver el costo beneficio del proceso.
- A los dueños de la empresa realizar un diagnóstico mecánico constantemente, y realizar las capacitaciones sobre procedimientos de carguío y acarreo a los operadores de equipos.
- A los dueños de la empresa implementar un software para dispatch y mantener un mejor control de equipos en todo el proceso de carguío y acarreo.

REFERENCIAS

- Calixto, C. (2015). Control de Dilución Optimizando los Procesos Unitarios de Perforación, Voladura y Acarreo: Caso Práctico; Una Mina Subterránea del Norte. *Tesis Profesional*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/1234567
- Hernández, R. (2006). Metodología de la Investigación. 5, 257-300. México : Interamericana Editores. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <https://www.esup.edu.pe>
- Preciado, J. (2012). Diseño y Aplicación de un Modelo Económico para la Toma de Decisiones en Reemplazo de Equipo de Acarreo en una Mina a Cielo Abierto. *Tesis de Maestría*. Manzanillo, México: Universidad de Colima. Obtenido de http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Jose%20
- Requejo, P. (2016). Evaluación, Implementación de Sistema Dispatch: Control de Equipos en Minería a Cielo Abierto, en la Empresa Minera Coripuno S.A.C. *Tesis Sistémica para Optar el Grado de Maestro en Gerencia de Operaciones*. Trujillo, La Libertad, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4418>
- Riveros, J. (2016). Cálculo de la Productividad Máxima por Hora de los Volquetes en el Transporte Minero Subterráneo en la Unidad Minera Arcata 2016. *Tesis profesional*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4877/Riveros_Mendoza_Jose_Humberto.pdf?sequence=1
- Jimeno, C. (1997). Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras, los equipos destinados para equipos de carguío y acarreo, Universidad politécnica de Madrid.

Manual de especificaciones técnicas volvo, obtenido de:

<https://www.volvotrucks.pe/es-pe/trucks/volvo-fmx/specifications.html>

Manual de especificaciones técnicas Caterpillar, obtenido de:

https://www.cat.com/es_ES/products/new/equipment/excavators/large-excavators/1000027059.html

ANEXOS

Tabla 5

Parte trabajo volquete T4V – 886.

PARTE DE TRABAJO							
FECHA: 24/03/18		TURNO: Día		PLACA: T4V - 886		COD. EQUIPO: 102	COMBUSTIBLE
NOMBRE DEL CONDUCTOR:			Fabio Bautista Monzón			HOROMETRO:	
CONTROLADOR DE INICIO:		Jobito Alfaro	HOROMETRO DE INICIO:		25496.8	GALONES:	HORA:
CONTROLADOR FINAL:			HOROMETRO FINAL:		25502.6	KILOMETRAJE:	
N° DE VIAJES	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	ORIGEN	DESTINO	CICLO	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	07:37	08:21	FASE 2	Botadero Norte		INADECUADO	
2	08:21	08:55	FASE 2	Botadero Norte			
3	08:55	09:27	FASE 2	Botadero Norte			
4	09:27	10:09	FASE 2	Botadero Norte			
5	10:09	10:44	FASE 2	Botadero Norte			
6	10:44	11:16	FASE 2	Botadero Norte			
7	11:16	11:50	FASE 2	Botadero Norte			
8	11:50	01:20	FASE 2	Botadero Norte			
9	01:20	05:15	FASE 2	Botadero Norte			
10	05:15		FASE 2	Botadero Norte			
TOTAL DE VIAJES:			10		TOTAL DE HORAS:		

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 7

Parte trabajo volquete T8J-885.

