



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“EVALUACIÓN DE SELECCIÓN Y REEMPLAZO CON VOLQUETES DE 25 M<sup>3</sup> DE CAPACIDAD PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN EL PROCESO DE CARGUÍO Y ACARREO DE UNA EMPRESA MINERA EN CAJAMARCA -2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Bach. Eyner Nimer Vásquez Arias

Bach. Jaime Armando Velez Quispe

Asesor:

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2019

## DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por a verme dado la vida, la voluntad de estudiar, A toda mi Familia Vásquez Arias en especial a mis padres Marcial Vasquez Pinedo Laura Arias Cárdenas, hermano Leyner Nichel Vasquez Arias mi abuela Luz Elena Pinedo Cabrera por mostrarme su apoyo incondicional.

*Eyner Vásquez*

Dedico éste presente trabajo en especial a mi madre, a mi padre que siempre me apoyaron en todo este camino, a mi hija por ser mi motor a seguir adelante y a toda mi familia.

*Jaime Velez*

## AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias por apoyarme en cada decisión, por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis y ustedes mi familia Arias cárdenas en especial a mi tía Rosmeri Arias Cárdenas Abuela Ana María Cárdenas Chávez, familia y mi asesor el Ing. Oscar Vásquez Mendoza.

*Eyner Vásquez*

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme llegar donde estoy, a mi mamá Nancy Quispe Rodríguez a mi papá Jaime Velez Muñoz, a mi hija Luana Velez Gonzales, también a Marcial Tirado Montenegro, Ana Gonzales Chávez, a toda mi familia y mi asesor Ing. Oscar Vásquez Mendoza por su apoyo incondicional.

*Jaime Velez*

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1. Realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema .....	14
1.3. Objetivos .....	14
1.4. Hipótesis.....	15
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
2.1. Tipo de investigación .....	16
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) .....	17
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	17
2.4. Procedimiento.....	18
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
3.1. Resultados del análisis comparativo de los tiempos de ciclo y dimensionamiento de flota entre los volquetes Volvo FMX 8x4 20m <sup>3</sup> y Volvo FMX 8x4 25 m <sup>3</sup> .....	23
3.2. Resultados del análisis comparativo de costos por combustible entre los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m <sup>3</sup> y 25 m <sup>3</sup> .....	34
3.3. Resultados del análisis comparativo de los costos de mantenimiento y reparaciones .....	35
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>46</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distancias de las rutas de carguío y acarreo .....	19
Tabla 2: Características de los volquetes - Fábrica .....	22
Tabla 3: Resultados del ciclo de carguío con los volquetes de 20 m <sup>3</sup> .....	23
Tabla 4: Tiempo promedio del ciclo de carguío y acarreo con los volquetes de 20 m <sup>3</sup> .....	24
Tabla 5: Resultados del ciclo de carguío con los volquetes de 25 m <sup>3</sup> .....	25
Tabla 6: Tiempo promedio del ciclo de carguío y acarreo con los volquetes de 25 m <sup>3</sup> .....	25
Tabla 7: Resultados del ciclo de carguío con los volquetes de 20 m <sup>3</sup> .....	27
Tabla 8: Tiempo promedio del ciclo de carguío y acarreo con los volquetes de 20 m <sup>3</sup> .....	27
Tabla 9: Resultados del ciclo de carguío con los volquetes de 25 m <sup>3</sup> .....	28
Tabla 10: Tiempo promedio del ciclo de carguío y acarreo con los volquetes de 25 m <sup>3</sup> .....	29
Tabla 11: Parámetros iniciales del material para Pad y el equipo .....	30
Tabla 12: Dimensionamiento de flota Tajo-Pad para los volquetes de 20 m <sup>3</sup> .....	30
Tabla 13: Parámetros iniciales del material para Botadero y el equipo .....	31
Tabla 14: Dimensionamiento de flota Tajo-Botadero para los volquetes de 20 m <sup>3</sup> .....	31
Tabla 15: Parámetros iniciales del material para Pad y el equipo .....	32
Tabla 16: Dimensionamiento de flota Tajo-Pad para los volquetes de 25m <sup>3</sup> .....	32
Tabla 17: Parámetros iniciales del material para Botadero y el equipo .....	33
Tabla 18: Dimensionamiento de flota Tajo-Botadero para los volquetes de 25 m <sup>3</sup> .....	33
Tabla 19: Resultados de costos para mover 1000 m <sup>3</sup> de material .....	34
Tabla 20: Comparación de costos por combustible entre los volquetes de 20 m <sup>3</sup> y 25 m <sup>3</sup> .....	34
Tabla 21: Costo de mantenimiento (personal de mantenimiento) .....	35
Tabla 22: Costo por reparaciones .....	35
Tabla 23: Comparación de costos por mantenimiento y reparaciones .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Proceso de carguío y acarreo.....	19
Ilustración 2: Proceso de carguío de mineral en el tajo.....	21
Ilustración 3: Comparación del tiempo de ciclo Tajo-Pad entre el volquete de 20 m <sup>3</sup> y 25 m <sup>3</sup> ....	26
Ilustración 4: Comparación del tiempo de ciclo Tajo-Botadero entre el volquete de 20 m <sup>3</sup> y 25 m <sup>3</sup> . .....	29
Ilustración 5: Comparación de costos de mantenimiento y reparaciones de los volquetes.....	36

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Tiempo total del ciclo .....	20
Ecuación 2: Rendimiento del volquete(hora) .....	20
Ecuación 3: Total de horas del volquete.....	20
Ecuación 4: Consumo de combustible del volquete .....	20
Ecuación 5: Costo del combustible requerido por volquete .....	20
Ecuación 6: Número de viajes del volquete por hora.....	21
Ecuación 7: Volumen de material cargado por cada volquete .....	21
Ecuación 8: Número de volquetes requeridos para el proceso de carguío y acarreo .....	21

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó la evaluación de la selección y reemplazo de los volquetes de 20 m<sup>3</sup> por los de 25 m<sup>3</sup>, esto debido a que en la empresa minera en la cual se tomaron los datos, se observó algunos problemas en el proceso de carguío y acarreo al incrementar la producción. Principalmente en el recorrido del Tajo al Pad de lixiviación y del Tajo al botadero, por lo cual se notó que el problema era causado por el bajo rendimiento de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup>.

Se realizó el cálculo del dimensionamiento de flota obteniendo que para mover 18,590 m<sup>3</sup> del Tajo al Pad se requieren 3 volquetes de 20 m<sup>3</sup>. Se dimensiono la flota para los volquetes de 25 m<sup>3</sup> obteniendo que se requiere de 2 volquetes para mover 20,444 m<sup>3</sup> de material. La diferencia que se observa es de 1 equipo esto significaría un ahorro considerable, además de que el aumento en el material que se va a transportar es mayor, lo cual permitirá mejorar la producción de la mina, para transportar 19,570 m<sup>3</sup> de material del Tajo al Botadero se requieren 2 volquetes de 20 m<sup>3</sup> y para transportar 21,571 m<sup>3</sup> de material se requieren 2 volquetes de 25 m<sup>3</sup>.

Se realizó luego, una comparación de los costos por combustible que requieren los volquetes para mover 1000 m<sup>3</sup> de material, donde se puede identificar una diferencia en combustible de 34.76 galones, por ello obtenemos una diferencia significativa en los costos por combustible de \$ 100.12, lo cual nos permite comprobar que reemplazar los volquetes de 20 m<sup>3</sup> por los de 25 m<sup>3</sup>, no solo disminuye el tiempo de ciclo, sino que los costos por combustible son menores mejorando la rentabilidad y ganancias de la empresa minera.

De la misma forma se calcularon los costos de mantenimiento y reparación dónde se tuvo un ahorro de \$ 5662.5 reemplazando volquetes, esto debido a que si se utiliza volquetes de 25 m<sup>3</sup> se requiere 2 equipos menos, tomando en cuenta costos fijos (honorarios del personal) y costos variables.

Finalmente se concluyó que reemplazar la flota de volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> por la flota de volquetes Volvo FMX 8x4 de 25 m<sup>3</sup>, ayuda a incrementar la productividad, esto debido a que los tiempos del ciclo de carguío son menores en comparación con los de 20 m<sup>3</sup>, de la misma forma nos ayuda a disminuir y optimizar los costos por combustible, mantenimiento (personal) y reparaciones siendo rentable para la empresa minera.

**Palabras clave:** Tiempo de ciclo, dimensionamiento de flota, optimización de costos, carguío y acarreo, reemplazo de flota, costos de combustible, costo de mantenimiento, costo de reparaciones.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Este trabajo de investigación se realizó, debido a que en la empresa minera en la cual se tomaron los datos, se observó algunos problemas en el proceso de carguío y acarreo al incrementar la producción. Principalmente en el recorrido del Tajo al Pad de lixiviación y del Tajo al botadero, por lo cual se notó que el problema era causado por el bajo rendimiento de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> de capacidad, con los que se realizaba el carguío y acarreo. Por ello se decidió realizar una evaluación de la selección y reemplazo con los volquetes Volvo FMX 8x4 de 25 m<sup>3</sup>.

