



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS DE ACARREO CONSIDERANDO VARIABLES OPERATIVAS DE MINADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Carlos Manuel Pajares Cerna

Asesor:

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios por darnos salud, iluminar nuestro camino, darnos las fuerzas necesarias, de ser nuestra guía en cada paso que damos.

A mi Familia, mis padres Marleny Cerne y Segundo Pajares, mis hermanos Paulo Pajares y Luis Pajares y mi hijo Patrick que siempre tuve su apoyo de forma incondicional a lo largo de toda mi carrera Universitaria y a lo largo de toda mi vida.

A todas las personas en especial que me acompañaron en esta etapa aportando a mi formación tanto profesional como ser humano.

Carlos Pajares

AGRADECIMIENTO

Agradecer a nuestros Docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Privada del Norte por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra formación Profesional en especial al Ingeniero Oscar Vásquez Mendoza por su apoyo incondicional para poder sacar adelante la presente tesis.

Carlos Pajares

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	20
CAPÍTULO III. RESULTADOS	23
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	34
REFERENCIAS.....	36
ANEXOS.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros de resistencia a la rodadura.....	17
Tabla 2: Descripción de los equipos de carguío y acarreo.....	23
Tabla 3: Clasificación de material de minado Unidad Minera.....	23
Tabla 4: Tiempo de carguío según equipo y clasificación de material.....	26
Tabla 5: Peso de volquete vacío y carga útil de material.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Clasificación de tiempo de acarreo y carguío.....	11
Ilustración 2: Curva Rimpull y Retarding.....	15
Ilustración 3: Pendientes de una ruta.....	17
Ilustración 4: Proceso del cálculo de producción.....	25
Ilustración 5: Tiempo de carguío promedio de excavadora 336DL.....	27
Ilustración 6: Tiempo de carguío promedio de excavadora 390FL.....	27
Ilustración 7: Tiempo de carguío promedio de excavadora 385CL.....	28
Ilustración 8: Curva de velocidad de acuerdo a pendiente para los volquetes cargado.....	28
Ilustración 9: Curva de velocidad de acuerdo a pendiente para los volquetes vacío.....	29
Ilustración 10: Tiempo de descarga	29
Ilustración 11: Tiempo de posicionamiento.....	30
Ilustración.12: Tiempo promedio de descarga y posicionamiento de los volquetes.....	30
Ilustración 13: Peso de volquete vacío y carga útil.....	31
Ilustración 14: Cálculo de equipos de acarreo y producción y su secuencia.....	32
Ilustración 15: Producción diaria sin considerar variables operativas y considerando variables operativas de minado.....	33
Ilustración 16: Producción obtenida sin considerar variables operativas y considerando variables operativas de minado.....	33

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo incrementar la producción de los equipos de acarreo considerando variables operativas de minado, para lo cual se realizó la toma de datos: tiempo de carguío, tiempo de descarga y posicionamiento, peso del volquete y carga útil. Con los resultados obtenidos en campo, se hizo un análisis comparativo del tiempo de carguío de las excavadoras, graficas velocidad vs pendiente, tiempos de posicionamiento.

En relación al análisis de las curvas de velocidad vs pendiente considerando las variables operativas, se concluye que existe una pendiente del 22% cuando el volquete está cargado y una pendiente de 27% cuando el volquete está vacío.

Con respecto a la productividad se tiene 426,680.27 y 449,196.50 sin considerar las variables operativas y considerando las variables operativas de minado respectivamente.

Se puede apreciar que la producción incrementa en un 5%, dimensionando de los equipos de acarreo considerando las variables operativas de minado, el cual simula el dinamismo que existe en la operación minera.

Palabras clave: Dimensionamiento de equipos, variables operativas, minado, producción.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El dimensionamiento de equipo para la asignación a los frentes de minado se viene realizando sin un fundamento técnico, conllevando a que no se esté cumpliendo con su objetivo principal, que es la producción diaria y mensual.

La producción depende en parte a que no se tiene un dimensionamiento óptimo de los equipos de carguío y acarreo, considerando variables operativas de minado como rutas de acarreo, frentes de minado y puntos de descarga, que son muy dinámicos en el tiempo. No tener un dimensionamiento considerando estos aspectos genera un sobre dimensionamiento y/o sub dimensionamiento de los equipos de acarreo. A raíz de este problema, es que surge el tema de investigación.

El dimensionamiento de equipos se realiza en base a tiempos de ciclo promedio y/o rendimientos; no considerando el dinamismo operativo en campo y condiciones variantes de minado. El cual genera un sobre dimensionamiento.

Manuel, V. (2010), en su tesis “Estudio del Cálculo de Flota de Camiones para una Operación Minera a Cielo Vuelto”. Tesis de grado. Menciona que el cálculo correcto de la flota de camiones, ayuda a mantener en óptimas condiciones la relación \$/ton para la operación mina. El exceso o la falta de camiones incurre directamente en los costos unitarios.