PARTE DE TRABAJO							
FECHA: 24/03/18		TURNO: Día		PLACA: T8J - 885	COD. EQUIPO: 127 vol.	COMBUSTIBLE	
NOMBRE DEL CONDUCTOR:				Pedro Ríos Quezada		HOROMETRO:	7320.33
CONTROLADOR DE INICIO:		Javier Pizán	HOROMETRO DE INICIO:		7311.35	GALONES: 63.6	HORA:4.43
CONTROLADOR FINAL:			HOROMETRO FINAL:		7322	KILOMETRAJE:	
N° DE VIAJES	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	ORIGEN	DESTINO	CICLO	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	06:51	07:21	3308	Botadero Norte		D	
2	07:21	07:51	3308	Botadero Norte		D	
3	07:51	08:17	3308	Botadero Norte		D	
4	08:17	08:47	3308	Botadero Norte		D	
5	08:47	09:14	3308	Botadero Norte		D	
6	09:14	09:40	3308	Botadero Norte		D	
7	09:40	10:06	3308	Botadero Norte		D	
8	10:06	10:32	3308	Botadero Norte		D	
9	10:32	10:57	3308	Botadero Norte		D	
10	10:57	11:27	3308	Botadero Norte		D	
11	11:27	11:56	3308	Botadero Norte		D	
12	11:56	01:21	3308	Botadero Norte		D	
13	01:21	01:55	3308	Botadero Norte		D	
14	01:55	02:24	3308	Botadero Norte		D	
15	02:24	02:51	3308	Botadero Norte		D	
16	02:51	03:18	3308	Botadero Norte		D	
17	03:18	03:44	3308	Botadero Norte		D	
18	03:44	04:14	3308	Botadero Norte		D	
19	04:14	04:50	3308	Botadero Norte		D	
20	04:50	05:15	3308	Botadero Norte		D	
21	05:15	05:43	3308	Botadero Norte		D	
22	05:43		3308	Botadero Norte		D	
TOTAL DE VIAES:			22	TOTAL DE HORAS:			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 9

Parte trabajo volquete T4V-886.

PARTE DE TRABAJO							
FECHA: 24/03/18		TURNO: Día		PLACA: T4V – 886		COD. EQUIPO: 129	COMBUSTIBLE
NOMBRE DEL CONDUCTOR:				Ángel Ruiz Flores			
CONTROLADOR DE INICIO:				HOROMETRO DE INICIO:		7435.45	HOROMTRO:
CONTROLADOR FINAL:				HOROMETRO FINAL:		7446.11	HORA:
						7446.11	KILOMETRAJE:
N° DE VIAJES	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	ORIGEN	DESTINO	CICLO	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	06:39	07:07	22 B. 3308	Botadero Norte		D	Ki: 75963.6
2	07:07	07:39	23 B. 3308	Botadero Norte		D	Kf: 76079.7
3	07:39	08:08	24 B. 3308	Botadero Norte		D	
4	08:08	08:33	25 B. 3308	Botadero Norte		D	
5	08:33	09:01	26 B. 3308	Botadero Norte		D	
6	09:01	09:28	27 B. 3308	Botadero Norte		D	
7	09:28	09:55	28 B. 3308	Botadero Norte		D	
8	09:55	10:24	29 B. 3308	Botadero Norte		D	
9	10:24	10:49	30 B. 3308	Botadero Norte		D	
10	10:49	11:17	31 B. 3308	Botadero Norte		D	
11	11:17	11:50	32 B. 3308	Botadero Norte		D	
12	11:50	01:16	33 B. 3308	Botadero Norte		D	
13	01:16	01:43	34 B. 3308	Botadero Norte		D	
14	01:43	02:14	35 B. 3308	Botadero Norte		D	
15	02:14	02:42	36 B. 3308	Botadero Norte		D	
16	02:42	03:17	37 B. 3308	Botadero Norte		D	
17	03:17	03:44	38 B. 3308	Botadero Norte		D	
18	03:44	04:15	39 B. 3308	Botadero Norte		D	
19	04:15	04:50	40 B. 3308	Botadero Norte		D	
20	04:50	05:15	41 B. 3308	Botadero Norte		D	
21	05:15	05:46	42 B. 3308	Botadero Norte		D	
22	05:46		43 B. 3308	Botadero Norte		D	
TOTAL DE VIAES:			22		TOTAL DE HORAS:		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 11

Parte trabajo volquete T8S-874.