Bazán (2016), en su tesis “Calculo del número de unidades de la flota de camiones en el tajo abierto San Genaro, perteneciente a la Compañía Minera Atacocha” expone que: en la minería superficial el carguío y transporte de material representa entre el 50% y el 60% de los costos operacionales del proceso completo de explotación. Por ello, se considera que estos son los más elevados en toda la operación minera, pues involucran horas máquina, combustible y operadores para camiones y excavadoras. Así, me he centrado en el estudio de estas fases de la operación. Gracias a la tecnología que ha evolucionado en las últimas décadas, diversos sistemas de control y operación de flota brindan un potencial de mejoras en la productividad y eficiencia. En consecuencia, se genera la disminución en los gastos operativos. Por otro lado, tenemos la caída del precio de los minerales. Por ello, es necesario optimizar estos costos. Así, se cumplirán los planes de producción adecuados a nuestro dimensionamiento de equipos y se disminuirán los costos operacionales. Por ende, se obtendrán mayores beneficios económicos.

En su trabajo de investigación, Alva (2019) titulado “Análisis para la selección y reemplazo de volquetes de 25 m<sup>3</sup> de capacidad para la optimización del acarreo y transporte en la operación minera - mina Los Andes Perú Gold – Huamachuco”. Indica que con el fin de mejorar y elevar rendimientos los cuales ayudan a determinar el punto óptimo para reemplazar el equipo de acarreo de material, está muy relacionado con el costo de operación, diversos factores de orden interno o externo afectan a las decisiones de reemplazo del equipo, dentro de ellas se mencionan; factor de inercia, ingeniería, finanzas, estandarización, costo de energía, economía y los factores de análisis económico. Concluye que según los resultados obtenidos logró demostrar que es viable trabajar con volquetes volvo FMX 8 x 4 de 25 m<sup>3</sup>, logrando reducir significativamente el costo de mantenimiento (4852,7 USD/Flota) y reparaciones (383,84 USD/ Flota) por flota ya que al contar con 2 unidades menos para alcanzar la meta de producción esto se logra de manera permanente en la operación y podría ser viable con cualquier marca de volquetes siempre y cuando se trabajen con camiones con las mismas características de tracción 8 x 4 en relación al volumen transportado.

Aranibar (2005) en su exposición “Criterios en la selección de equipos”. 5to Congreso Nacional de Minería, Huancayo – Perú. Expone que la gran variedad de maquinaria pesada existente en el mercado, no es una limitante para la selección de maquinarias en un determinado trabajo, según las condiciones requeridas. Varias empresas mineras continúan operando con maquinaria que tienen un alto costo de operación y con beneficios muy bajos respecto a otra maquinaria, que puede ser la más adecuada para el tamaño de la operación. Los grandes avances en nuevas tecnologías y el desarrollo de maquinaria pesada de mayor potencia y componentes modernos, permiten el movimiento de enormes cantidades de

materiales, dando como resultado que las operaciones sean menos costosas y opten por estas alternativas.

Palencia (2013) “Consideraciones Sobre La Selección Y Cálculo De Producción De Maquinaria Pesada Para El Movimiento De Tierras” Concluye que: cuando se hacen cálculos para un proyecto de movimiento de tierras debe tenerse en cuenta que primero se tienen que conocer las condiciones del lugar antes de proceder a la selección de maquinaria, abarcando el clima y la clase de material de que se compone el suelo ya que en función de estos factores está el tipo de maquinaria a usar. Al trabajar en proyectos de movimientos de tierras, el renglón más importante con relación a costos es el de ejecución, el cual está influido por dos factores que son: El rendimiento de la maquinaria y el mantenimiento. Un mal mantenimiento produce pérdida de tiempo aumentando así los costos, por lo tanto, se debe contar, en el proyecto, con un buen taller de reparación y un buen equipo personal. Si el rendimiento de una maquinaria es bajo, debido a que no trabaja la totalidad de tiempo o de horas adecuadas al día, produce un alza en los costos de ejecución pues llevará más tiempo en terminar la labor asignada, además se debe emplear el equipo adecuado. Llevando un control de horas trabajadas, se puede saber cuándo se reemplazará una pieza o cuando se deben chequear cada uno de los sistemas. Lo más importante al trabajar con diferentes tipos de maquinaria, en las diferentes fases del movimiento de tierras, es lograr la mejor sincronización entre ellas para obtener así una mayor eficiencia, ahorrando tiempo y obteniendo un mejor rendimiento debido a que cada una posee un tiempo de ciclo diferente.

Gonzáles (2011), señala en su artículo “Planes de mantenimiento de vehículos y organización del tráfico” realizado para la revista Ingeniería, que la gestión de una flota de

vehículos se basa en dos aspectos diferenciados y coordinados: el mantenimiento de los vehículos y el tráfico de la flota. La gestión del mantenimiento de grandes flotas de vehículos es una tarea compleja, que debe tener en cuenta diversos factores. El tipo de vehículos que la forman (turismos, furgonetas, vehículos industriales, etc.), su uso (urbano, carretera, intensivo, etc.), los planes de mantenimiento establecidos por los fabricantes de los vehículos y la realización, por medios propios o ajenos, de las operaciones de mantenimiento incluidas en ellos, son aspectos claves para gestionar con eficiencia una flota de vehículos.

Rivera (2011), en su tesis Sistema de gestión del mantenimiento industrial, indica que, al igual que la Producción, en Mantenimiento hay que hablar de costos variables y costos fijos. Costos variables son aquellos que tienden a variar en proporción directa con el nivel de actividad de nuestro departamento de Mantenimiento; por ejemplo, los costes de consumos de aceites, aunque estos costes variables serán fijos por unidad de producto. Costos fijos serán aquellos que no varían con relación al nivel de producción durante un determinado período; por ejemplo, el sueldo del jefe de mantenimiento.

Las mejoras en los sistemas de carguío y acarreo mediante diversos factores, permiten la reducción en los costos, Villalobos (2015) nos indica que, mediante la propuesta de mejora del sistema de carguío y acarreo, utilizando un sistema de simulación, permite reducir los costos del área de Operaciones garantizando el cumplimiento de manera eficaz y eficiente del plan de cierre de mina de movimiento de desmonte hacia el botadero para rutas cortas.

## 1.2. Formulación del problema

¿Se logrará evaluar la selección y reemplazo con volquetes de 25 m<sup>3</sup> de capacidad para la optimización de costos en el proceso de carguío y acarreo de una empresa minera en Cajamarca, 2019?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Evaluar la selección y reemplazo con volquetes de 25 m<sup>3</sup> de capacidad para la optimización de costos en el proceso de carguío y acarreo de una empresa minera en Cajamarca.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis comparativo de los tiempos de ciclo y dimensionamiento de flota de los volquetes Volvo FMX 8x4 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup> para las rutas de carguío - acarreo del Tajo al Pad de lixiviación y del Tajo al botadero.
- Realizar un análisis comparativo de costos por combustible entre el volquete Volvo FMX 8x4 20m<sup>3</sup> y Volvo FMX 8x4 25 m<sup>3</sup>.
- Realizar un análisis comparativo de costos de mantenimiento y reparaciones entre la flota de los volquetes Volvo FMX 8x4 20 m<sup>3</sup> y Volvo FMX 8x4 25 m<sup>3</sup>.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

Al evaluar la selección y reemplazar de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> con los volquetes Volvo FMX de 25 m<sup>3</sup> de capacidad se logrará optimizar considerablemente los costos del proceso de carguío y acarreo.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- Con los datos obtenidos en campo de la medición de los tiempos del ciclo de cada volquete y mediante la utilización de fórmulas se logrará calcular el dimensionamiento de la flota para los volquetes Volvo FMX 8x4 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup> requeridos en ambas rutas de carguío y acarreo.
- Con las fórmulas utilizadas se podrá calcular el costo por combustible que requieren los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup>.
- Utilizando los datos proporcionados por el área de logística y los obtenidos mediante cálculos se logrará realizar el análisis comparativo de costos por mantenimiento entre los volquetes Volvo FMX 8x4 20m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup>.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

El presente proyecto corresponde a una investigación Experimental - Aplicada con diseño cuasi experimental, debido a que busca optimizar los costos en el proceso de carguío y acarreo mediante la selección y el reemplazo de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> por los volquetes Volvo FMX 8x4 de 25m<sup>3</sup>. Tomando así datos iniciales del proceso realizado por los volquetes de 20 m<sup>3</sup>, para luego reemplazar los equipos con los de 25 m<sup>3</sup> y finalmente realizar un análisis comparativo de ambos resultado.

Vargas (2009), docente de la maestría en Orientación de la Universidad de Costa Rica, el tipo de investigación aplicada se centra en el análisis y solución de problemas de varias índoles de la vida real, así como también se nutre de avances científicos y se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos. Indica que el tipo de investigación Aplicada es una forma de conocer las realidades con una prueba científica; requiere obligatoriamente de un marco teórico, sobre el cual se basará para generar una solución al problema específico que se quiera resolver.

Según Palella y Martins, (2012) “El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa” (p.86). Asimismo, es con diseño Cuasi experimental debido a que se realiza una comparación con respecto a los

resultados obtenidos del proceso de carguío realizado por el volquete Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> y el de 25m<sup>3</sup> de capacidad.

## **2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

- **Población**

Los 8 volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> con los que cuenta a empresa minera los cuales se utilizan para el proceso de carguío y acarreo del Tajo – Pad de lixiviación, Tajo – Botadero, Tajo – Dinámico 2.