Christian, S. & Néstor, T. (2016), en su tesis “Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Acarreo en Minería Superficial”. Tesis de grado. Mencionan que simular los tiempos de acarreo teniendo una alta confiabilidad, facilita el

dimensionamiento de los equipos de acarreo. Evitando pérdidas en el proceso, aumentando la producción.

Daniel, R. (2013), en su tesis “Modelo Analítico para el Dimensionamiento de Flota de Transporte en Minería a Cielo Abierto: Análisis de Prioridades de Atención según Rendimiento”. Tesis de grado. Menciona que se debe tener un enfoque de sistema, es decir para todos los ciclos de forma simultánea, se pueden generar beneficios de un 19,6% en promedio en términos de tiempos perdidos por espera, en comparación al enfoque de resolución del problema a través de ciclos independientes. Adicionalmente, en términos de tamaño de flota, no existe diferencias significativas entre ambos enfoques.

Raúl, E. (2016), en su presentación “Consideración de variables dinámicas operativas para el dimensionamiento de flota para mediana minería”. Ponencia PUCP. Menciona que considerar variables dinámicas propias de la operación para el dimensionamiento de flota de acarreo, se tiene un cálculo de producción más cercana a lo planeado y reduce el margen de sobre y/o sub dimensionamiento de equipos de acarreo.

Según Rodríguez, E. (2013), en su trabajo titulado “Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto”, en la cual concluye que en relación a la composición de la flota de camiones, no es posible afirmar que una flota homogénea de camiones sea superior a una flota heterogénea en términos de costos y rendimientos; luego la composición óptima de la flota depende de los tipos de camiones disponibles y de los diversos factores que componen el ciclo de carguío y transporte.

Según Vidal (2010), en su tesis “Estudio de cálculo de flota de camiones para una operación minera”, es un estudio de tipo experimental, donde se afirma que el cálculo

correcto de la flota de camiones, ayuda a mantener en óptimas condiciones la relación \$/t para el costo de operaciones mina. El exceso o la falta de camiones incurre directamente en los costos unitarios. El siguiente trabajo es de suma importancia, para poder tener referencia de los costos unitarios.

Producción

La programación de producción en las operaciones mineras es un proceso especializado que se desarrolla en el contexto del diseño de mina con la finalidad de lograr un alineamiento entre las metas de producción acordadas con el mercado y las restricciones geotécnicas, tecnológicas, operacionales y de recurso con las que cuentan los gerentes de operaciones para obtener la mejor mezcla programable para producción de mina.

En general el proceso de programación maestra requiere alinear las necesidades de producción previstas en el plan de minado con las restricciones operativas que la mina presenta y que se ajustan diariamente en función al avance de las operaciones. El manejo de las restricciones y las condiciones particulares de la operación son las que definen el ajuste que los ingenieros de la mina deben efectuar para mantener el ciclo de manera productiva y el cumplimiento con los programas ofrecidos a la gerencia internamente y al mercado como cliente global.

El resultado de ejecutar una programación de producción sobre la base de nuevas tecnologías logra una diferencia significativa frente a los métodos de planeamiento tradicional, sin embargo, es necesario indicar que siempre dependerá mucho de las competencias que tenga el equipo profesional de operaciones para utilizar eficientemente las herramientas que la tecnología provee para la industria minera. En

esto influye fuertemente el liderazgo del equipo que la gerencia de operaciones pueda ofrecer para hacer la diferencia.

Clasificación de tiempos

Para dimensionar una flota de acarreo se necesita conocer el tiempo de ciclo total de carguío y acarreo.