PARTE DE TRABAJO							
FECHA: 24/03/18		TURNO: Día		PLACA: T8S - 874		COD. EQUIPO: 132	
NOMBRE DEL CONDUCTOR:		Robert Rodríguez García				HOROMETRO:	
CONTROLADOR DE INICIO:		Javier Pizán		HOROMETRO DE INICIO:		3449.13	
CONTROLADOR FINAL:		HOROMETRO FINAL:		3459.32		KILOMETRAJE:	
COMBUSTIBLE		GALONES:		HORA:			
N° DE VIAJES	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	ORIGEN	DESTINO	CICLO	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	06:39	07:07	B. 3308	Botadero Norte		D	Ki: 75963.6
2	07:07	07:40	B. 3308	Botadero Norte		D	Kf: 76079.7
3	07:40	08:08	B. 3308	Botadero Norte		D	
4	08:08	08:34	B. 3308	Botadero Norte		D	
5	08:34	09:01	B. 3308	Botadero Norte		D	
6	09:01	09:28	B. 3308	Botadero Norte		D	
7	09:28	09:56	B. 3308	Botadero Norte		D	
8	09:56	10:24	B. 3308	Botadero Norte		D	
9	10:24	10:50	B. 3308	Botadero Norte		D	
10	10:50	11:17	B. 3308	Botadero Norte		D	
11	11:17	11:49	B. 3308	Botadero Norte		D	
12	11:49	01:12	B. 3308	Botadero Norte		D	
13	01:12	01:43	B. 3308	Botadero Norte		D	
14	01:43	02:15	B. 3308	Botadero Norte		D	
15	02:15	02:43	B. 3308	Botadero Norte		D	
16	02:43	03:10	B. 3308	Botadero Norte		D	
17	03:10	03:38	B. 3308	Botadero Norte		D	
18	03:38	04:07	B. 3308	Botadero Norte		D	
19	04:07	04:34	B. 3308	Botadero Norte		D	
20	04:34	05:13	B. 3308	Botadero Norte		D	
21	05:13	05:40	B. 3308	Botadero Norte		D	
22	05:40		B. 3308	Botadero Norte		D	
TOTAL DE VIAJES:			22		TOTAL DE HORAS:		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 13

Parte de trabajo en volquete T8S-862.

PARTE DE TRABAJO									
FECHA: 24/03/18		TURNO: Día		PLACA: T8S – 862		COD. EQUIPO: 136		COMBUSTIBLE	
NOMBRE DEL CONDUCTOR:			Iván Sare Yupanqui			HOROMETRO:		3185.52	
CONTROLADOR DE INICIO:		34846.9		HOROMETRO DE INICIO:		3177.19		GALONES: HORA: 4.15	
CONTROLADOR FINAL:		34969.2		HOROMETRO FINAL:		3187.52		KILOMETRAJE:	
Nº DE VIAJES	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	ORIGEN	DESTINO	CICLO	MATERIAL	OBSERVACIONES		
1	06:42	06:42	B: 3300E	FASE 4		MINERAL	10.33		
2	07:24	07:24	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
3	08:06	08:06	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
4	08:44	08:44	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
5	09:21	09:21	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
6	10:00	10:00	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
7	10:40	10:40	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
8	11:20	11:20	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
9	11:59	11:59	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
10	01:28	01:28	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
11	02:09	02:09	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
12	02:50	02:50	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
13	03:31	03:31	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
14	04:27	04:27	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
15	05:07	05:07	B: 3300E	FASE 4		MINERAL			
16	05:49		B: 3300E	FASE 4		MINERAL	05:49 - 07:00 Parada por Voladura		
TOTAL DE VIAJES:			16		TOTAL DE HORAS:				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 15

Parte de trabajo en volquete Exc 336D.