- **Muestra**

Los 6 volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> que se utilizan para el proceso de carguío y acarreo del Tajo – Pad de lixiviación y del Tajo – Botadero.

## **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **2.3.1. Observación Directa:**

Se realizó la observación directa en campo, lo cual permitió ver algunos problemas en el proceso de carguío y acarreo en las rutas del Tajo al Pad de lixiviación y del Tajo al botadero, esto surgió cuando la producción empezó a incrementar.

### **2.3.2. Análisis documental:**

Se investigó antecedentes previos de trabajos de investigación relacionados a problemas en el proceso del carguío y acarreo, así como selección y reemplazo de equipos de carguío para lo cual se utilizó los buscadores y bibliotecas virtuales. También se recolectó información relacionada a las distancias que tienen las 2 rutas de carguío y acarreo que se va analizar. También se revisó los datos de las fichas técnicas de cada equipo para realizar los cálculos correspondientes de este trabajo de investigación.

### **2.3.3. Recolección de datos:**

Se tomó los datos de campo relacionados a los tiempos del ciclo con los volquetes Volvo FMX 20 m<sup>3</sup> y Volvo FMX 25 m<sup>3</sup> utilizando formatos para la toma de datos (Anexo N° 01), así como total de material a transportar, factor de llenado del equipo, número de viajes que realiza durante una hora y demás parámetros de los equipos que se requieren para efectuar los cálculos También se solicitó información de los costos del combustible al área de logística.

## **2.4. Procedimiento**

El tipo de investigación que se utilizó en este trabajo es experimental con diseño Cuasi experimental, por lo cual se realizaran mediciones de un antes y después, viendo la relación de Causa-Efecto. De esta manera se podrá evaluar la selección y el reemplazo de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> y los de 25 m<sup>3</sup>, comprobando finalmente si los volquetes de 25 m<sup>3</sup> nos permiten optimizar costos.

### **2.4.1. Gabinete:**

Inicialmente se procede a la revisión de antecedentes, estudios previos, realizados respecto al tema, en los diferentes ámbitos, tanto local, nacional como internacional, para lo cual se recurrió a los repositorios virtuales de varias universidades, también se identifica las rutas que comprenden el Tajo al Pad de lixiviación y el Tajo al botadero.

Tabla 1:

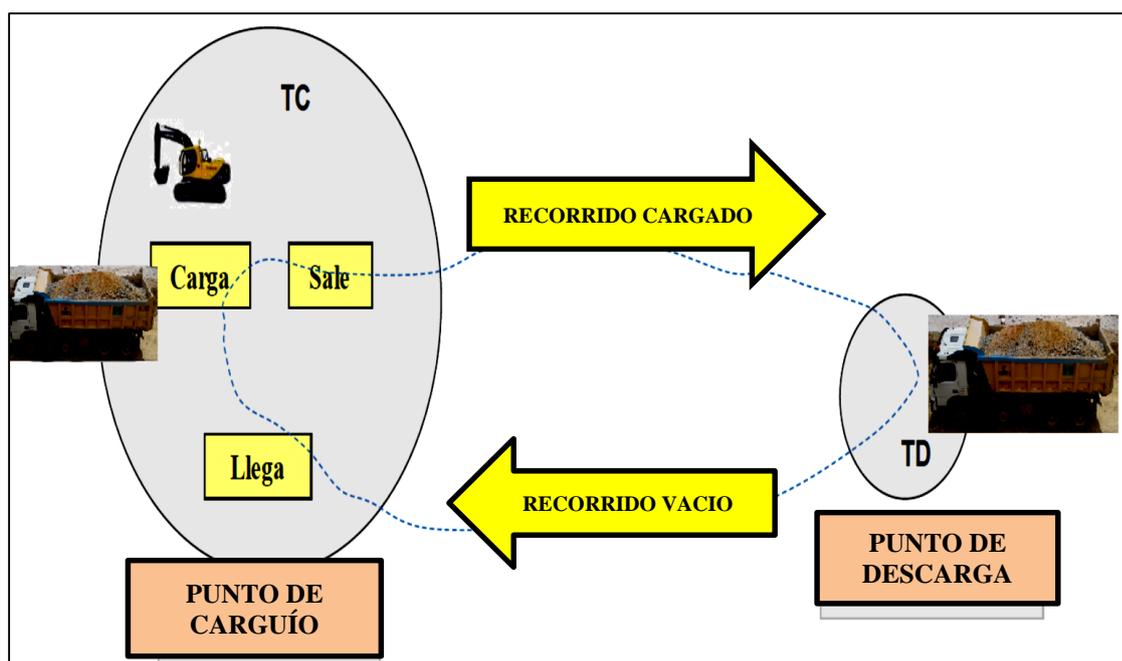
*Distancias de las rutas de carguío y acarreo*

RECORRIDO	DISTANCIA (m.)
TAJO - PAD LIXIVIACIÓN	5500
TAJO- BOTADERO	3300

Fuente: Datos del área de planeamiento.

#### 2.4.2. Campo:

Se realiza la toma de datos en campo, principalmente la determinación de los tiempos de viaje, actividad que consume mucho tiempo debido a que hay que observar el volquete en la ruta, hay que recopilar datos de tiempo de viaje y luego analizarlos para determinar qué valores representan mejor las duraciones de estas actividades.



*Ilustración 1:* Proceso de carguío y acarreo.

Fuente: Elaboración propia.

Las distancias a tomar en cuenta son del Tajo – Pad de lixiviación y del Tajo - Botadero, siendo de 5500m. y 3300m. Respectivamente; para realizar los cálculos se hará uso de la siguiente fórmula.

$$T_{tc} = TC + Trc + TD + Trv$$

*Ecuación 1:* Tiempo total del ciclo

Dónde: TC (tiempo de carguío), Trc (tiempo de recorrido cargado), TD (tiempo de descarga) y Trv (tiempo de recorrido vacío).

Para realizar los cálculos de costo por combustible se utilizaron las fórmulas descritas a continuación:

$$\frac{\text{Rendimiento}}{\text{hora}} = \text{Factor de llenado} \times \%F. \text{llenado} \times \frac{1}{\text{Ciclo}}$$

*Ecuación 2:* Rendimiento del volquete (hora)

$$\text{Total}(h) = \frac{\text{Total material a mover}}{\text{Rendimiento}(h)}$$

*Ecuación 3:* Total de horas del volquete

$$\text{Combustible}(\text{galones}) = \text{Total}(h) \times \text{Ratiod e combustible}$$

*Ecuación 4:* Consumo de combustible del volquete

$$C. \text{Combustible} = \text{Consumo combustible}(\text{gal}) \times \text{Costo combustible}(\text{gal})$$

*Ecuación 5:* Costo del combustible requerido por volquete

Para realizar el cálculo del dimensionamiento de flota de los volquetes Volvo FMX 8x4 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup> se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$N^{\circ} \text{ viajes/h} = \frac{1}{\text{Ciclo}}$$

*Ecuación 6:* Número de viajes del volquete por hora

$$\text{Volumen del material} = \text{Cap. volquete} \times N^{\circ} \text{ viajes} \times \% \text{Factor llenado}$$

*Ecuación 7:* Volumen de material cargado por cada volquete

$$N^{\circ} \text{ volquetes} = \frac{\text{Material movido} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)}{\text{Volumen de material por volquete}}$$

*Ecuación 8:* Número de volquetes requeridos para el proceso de carguío y acarreo



*Ilustración 2:* Proceso de carguío de mineral en el tajo.

Fuente Elaboración propia.

Los criterios de selección, se aplican en la evaluación de los equipos, de los proveedores y/o empresas especializadas determinan la eficiencia y reducción hidráulica de la maquinaria, así como el comportamiento de la maquinaria en la zona de trabajo en la cual cada una cumplirá sus funciones.

Se identificó y determinó las características fundamentales de los equipos de acarreo en estudio los cuales se presentan a continuación.

Tabla 2:

*Características de los volquetes - Fábrica*

<b>RATIO DE COMBUSTIBLE EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CAPACIDAD MAXIMA (TMH)</b>	<b>RATIO DE COMBUSTIBLE</b>	<b>R. COMBUSTIBLE (D.MATERIAL 1.9 TM/M3) - (Gal - h/t)</b>
<b>VOLVO 20 M3</b>	38	4.2	0.111
<b>VOLVO 25 M3</b>	47.5	4.7	0.099

Fuente: Fichas técnicas de los volquetes Volvo.

#### **2.4.3. Gabinete:**

Luego de recolectar toda información necesaria en campo se procedió a procesar y tabular de forma digital los datos obtenidos en campo, con ayuda del programa Excel, así mismo se elaboraron cuadros comparativos de costos y gráficos de los análisis de los resultados obtenidos para ambos volquetes, en donde se pudo identificar de forma más detallada la diferencia en costos.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Resultados del análisis comparativo de los tiempos de ciclo y dimensionamiento de flota entre los volquetes Volvo FMX 8x4 20m<sup>3</sup> y Volvo FMX 8x4 25 m<sup>3</sup>

Se tomó en campo los datos del tiempo de ciclo de los volquetes de 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup> utilizando formatos elaborados, en los cuales se consideró 12 datos (tiempo de ida, tiempo de cuadro, tiempo descarga y tiempo retorno) de los volquetes para poder identificar cuál de los dos realiza el proceso de carguío y acarreo en un tiempo menor.

#### 3.1.1. Datos del proceso de carguío y acarreo del Tajo al Pad de lixiviación

Se presentan los resultados de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20m<sup>3</sup> de capacidad.

Tabla 3:

*Resultados del ciclo de carguío con los volquetes de 20 m<sup>3</sup>*

<b>CICLO DE ACARREO TAJO-PAD VOLVO 20 M3</b>					
<b>(12 DATOS)</b>					
<b>Volquetes</b>	<b>Tiempo Ida</b>	<b>Tiempo Cuadre</b>	<b>Tiempo Descarga</b>	<b>Tiempo Retorno</b>	<b>Ciclo min.</b>
VOL-F-01	36.2	0.72	1.4	31.2	69.52
VOL-F-02	34.4	0.84	1.7	32.5	69.44
VOL-F-01	35.3	0.79	1.6	30.5	68.19
VOL-F-03	34.2	0.75	1.7	32.4	69.05
VOL-F-02	36.6	0.76	1.65	31	70.21
VOL-F-03	35.1	0.85	1.73	32.3	69.98
VOL-F-03	34.9	0.84	1.54	32.1	69.38
VOL-F-01	35.3	0.78	1.63	31.5	69.21
VOL-F-01	34.7	0.86	1.7	32.2	69.46
VOL-F-03	34.5	0.84	1.82	30	67.16
VOL-F-02	34.9	0.82	1.63	32.3	69.65
VOL-F-02	34	0.8	1.3	32	68.1
<b>Promedio</b>	<b>35.01</b>	<b>0.8</b>	<b>1.62</b>	<b>31.7</b>	<b>69.1</b>

Fuente: Datos de campo.

Tabla 4:

*Tiempo promedio del ciclo de carguío y acarreo con los volquetes de 20 m<sup>3</sup>*

<b>Ciclo de carguío y acarreo Volvo FMX 20M3</b>		
<b>Tajo al Pad lixiviación</b>	<b>Tiempo Min</b>	<b>Distancia m</b>
<b>T. Ida</b>	35.01	
<b>T. Cuadre</b>	0.80	
<b>T. Descarga</b>	1.62	5500
<b>T. Retorno</b>	31.70	
<b>T. Ciclo</b>	69.13	

Fuente: Datos de campo.

En base a los resultados presentados en las tablas N° 03 y 04 se determina que el tiempo del ciclo de carguío y acarreo del Tajo al Pad de lixiviación realizado por los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> es de 69.13 minutos.

A continuación, se presentan los resultados de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 25 m<sup>3</sup> de capacidad.

Tabla 5:

*Resultados del ciclo de carguío con los volquetes de 25 m<sup>3</sup>*

<b>CICLO DE ACARREO TAJO-PAD VOLVO 25 M3 (12 DATOS)</b>					
<b>Volquetes</b>	<b>Tiempo Ida</b>	<b>Tiempo Cuadre</b>	<b>Tiempo Descarga</b>	<b>Tiempo Retorno</b>	<b>Ciclo min.</b>
VOL-F-01	30.1	0.53	1.19	26.30	58.12
VOL-F-02	29.7	0.51	1.22	26.20	57.63
VOL-F-01	29.8	0.52	1.21	25.90	57.43
VOL-F-03	29.7	0.53	1.23	26.20	57.66
VOL-F-02	29.5	0.52	1.20	26.50	57.72
VOL-F-03	30	0.49	1.22	26.70	58.41
VOL-F-03	29.6	0.52	1.23	26.80	58.15
VOL-F-01	30.1	0.48	1.19	26.00	57.77
VOL-F-01	29.6	0.53	1.21	26.80	58.14
VOL-F-03	29.8	0.49	1.22	26.70	58.21
VOL-F-02	29.7	0.50	1.21	25.80	57.21
VOL-F-02	30	0.54	1.24	26.80	58.58
<b>Promedio</b>	<b>29.80</b>	<b>0.51</b>	<b>1.21</b>	<b>26.4</b>	<b>57.92</b>

Fuente: Datos de campo.

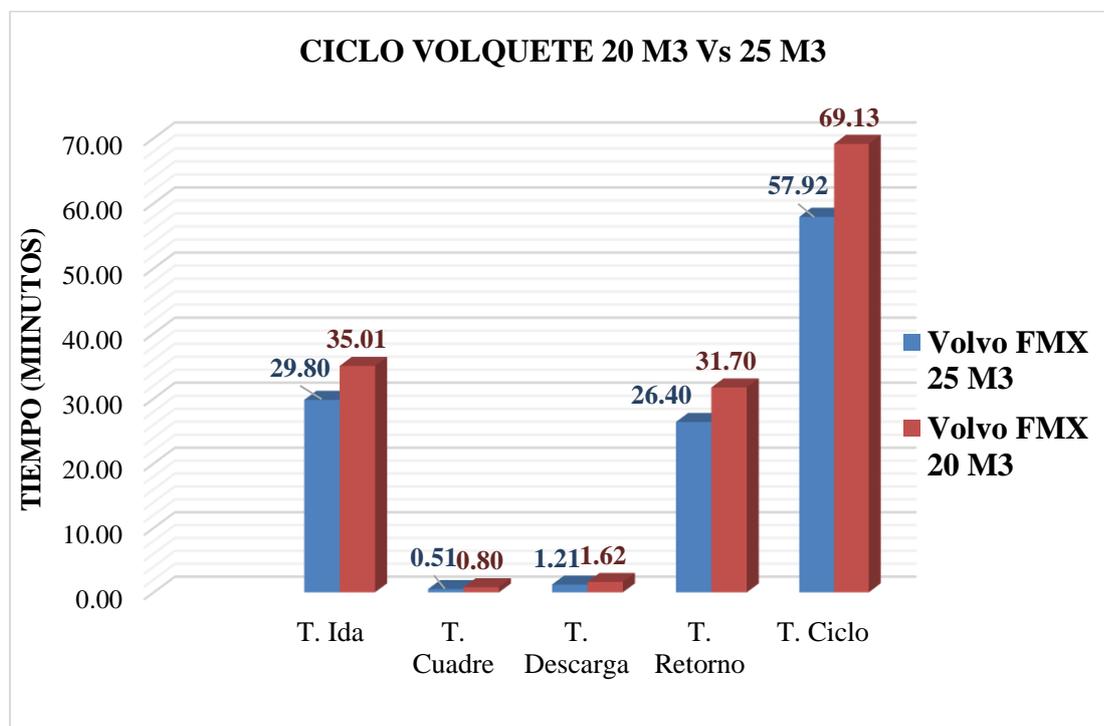
Tabla 6:

*Tiempo promedio del ciclo de carguío y acarreo con los volquetes de 25 m<sup>3</sup>*

<b>Ciclo de carguío y acarreo Volvo FMX 25M3</b>		
<b>Tajo al Pad lixiviación</b>	<b>Tiempo Min</b>	<b>Distancia m</b>
<b>T. Ida</b>	29.80	
<b>T. Cuadre</b>	0.51	
<b>T. Descarga</b>	1.21	5500
<b>T. Retorno</b>	26.40	
<b>T. Ciclo</b>	57.92	

Fuente: Datos de campo.

En base a los resultados presentados en las tablas N° 05 y 06 se determina que el tiempo del ciclo de carguío y acarreo del Tajo al Pad de lixiviación realizado por los volquetes Volvo FMX 8x4 de 25 m<sup>3</sup> es de 57.92 minutos.



*Ilustración 3:* Comparación del tiempo de ciclo Tajo-Pad entre el volquete de 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup>.

Fuente: Datos de campo.

Se observa que en comparación con los resultados obtenidos con respecto al tiempo del ciclo comprendido entre el Tajo y el Pad de Lixiviación del volquete de 20 m<sup>3</sup> de capacidad y del volquete de 25 m<sup>3</sup>, la diferencia entre ambos ciclos es de 11.21 minutos.

### 3.1.2. Datos del proceso de carguío y acarreo del Tajo al Botadero

Se presentan los resultados de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> de capacidad.

Tabla 7:

*Resultados del ciclo de carguío con los volquetes de 20 m<sup>3</sup>*

<b>CICLO DE ACARREO TAJO-BOTADERO VOLVO 20 M3 (12 DATOS)</b>					
<b>Volquetes</b>	<b>Tiempo Ida</b>	<b>Tiempo Cuadre</b>	<b>Tiempo Descarga</b>	<b>Tiempo Retorno</b>	<b>Ciclo min.</b>
VOL-F-01	29.3	0.69	1.53	25.60	57.12
VOL-F-02	29.4	0.72	1.53	25.70	57.35
VOL-F-01	29.8	0.71	1.55	25.90	57.96
VOL-F-03	29.7	0.72	1.54	26.20	58.16
VOL-F-02	29.5	0.75	1.52	25.50	57.27
VOL-F-03	29.4	0.74	1.53	25.70	57.37
VOL-F-03	29.3	0.73	1.53	25.80	57.36
VOL-F-01	29.1	0.70	1.53	26.00	57.33
VOL-F-01	28.7	0.69	1.51	25.80	56.70
VOL-F-03	29.4	0.71	1.53	25.70	57.34
VOL-F-02	28.9	0.69	1.52	25.90	57.01
VOL-F-02	29.1	0.74	1.54	25.80	57.18
<b>Promedio</b>	<b>29.30</b>	<b>0.72</b>	<b>1.530</b>	<b>25.80</b>	<b>57.35</b>

Fuente: Datos de campo.