PARTE DE TRABAJO							
FECHA: 24/03/18		TURNO: Día		PLACA: Exc 336 DL		COD. EQUIPO: #	
NOMBRE DEL OPERADOR:				César Barros Vásquez		COMBUSTIBLE	
CONTROLADOR DE INICIO:				HOROMETRO DE INICIO:		9027.3	
CONTROLADOR FINAL:				HOROMETRO FINAL:		9034	
N° DE VIAJES	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	ORIGEN	DESTINO	CICLO	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	06:30	07:15	Stand by (Esperando orden de trabajo)				
2	07:15	12:00	Boleo de material inadecuados				
3	12:00	01:00	Refrigerio				
4	01:00	04:05	Stand by				
5	04:05	05:42	Carguío de material inadecuado				
TOTAL DE VIAJES:					16 TOTAL DE HORAS:		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 17

Parte de trabajo en volquete Exc 349DL.

PARTE DE TRABAJO							
FECHA: 24/03/18		TURNO: Día		PLACA:	COD. EQUIPO: Exc. 349 DL		COMBUSTIBLE
NOMBRE DEL OPERADOR:				Ruiz Arana, Mariano		HOROMETRO:	
CONTROLADOR DE INICIO:				HOROMETRO DE INICIO:		7877.9	GALONES: HORA:
CONTROLADOR FINAL:				HOROMETRO FINAL:		7888.4	KILOMETRAJE:
N° DE VIAJES	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	ORIGEN	DESTINO	CICLO	MATERIAL	OBSERVACIONES
	06:53	07:14	Carguío de desmorte				
	07:14	07:20	Cambio de uñas				
	07:20	12:00	Carguío de desmorte				
TOTAL DE VIAJES:			26	TOTAL DE HORAS:			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 19

Parte de trabajo en volquete Exc 374D1.

PARTE DE TRABAJO							
FECHA: 24/03/18		TURNO: Día		PLACA: Exc	COD. EQUIPO: 374 DL1		COMBUSTIBLE
NOMBRE DEL OPERADOR:				Inocencio Fernández Gonzales		HOROMETRO:	
CONTROLADOR DE INICIO:				HOROMETRO DE INICIO:	4377	GALONES:	HORA:
CONTROLADOR FINAL:				HOROMETRO FINAL:	4387.8	KILOMETRAJE:	
N° DE VIAJES	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	ORIGEN	DESTINO	CICLO	MATERIAL	OBSERVACIONES
	06:25	12:00	Carguío de desmonte Banco 3308				
	01:00	05:50	Carguío de desmonte				
	05:50	06:00	Traslado por voladura del banco 3308 al botadero la quinua				
TOTAL DE VIAES:				36 TOTAL DE HORAS:			

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Foto 1. Ubicación del proyecto minero el Toro, Huamachuco.



Foto 2. Tajo Diana El Toro.



Foto 3. Flota de camiones en espera.



Foto 4. Excavadora 374 DL haciendo carguío en el banco 3300.



Foto 5. Excavadora 374 DL en mantenimiento preventivo de cucharón.

Características de 374D L

Rendimiento
El alto nivel de producción sostenida, el rendimiento mejorado en la apertura de zanjas y el tendido de tubos, la fiabilidad y la durabilidad mejoradas aumentan su productividad y disminuyen sus costos de operación.

Motor
El Motor Cat® C15 utiliza la tecnología ACERT® para cumplir con las regulaciones Tier 3 de la EPA de los Estados Unidos sobre emisiones, con capacidades excepcionales de rendimiento y fiabilidad comprobada.

Estación del operador
La incomparable visibilidad y la comodidad superior de la cabina proporcionan un excelente entorno de trabajo. El monitor a todo color con pantalla gráfica ofrece mayor funcionalidad para proporcionar una interfaz simple y completa con la máquina.