Tabla 8:

*Tiempo promedio del ciclo de carguío y acarreo con los volquetes de 20 m<sup>3</sup>*

<b>Ciclo de carguío y acarreo Volvo FMX 20M3</b>		
<b>Tajo al Botadero</b>	<b>Tiempo Min</b>	<b>Distancia m</b>
<b>T. Ida</b>	29.30	
<b>T. Cuadre</b>	0.72	
<b>T. Descarga</b>	1.53	3300
<b>T. Retorno</b>	25.80	
<b>T. Ciclo</b>	57.35	

Fuente: Datos de campo.

En base a los resultados presentados en las tablas N° 07 y 08 se determina que el tiempo del ciclo de carguío y acarreo del Tajo al botadero realizado por los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> es de 57.35 minutos.

A continuación, se presentan los resultados de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 25 m<sup>3</sup> de capacidad.

Tabla 9:

*Resultados del ciclo de carguío con los volquetes de 25 m<sup>3</sup>*

<b>CICLO DE ACARREO TAJO-BOTADERO VOLVO 25 M3 (12 DATOS)</b>					
<b>Volquetes</b>	<b>Tiempo Ida</b>	<b>Tiempo Cuadre</b>	<b>Tiempo Descarga</b>	<b>Tiempo Retorno</b>	<b>Ciclo min.</b>
VOL-F-01	22.3	0.53	1.20	17.10	41.13
VOL-F-02	21.4	0.51	1.23	17.50	40.64
VOL-F-01	21.2	0.52	1.21	17.40	40.33
VOL-F-03	21.3	0.54	1.24	16.90	39.98
VOL-F-02	22.3	0.52	1.19	17.50	41.51
VOL-F-03	21.1	0.49	1.23	17.60	40.42
VOL-F-03	21.3	0.52	1.21	16.90	39.93
VOL-F-01	22.1	0.50	1.22	17.60	41.42
VOL-F-01	21.3	0.53	1.21	16.80	39.84
VOL-F-03	22.4	0.49	1.20	17.80	41.89
VOL-F-02	21.5	0.50	1.22	16.90	40.12
VOL-F-02	21	0.54	1.20	17.60	40.34
<b>Promedio</b>	<b>21.60</b>	<b>0.52</b>	<b>1.21</b>	<b>17.30</b>	<b>40.63</b>

Fuente: Datos de campo.

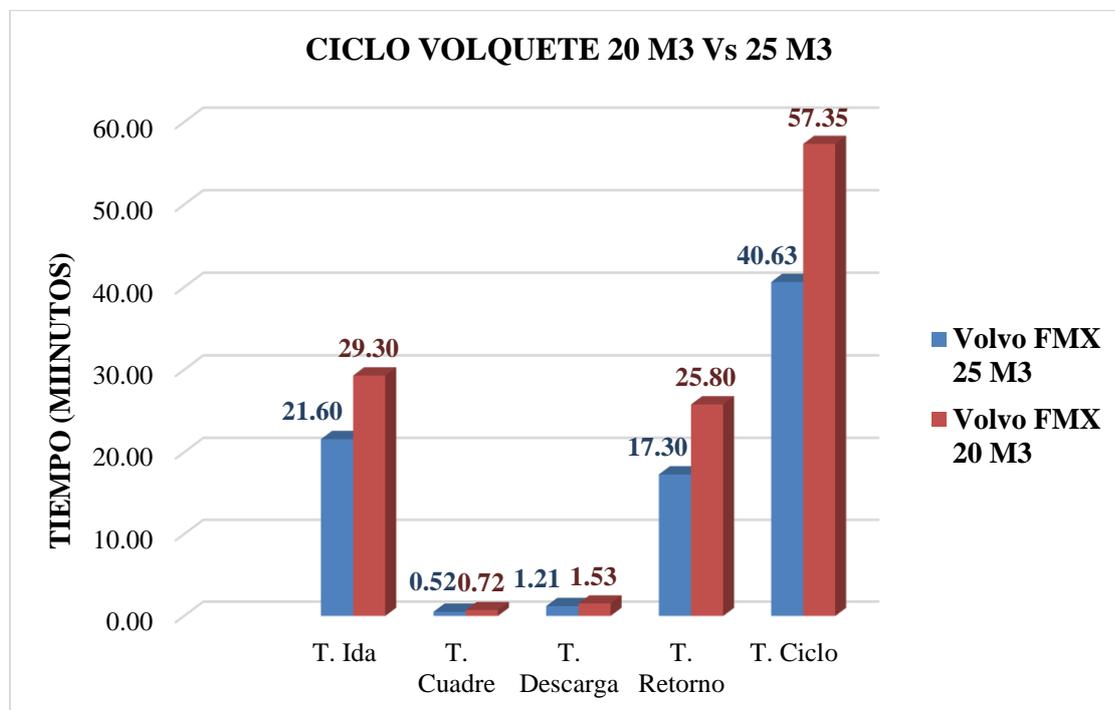
Tabla 10:

*Tiempo promedio del ciclo de carguío y acarreo con los volquetes de 25 m<sup>3</sup>*

Ciclo de carguío y acarreo Volvo FMX 25M3		
Tajo al Botadero	Tiempo Min	Distancia m
T. Ida	21.60	
T. Cuadre	0.52	
T. Descarga	1.21	3300
T. Retorno	17.30	
T. Ciclo	40.63	

Fuente: Datos de campo.

En base a los resultados presentados en las tablas N° 09 y 10 se determina que el tiempo del ciclo de carguío y acarreo del Tajo al Botadero realizado por los volquetes Volvo FMX 8x4 de 25 m<sup>3</sup> es de 40.63 minutos.



*Ilustración 4:* Comparación del tiempo de ciclo Tajo-Botadero entre el volquete de 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup>.

Fuente: Datos de campo.

Se observa que en comparación con los resultados obtenidos con respecto al tiempo del ciclo comprendido entre el Tajo y el botadero del volquete de 20 m<sup>3</sup> de capacidad y del volquete de 25 m<sup>3</sup>, la diferencia entre ambos ciclos es de 16.72 minutos.

### 3.1.3. Dimensionamiento de flota de los volquetes Volvo FMX 8x4 20 m<sup>3</sup>

Una vez calculados los tiempos del ciclo promedio de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> se calculó el dimensionamiento de flota, se presentan a continuación los resultados para el ciclo comprendido entre el Tajo y el Pad de lixiviación.

Tabla 11:

*Parámetros iniciales del material para Pad y el equipo*

<b>DATOS INICIALES PARA EL VOLVO 20 M3 TAJO - PAD</b>	
Total material (m3)	18,590
Horas máquina	380
Material movido (m3/h)	48.92

Fuente: Área de planeamiento.

Tabla 12:

*Dimensionamiento de flota Tajo-Pad para los volquetes de 20 m<sup>3</sup>*

<b>DIMENSIONAMIENTO FLOTA VOLVO 20 M3 TAJO - PAD</b>	
N° Viajes/hora	0.87
Factor llenado (%)	90
Volumen del material por volquete (m3/h)	15.62
N° volquetes	3.1

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando las fórmulas de las ecuaciones N° 06, 07 y 08 podemos calcular el dimensionamiento de la flota de volquetes para mover 18,590 m<sup>3</sup> de material del tajo al Pad de lixiviación, obteniendo como resultado que se requiere 3 volquetes de 20 m<sup>3</sup>. Se presentan a continuación los resultados del dimensionamiento de flota de los volquetes con capacidad de 20 m<sup>3</sup> para el ciclo comprendido entre el Tajo y el Botadero.

Tabla 13:

*Parámetros iniciales del material para Botadero y el equipo*

<b>DATOS INICIALES PARA EL VOLVO 20 M3 TAJO - BOTADERO</b>	
Total material (m3)	19,570
Horas máquina	380
Material movido (m3/h)	51.50

Fuente: Área de planeamiento.

Tabla 14:

*Dimensionamiento de flota Tajo-Botadero para los volquetes de 20 m<sup>3</sup>*

<b>DIMENSIONAMIENTO FLOTA VOLVO 20 M3 TAJO - BOTADERO</b>	
N° Viajes/hora	1.05
Factor llenado (%)	90
Volumen del material por volquete (m3/h)	18.83
N° volquetes	2.7

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando las fórmulas de las ecuaciones N° 06, 07 y 08 podemos calcular el dimensionamiento de la flota de volquetes para mover 19,570 m<sup>3</sup> de material del tajo al Botadero, obteniendo como resultado que se requiere 3 volquetes de 20 m<sup>3</sup>.

### 3.1.4. Dimensionamiento de flota de los volquetes Volvo FMX 8x4 25 m<sup>3</sup>

Una vez calculados los tiempos del ciclo promedio de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 25 m<sup>3</sup> se calculó el dimensionamiento de flota, se presentan a continuación los resultados para el ciclo comprendido entre el Tajo y el Pad de lixiviación.

Tabla 15:

*Parámetros iniciales del material para Pad y el equipo*

<b>DATOS INICIALES PARA EL VOLVO 25 M3 TAJO - PAD</b>	
Total material (m3)	20,444
Horas máquina	380
Material movido (m3/h)	53.8

Fuente: Área de planeamiento.

Tabla 16:

*Dimensionamiento de flota Tajo-Pad para los volquetes de 25m<sup>3</sup>*

<b>DIMENSIONAMIENTO FLOTA VOLVO 25 M3 TAJO - PAD</b>	
Nº Viajes/hora	1.04
Factor llenado (%)	90
Volumen del material por volquete (m3/h)	23.31
Nº volquetes	2.3

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando las fórmulas de las ecuaciones N° 06, 07 y 08 podemos calcular el dimensionamiento de la flota de volquetes para mover 20,444 m<sup>3</sup> de material del tajo al Pad de lixiviación, obteniendo como resultado que se requiere 2 volquetes de 25 m<sup>3</sup>.

Se presentan a continuación los resultados del dimensionamiento de flota de los volquetes con capacidad de 25 m<sup>3</sup> para el ciclo comprendido entre el Tajo y el Botadero.

Tabla 17:

*Parámetros iniciales del material para Botadero y el equipo*

<b>DATOS INICIALES PARA EL VOLVO 25 M3 TAJO - BOTADERO</b>	
Total material (m3)	21,571
Horas máquina	380
Material movido (m3/h)	56.77

Fuente: Área de planeamiento.

Tabla 18:

*Dimensionamiento de flota Tajo-Botadero para los volquetes de 25 m3*

<b>DIMENSIONAMIENTO FLOTA VOLVO 25 M3 TAJO - BOTADERO</b>	
Nº Viajes/hora	1.48
Factor llenado (%)	90
Volumen del material por volquete (m3/h)	33.23
Nº volquetes	1.7

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando las fórmulas de las ecuaciones N° 06, 07 y 08 podemos calcular el dimensionamiento de la flota de volquetes para mover 21,571 m<sup>3</sup> de material del tajo al Botadero, obteniendo como resultado que se requiere 2 volquetes de 25 m<sup>3</sup>.

3.2. **Resultados del análisis comparativo de costos por combustible entre los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup>**

Para la obtención de los resultados que se presentan a continuación con respecto al costo por combustible de los volquetes de 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup> se efectuaron cálculos utilizando las fórmulas de las ecuaciones N° 02, 03, 04 y 05. Además, los costos fueron calculados en base a 1000 m<sup>3</sup>.

Tabla 19:

*Resultados de costos para mover 1000 m<sup>3</sup> de material*

<b>COMPARACION DE COSTOS PARA MOVER 1000 M3</b>		
	<b>VOVLO FMX 25 M3</b>	<b>VOVLO FMX 20 M3</b>
% Factor de llenado	90	90
Factor llenado	22.5	18
Costo combustible (\$/gal)	2.88	2.88
Ciclo viaje (h)	1.28	1.28
Rendimiento (m <sup>3</sup> /h)	15.82	12.66
Total horas	63.21	79.01
Consumo combustible	297.09	331.85
<b>Costo total combustible (\$)</b>	<b>855.61</b>	<b>955.73</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20:

*Comparación de costos por combustible entre los volquetes de 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup>*

<b>COMPARACION DEL COSTO POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>			
<b>En 1000 M3</b>	<b>Volvo FMX 20 M3</b>	<b>Volvo FMX 25 M3</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Combustible (gal)</b>	331.85	297.09	34.76
<b>Combustible (\$)</b>	955.73	855.61	100.12
<b>Tiempo (h)</b>	79.01	63.21	15.8

Fuente: Elaboración propia.

Se puede identificar una diferencia en combustible de 34.76 galones, por ello obtenemos una diferencia significativa en los costos por combustible de \$ 100.12, lo cual nos permite ir comprobando que reemplazar los volquetes de 20 m<sup>3</sup> por los de 25 m<sup>3</sup>, no solo disminuye el tiempo de ciclo, sino que los costos por combustible son menores mejorando la rentabilidad y ganancias de la empresa minera.

### 3.3. Resultados del análisis comparativo de los costos de mantenimiento y reparaciones

El costo de mantenimiento fue calculado en base a los datos proporcionados por el área de logística y se presentan a continuación.

Tabla 21:

*Costo de mantenimiento (personal de mantenimiento)*

<b>COSTO MANTENIMIENTO DE VOLQUETES (EQUIPO DE MANTENIMIENTO)</b>		
	\$/Unid.	\$/h
Mantenimiento programado (C. Fijo)	996.78	2.89
Mantenimiento Correctivo (C. Variable)	1,440.53	3.92
<b>TOTAL</b>	<b>2,437.31</b>	<b>6.81</b>

Fuente: Área de Logística.

Tabla 22:

*Costo por reparaciones*

<b>REPARACIONES - VOLQUETES</b>		
	\$/Unid.	\$/h
Sistema Eléctrico (C. Variable)	14.64	0.05
Sistema Hidráulico (C. Variable)	31.8	0.07
Mantenimiento de tolva (C. Variable)	147.5	0.48
<b>TOTAL</b>	<b>193.94</b>	<b>0.6</b>

Fuente: Área de logística.

Con los datos de los costos de mantenimiento (personal) y las reparaciones detalladas en las tablas N° 21 y 22, se realizó el análisis comparativo de los costos correspondientes al mantenimiento de los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup>.

Tabla 23:

*Comparación de costos por mantenimiento y reparaciones*

<b>DIFERENCIA DE COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>			
	<b>Volquete FMX 8X4-20M3</b>	<b>Volquete FMX 8X4-25M3</b>	<b>Diferencia</b>
N° Equipos - operación		6	4
Costo de mantenimiento (\$/flota)	14623.86	9749.24	4874.62
Costo de reparaciones (\$/flota)	1163.64	775.76	387.88

Fuente: Elaboración propia.

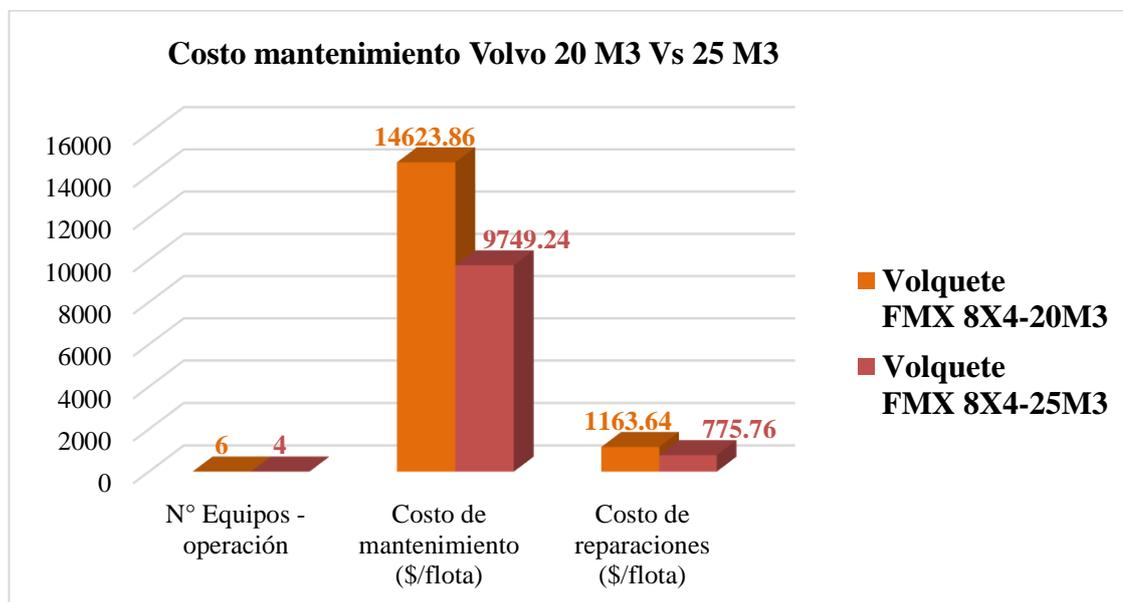


Ilustración 5: *Comparación de costos de mantenimiento y reparaciones de los volquetes*

Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar una comparación entre los costos de mantenimiento más los costos por reparaciones de la flota de volquetes calculada anteriormente tanto para los de 20 m<sup>3</sup> como para los de 25 m<sup>3</sup>, se identificó un ahorro de \$ 5662.5 reemplazando volquetes, esto debido a que si se utiliza volquetes de 25 m<sup>3</sup> se requiere 2 equipos menos.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Los resultados obtenidos en relación a los tiempos de ciclo que corresponde a los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup> de capacidad son de 69.13 minutos y 57.92 minutos respectivamente estos datos tomados de la ruta comprendida entre el Tajo y el Pad de lixiviación. Para segunda ruta comprendida entre el Tajo y el botadero los tiempos de ciclo fueron de 57.35 minutos para el volquete de 20 m<sup>3</sup> y 40.63 minutos para el de 25 m<sup>3</sup>.

En los cuales se puede notar que los volquetes de 25 m<sup>3</sup> realizan el proceso de carguío del Tajo al Pad en menos tiempo siendo 11.21 minutos la diferencia en comparación con el tiempo de ciclo realizado por los volquetes de 20 m<sup>3</sup>. Lo mismo sucede con los resultados de los tiempos de ciclo obtenidos en la ruta del Tajo al botadero, aumentando la diferencia de ciclos en 16.72 minutos.