Máxima versatilidad
Una amplia variedad de herramientas, que incluye los cucharones, está disponible para aplicaciones como demolición, limpieza de sitios, procesamiento de chatarra y rompimiento de superficies y capas de rocas de carreteras, a través de las herramientas Cat®.

Servicio y mantenimiento
El diseño permite realizar las tareas de servicio fácil y rápidamente, con intervalos largos de servicio, filtrado avanzado, cómodo acceso al filtro y diagnósticos electrónicos fáciles de utilizar que proporcionan mayor productividad y disminuyen los costos de mantenimiento.



Foto 7. Características técnicas de excavadora 374 DL.

Motor

La tecnología ACERT® optimiza el rendimiento del motor

Motor Cat® C15

El motor Cat C15 con inyección de combustible electrónica accionada mecánicamente (MEUI) impulsa el modelo 374D L. El C15 tiene tecnología ACERT®, una serie de innovaciones de diseño de Caterpillar que proporcionan un control electrónico avanzado, un suministro de combustible preciso y una administración de aire refinada que cumple con las normas de emisiones.

Mayor potencia

La potencia máxima es 355 kW (476 hp), 18 % de mayor potencia que el 365C. El sistema de administración de potencia (PMS) también está disponible para administrar la productividad y el ahorro de combustible.

Eficiencia del combustible mejorada

Los mapas de combustible del modelo 374D L proporcionan potencia y rendimiento adicionales con consumo optimizado de combustible a través de configuraciones flexibles de potencia incorporadas en el controlador ADEM™.

Fiabilidad mejorada

El rotor de aleación de titanio y aluminio en el turbocompresor mejora la fiabilidad/durabilidad y contribuye a la respuesta más rápida del turbocompresor.

Ventilador de enfriamiento hidráulico

El modelo 374D L usa un ventilador variable, impulsado hidráulicamente para lograr operaciones más silenciosas y menor consumo de combustible durante condiciones de ambiente más frías.

Ventilador reversible

Se ofrece la opción de ventilador reversible como accesorio. La función reversible se opera mediante el monitor. Al seleccionar esta función, el ventilador gira en sentido opuesto durante un tiempo predeterminado para ayudar a limpiar el paquete de enfriamiento para obtener mayor tiempo de disponibilidad y menores costos en servicio.

Foto 8. Características técnicas de excavadora 374 DL.



Foto 9. Camión volvo FMX 480 I Shif.

MOTOR

MOTOR	D11A 370	D13A 400	D13A 440	D13A 480	D13A 520
Potencia (CV/KW (rpm))	370 / 275 (1600 - 1900)	400 / 324 (1400 - 1800)	440 / 324 (1400 - 1800)	480 / 353 (1400 - 1800)	520 / 382 (1400 - 1800)
Torque (Nm/kgfm (rpm))	1770 / 180 (1000 - 1400)	2000 / 204 (1050 - 1400)	2200 / 224 (1050 - 1400)	2400 / 245 (1050 - 1400)	2500 / 255 (1050 - 1400)
Cilindrada (dm ³)	10,85	12,8	12,8	12,8	12,8
Rango Económico (RPM)	1050 - 1500	1050 - 1600	1050 - 1600	1050 - 1600	1050 - 1600

CAJA DE CAMBIOS

CAJA DE CAMBIOS	VT2214B	VT2514B	VT2814B	AT2612D (I-Shift)
Torque máximo (Nm)	2200	2500	2800	2600
Accionamiento	Manual / Por cables	Manual / Por cables	Manual / Por cables	Automático y Manual / Electroneumático
Número de marchas hacia adelante / Reversa	14 (12+2 ultralentas) / 4 R	14 (12+2 ultralentas) / 4 R	14 (12+2 ultralentas) / 4 R	12 / 4 R

Foto 10. Especificaciones técnicas camión volvo FMX 480 I Shif.