Teniendo los resultados de los ciclos realizados por ambos volquetes se calculó el dimensionamiento de flota obteniendo que para mover 18,590 m<sup>3</sup> del Tajo al Pad se requieren 3 volquetes de 20 m<sup>3</sup>. Se dimensiono la flota para los volquetes de 25 m<sup>3</sup> obteniendo que se requiere de 2 volquetes para mover 20,444 m<sup>3</sup> de material. La diferencia que se observa es de 1 equipo esto significaría un ahorro considerable, además de que el aumento en el material que se va a transportar es mayor, lo cual permitirá mejorar la producción de la mina.

De igual manera para transportar 19,570 m<sup>3</sup> de material del Tajo al Botadero se requieren 2 volquetes de 20 m<sup>3</sup> y para transportar 21,571 m<sup>3</sup> de material se requieren 2 volquetes de 25 m<sup>3</sup>.

Los resultados obtenidos con respecto al tiempo del ciclo nos permito dimensionar la flota requerida de para transportar material en las rutas del Tajo al Pad y del Tajo al Botadero utilizando ambos volquetes.

Se calculó los resultados de los costos por combustible que requieren los volquetes para mover 1000 m<sup>3</sup> de material, donde se puede identificar una diferencia en combustible de 34.76 galones, por ello obtenemos una diferencia significativa en los costos por combustible de \$ 100.12, lo cual nos permite ir comprobando que reemplazar los volquetes de 20 m<sup>3</sup> por los de 25 m<sup>3</sup>, no solo disminuye el tiempo de ciclo, sino que los costos por combustible son menores mejorando la rentabilidad y ganancias de la empresa minera.

Estos resultados encontrados nos permiten avalar lo indicado por Aranibar (2005) en su exposición “Criterios en la selección de equipos”. 5to Congreso Nacional de Minería, Huancayo – Perú. Expone que la gran variedad de maquinaria pesada existente en el mercado, no es una limitante para la selección de maquinarias en un determinado trabajo, según las condiciones requeridas. Varias empresas mineras continúan operando con maquinaria que tienen un alto costo de operación y con beneficios muy bajos respecto a otra maquinaria, que puede ser la más adecuada para el tamaño de la operación. Los grandes avances en nuevas tecnologías y el desarrollo de maquinaria pesada de mayor potencia y componentes modernos, permiten el movimiento de enormes cantidades de materiales, dando como resultado que las operaciones sean menos costosas y opten por estas alternativas.

Por último, según los resultados encontrados para los costos de mantenimiento y reparación se tuvo un ahorro de \$ 5662.5 reemplazando volquetes, esto debido a que si se utiliza

volquetes de 25 m<sup>3</sup> se requiere 2 equipos menos, tomando en cuenta costos fijos (honorarios del personal) y costos variables. Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación concuerdan con la teoría señalada por Rivera (2011) quien señala que al igual que la Producción, en Mantenimiento hay que hablar de costos variables y costos fijos. Costos variables son aquellos que tienden a variar en proporción directa con el nivel de actividad de nuestro departamento de Mantenimiento; por ejemplo, los costes de consumos de aceites, aunque estos costes variables serán fijos por unidad de producto. Costos fijos serán aquellos que no varían con relación al nivel de producción durante un determinado período; por ejemplo, el sueldo del jefe de mantenimiento.

De la misma manera reafirman lo indicado por Ayala (2019) titulado “Análisis para la selección y remplazo de volquetes de 25 m<sup>3</sup> de capacidad para la optimización del acarreo y transporte en la operación minera - mina Los Andes Perú Gold – Huamachuco”. Indica que con el fin de mejorar y elevar rendimientos los cuales ayudan a determinar el punto óptimo para reemplazar el equipo de acarreo de material, está muy relacionado con el costo de operación, diversos factores de orden interno o externo afectan a las decisiones de reemplazo del equipo, dentro de ellas se mencionan; factor de inercia, ingeniería, finanzas, estandarización, costo de energía, economía y los factores de análisis económico. Concluye que según los resultados obtenidos logró demostrar que es viable trabajar con volquetes volvo FMX 8 x 4 de 25 m<sup>3</sup>, logrando reducir significativamente el costo de mantenimiento (4852,7 USD/Flota) y reparaciones (383,84 USD/ Flota) por flota ya que al contar con 2 unidades menos para alcanzar la meta de producción esto se logra de manera permanente en la operación y podría ser viable con cualquier marca de volquetes siempre y cuando se

trabajen con camiones con las mismas características de tracción 8 x 4 en relación al volumen transportado.

## 4.2 Conclusiones

- Se midieron los tiempos de ciclo que corresponde a los volquetes Volvo FMX 8x4 de 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup> de capacidad siendo 69.13 minutos y 57.92 minutos respectivamente estos datos tomados de la ruta comprendida entre el Tajo y el Pad de lixiviación. Para segunda ruta comprendida entre el Tajo y el botadero los tiempos de ciclo fueron de 57.35 minutos para el volquete de 20 m<sup>3</sup> y 40.63 minutos para el de 25 m<sup>3</sup>, los volquetes de 25 m<sup>3</sup> realizan el proceso de carguío del Tajo al Pad en menos tiempo siendo 11.21 minutos la diferencia en comparación con el tiempo de ciclo realizado por los volquetes de 20 m<sup>3</sup>, los tiempos de ciclo obtenidos en la ruta del Tajo al botadero, para ambos volquetes tuvo una diferencia de 16.72 minutos.
- Se calculó el dimensionamiento de flota obteniendo que para mover 18,590 m<sup>3</sup> del Tajo al Pad se requieren 3 volquetes de 20 m<sup>3</sup>. Se dimensiono la flota para los volquetes de 25 m<sup>3</sup> obteniendo que se requiere de 2 volquetes para mover 20,444 m<sup>3</sup> de material. La diferencia que se observa es de 1 equipo esto significaría un ahorro considerable, además de que el aumento en el material que se va a transportar es mayor, lo cual permitirá mejorar la producción de la mina, para transportar 19,570 m<sup>3</sup> de material del Tajo al Botadero se requieren 2 volquetes de 20 m<sup>3</sup> y para transportar 21,571 m<sup>3</sup> de material se requieren 2 volquetes de 25 m<sup>3</sup>.
- Se calculó los resultados de los costos por combustible que requieren los volquetes para mover 1000 m<sup>3</sup> de material, donde se puede identificar una diferencia en combustible de 34.76 galones, por ello obtenemos una diferencia significativa en los costos por combustible de \$ 100.12, lo cual nos permite comprobar que reemplazar

los volquetes de 20 m<sup>3</sup> por los de 25 m<sup>3</sup>, no solo disminuye el tiempo de ciclo, sino que los costos por combustible son menores mejorando la rentabilidad y ganancias de la empresa minera.

- Se calcularon los costos de mantenimiento y reparación dónde se tuvo un ahorro de \$ 5662.5 reemplazando volquetes, esto debido a que si se utiliza volquetes de 25 m<sup>3</sup> se requiere 2 equipos menos, tomando en cuenta costos fijos (honorarios del personal) y costos variables.

## REFERENCIAS

- Alva, D. (2019). *Análisis para la selección y reemplazo de volquetes de 25 m<sup>3</sup> de capacidad para la optimización del acarreo y transporte en la operación minera - mina Los Andes Perú Gold – Huamachuco*. (tesis pregrado). Universidad Nacional de Trujillo. Cajamarca, Perú.
- Aranibar J. (2005) “*Criterios en la selección de equipos*”. 5to Congreso Nacional de Minería, Huancayo, Perú.
- Bazán A. (2016). “*Cálculo del número de unidades de la flota de camiones en el tajo abierto San Genaro, perteneciente a la Compañía Minera Atacocha*”. (tesis pregrado). Universidad Continental. Huancayo, Perú
- Gonzáles, F. (2011). Planes de mantenimiento de vehículos y organización del tráfico. Ingeniería, recuperado de :  
[file:///C:/Users/User/Downloads/CASTA%C3%91EDA%20MU%C3%91O%20Y%20GONZALES%20MINO%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/CASTA%C3%91EDA%20MU%C3%91O%20Y%20GONZALES%20MINO%20(1).pdf)
- Ficha técnica de los volquetes Volvo FMX 8x4, recuperado de :  
<http://www.cargobill.com/CargoBill/modulos/verdctos.aspx?idDocto=24>
- Palella, S. & Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*, Florencia, Venezuela. Recuperado de <https://www.docsity.com/es/disenio-tipo-nivel-y-modalidad-de-palella-y-martins/2733947/>

Rivera Rubio, E. M. (2011). Sistema de gestión del Mantenimiento Industrial. Lima, recuperado

de

:

[file:///C:/Users/User/Downloads/CASTA%C3%91EDA%20MU%C3%91OZ%20y%20GONZALES%20MINO%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/CASTA%C3%91EDA%20MU%C3%91OZ%20y%20GONZALES%20MINO%20(1).pdf)

Vargas, R. (2009). La Investigación aplicada: *una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. Vol. (33), p.161.

Villalobos, M. (2015). *Propuesta de mejora del sistema de carguío y acarreo para reducir los costos del área de operaciones de una unidad minera*. (tesis pregrado). Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú.

Palencia E., (2013). *Consideraciones sobre la selección y cálculo de producción de maquinaria pesada para el movimiento de tierras*.

## ANEXOS

ANEXO N° 01: Formato de tiempos en ciclo de carguío y acarreo

---

<b>CICLO DE ACARREO TAJO-BOTADERO VOLVO 20 – 25 M3</b>					
<b>(12 DATOS)</b>					
<b>Volquetes</b>	<b>Tiempo Ida</b>	<b>Tiempo Cuadre</b>	<b>Tiempo Descarga</b>	<b>Tiempo Retorno</b>	<b>Ciclo min.</b>

---

### **Promedio**

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 02: Ficha técnica de los volquetes Volvo FMX 8x4



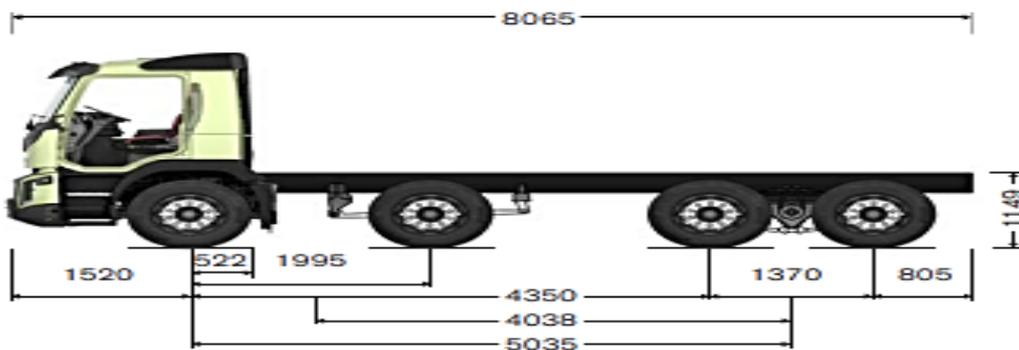
**PESOS Y CAPACIDADES (Kg)**

FMX 8X4R	Eje delantero	Eje trasero	Total
Capacidad técnica	18.000	32.000	50.000
Límite legal	10.000	18.000	28.000
Peso del chasis*	7.133	3.771	10.905

\*Pesos estimados con 100 lbs de combustible, sin chofer y con rueda de auxilio. Llantas de acero, frenos a tambor y cabina extendida techo normal. Eje RTH3210F. Distancia entre ejes 4350 mm. Motor 13 lts.

es especialmente diseñado para trabajos pesados.

**FMX 8X4R**



## FMX 370 6X4R/8X4R

### MOTOR

**Modelo:** VOLVO D11A Euro 3

**Cilindrada:** 10,8 lts, 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro. Unidades individuales de inyector bomba. Sistema de inyección con gerenciamiento electrónico.

**Potencia:** 370 cv entre 1.600 -1.900 rpm

**Torque:** 1.770 Nm entre 1.000-1.400 rpm

### CAJA DE VELOCIDADES

**Modelo:** Volvo VT2214B

**Tipo:** Manual sincronizada.

**Marchas:** 14 (12+2) velocidades

**Opcional:** Automatizada (I-Shift)/12 velocidades

### SUSPENSIÓN DELANTERA

**Tipo:** Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora.

**Capacidad:** -7.500 - 8.000 Kg (6x4R)  
-16.000 Kg (8x4R)

### FRENOS

**Tipo:** Frenos a tambor con ABS.

**Freno auxiliar:** Freno de motor VEB a través de las válvulas de 390 cv.

### DIFERENCIAL

**Modelo:** RS2370

**Relación de reducción:** 3,09 / 3,40 / 3,78 / 4,50.

**Capacidad de arrastre:** 60 Tn

**Opcional:** Ejes con reductores de cubo RTH 2610 o RTH3210F.

### SUSPENSIÓN TRASERA

**Tipo:** Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora (RTS 2370)

**Capacidad:** 20.000 Kg

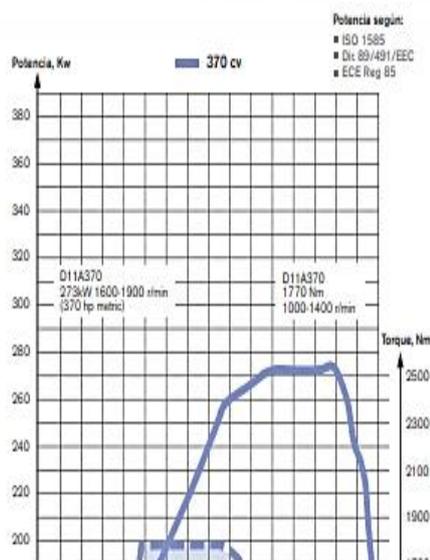
**Opcional:** Ballestas semi-elípticas (RTH2610F o RTH 3210) con capacidad 26.000 Kg

### CHASIS

**Material:** Acero especial LNE60 de alta resistencia y bajo peso, con refuerzo interno.

**Altura:** 300 mm

**Ala:** 90 mm





## FMX 440/480 6X4R/8X4R

### MOTOR

**Modelo:** VOLVO D13A Euro 3  
**Cilindrada:** 12,8 lts, 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro. Unidades individuales de inyector bomba. Sistema de inyección con gerenciamiento electrónico.  
**Potencia:** 440/480cv entre 1.400 -1.800 rpm  
**Torque:** 2.200/2.400 Nm entre 1.050-1.450 rpm

### CAJA DE VELOCIDADES

**Modelo:** Volvo VT2514B  
**Tipo:** Manual sincronizada.  
**Marchas:** 14 (12+2) velocidades  
**Opcional:** Automatizada (I-Shift)/12 velocidades

### DIFERENCIAL

**Modelo:** RTH3210F  
**Relación de reducción:** 3,33/3,46/3,61/3,76/3,97/4,12/4,55/5,41/6,18/7,21  
**Capacidad de arrastre:** 100\* Ton  
 (\*130 Ton para rat 4,12 o mas corto.

### SUSPENSIÓN DELANTERA

**Tipo:** Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora.  
**Capacidad:** -7.500-8.000-9.000 Kg (6x4R)  
 -16.000-18.000 Kg (8x4R)

### SUSPENSIÓN TRASERA

**Tipo:** Ballestas semielípticas con amortiguadores y barra estabilizadora.  
**Capacidad:** 32.000 Kg  
**Opcional:** Suspensión neumática (bajo consulta).

### FRENOS

**Tipo:** Frenos a tambor con ABS.  
**Freno auxiliar:** Freno de motor VEB a través de las válvulas de 410 cv.

### CHASIS

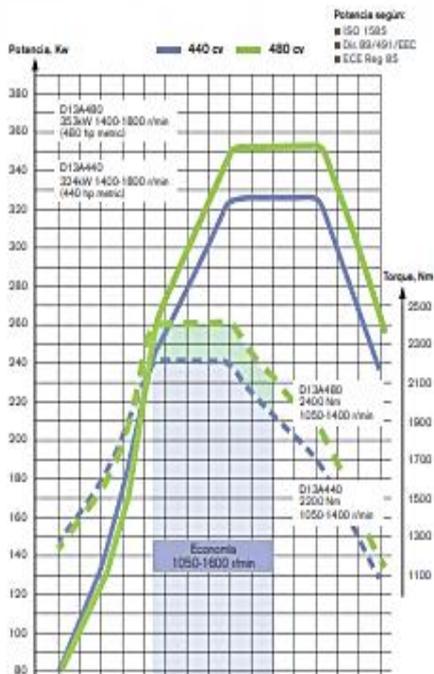
**Material:** Acero especial LNE60 de alta resistencia y bajo peso, con refuerzo interno.  
**Altura:** 300 mm  
**Ala:** 90 mm  
**Espesor + refuerzo:** 9 + 5 mm  
**Gancho delantero para remolque:** de 32 Ton.

### TANQUES DE COMBUSTIBLE

**Tipo:** Rectangular  
**Material:** Plástico  
**Capacidad:** -420 lts 6x4R entre ejes 3.700 mm

### NEUMÁTICOS Y LLANTAS

**Neumáticos:** 12R20  
**Llantas:** Acero  
**Opcional:** 11R20-11R22,5-325/95R24-



Fuente: Pagina web de la marca Volvo.

ANEXO N° 03: Columna estratigráfica de la geología.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA					
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Reciente	Depósitos Aluviales	Q-al	Ti-an
		Pleistoceno	Depósitos: Lagunares y glaciares	Q-la Q-gl	
	TERCIARIO	Superior	Fm. Condebamba	TsQ-co	
MESOZOICO	CRETÁCEO	Superior	Fm. Inca, Chulec, Pariatambo	Ki-ichp	
		Inferior	Grupo Goyllarisquizga	Fm. Farrat	
				Fm. Santa-Carhuaz	Ki-saca
	Fm. Chimu			Ki-chim	
JURÁSICO	Superior	Fm. Chicama	Js-chic		

Fuente: Área de geología.

ANEXO N° 04: Excavadoras de carguío

<b>EXCAVADORAS – VOLQUETE 25 M3</b>		
	<b>EXCAVADORA VOLVO 750 DL</b>	<b>EXCAVADORA CAT 374</b>
Capacidad de cuchara (m3)	5.16	4.0
Lamponadas	6	7

Fuente: Área de planeamiento.

ANEXO N° 05: Fotografías del trabajo de campo.



Foto 1: Volquetes en proceso de carguío y acarreo.



Foto 2: Volquete Volvo FMX 8x4 en proceso de carguío de material.