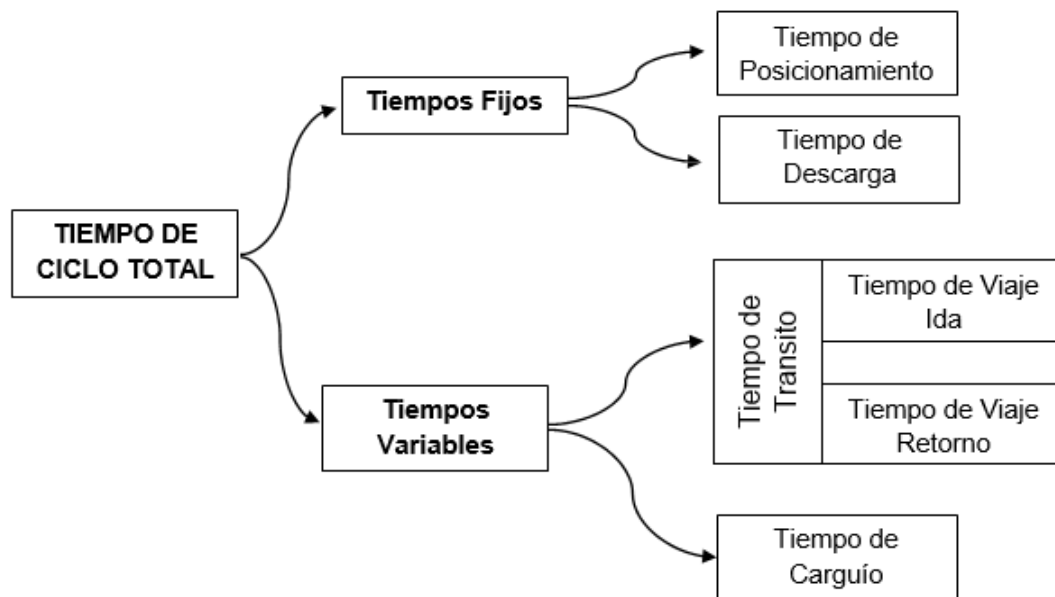


Ilustración 1: Clasificación de tiempo de acarreo y carguío

Fuente: Elaboración propia

Tiempos Fijos

Se denominan así debido a que su variación respecto al tiempo total del ciclo es despreciable. Estos incluyen los tiempos de posicionamiento y descarga. Se considera que para el cálculo de la producción se usa el valor medio de una serie de registro de datos de campo para un grupo de volquetes del mismo modelo.

$$\text{Tiempos fijos} = \text{Tiempo. Posicionamiento} + \text{Tiempo Descarga.}$$

Tiempo de posicionamiento

Es el tiempo empleado durante la acción de desplazar el volquete desde el punto de inicio de la ruta hacia el costado de la excavadora, en la posición de carga. Se considera que la posición de carga es al lado izquierdo de la excavadora, o derecha si se indicara así, a 1 m. de distancia del contrapeso de la excavadora y paralelo al frente de la excavadora.

Tiempo de descarga

El tiempo de descarga contempla dos acciones. El posicionamiento es la acción de desplazar el volquete entre el punto final de la ruta de acarreo hasta la zona de descarga incluyendo la maniobra de posicionamiento. La descarga es la acción de vaciar la carga de la tolva. Se considera que comienza al iniciar el levantamiento de la tolva y finaliza al regresar la tolva a su posición inicial y avanzar hasta el punto de la ruta.

Tiempos Variables

Los tiempos variables se denominan aquellos que están sujetos al dinamismo operativo de minado, he incluye a los tiempos de transito cargado, transito vacío y carguío de los volquetes. Los tiempos de transito cargados y vacíos son variables ya que varían a lo largo de la operación debido a la variación de características de las rutas: longitud, pendiente, frentes de minado, puntos de descarga, paradas y curvas; y el tiempo de carguío depende del tipo de material y tamaño de equipo para realizar los números de pases al cargar el volquete.

Tiempo de Transito

Se considera el tiempo de transito del Volquete como la suma de los siguientes

tiempos:

Tiempo de transito = Tiempo de viaje ida + Tiempo de viaje retorno

Donde:

- ✓ Tiempo de viaje ida: Es el tiempo que el volquete transita cargado, desde el frente de minado al punto de descarga.
- ✓ Tiempo de viaje retorno: Es el tiempo que el volquete transita vacío, desde el punto de descarga hacia el frente de minado o carguío.

Tiempo de Carguío

Se denomina así al tiempo requerido para cargar un volquete. Se considera desde el instante en que la excavadora comienza a descargar el material, al realizar el primer pase, hasta que el siguiente camión se posiciona para ser cargado (tiempo de intercambio).

El tiempo de carguío muestra la producción de los equipos de carguío. Factores como el tipo de material a ser cargado, modelo de equipo, condiciones físicas de la operación y eficiencia de los operadores influyen en la productividad de los equipos.

La eficiencia de los operadores y las condiciones de trabajo son una constante. El tiempo de la etapa de carguío se calcula:

Tpo. de carguío = Tpo. Primer pase + Tpo. Pases restantes + Tpo. De intercambio

Dónde:

- ✓ Tiempo de primer pase: es el tiempo en el cual la cuchara de la excavadora realiza la primera descarga de material hasta antes que inicie la retracción. Por lo general este tiempo está entre 4 a 5 segundos.

- ✓ Tiempo pases restantes: es el tiempo desde la primera retracción hasta que la excavadora deja caer la última descarga de material en el camión. Se determina de la siguiente manera:

Tpo. Pases restantes = (Nº de pases -1) x Tpo. Promedio de pases restantes

- ✓ Tiempo de intercambio: es el tiempo desde que sale el volquete cargado hasta antes que el siguiente volquete reciba el primer pase. Depende, entre otras cosas, de la habilidad del operador de la excavadora al momento de cargar el material en el menor tiempo posible, de la habilidad del operador del volquete al momento de realizar las maniobras de retroceso y estacionamiento y de las condiciones del área de carguío.

Variables operativas de minado: Los factores que influyen en el tiempo de transito de los volquetes son:

- ✓ Características del equipo de acarreo
 - Características rimpull
 - Características retarding
 - Peso del volquete vacío
 - Peso de la carga útil (payload)
 - ✓ Características de las rutas de acarreo
 - Longitud
 - Pendiente
 - Velocidad media
 - Resistencia a la rodadura
- Características Rimpull y Retarding

Cada tipo de equipo de acarreo, según su marca y modelo, tiene características

particulares que predicen su comportamiento en determinadas condiciones, éstas son representadas en las curvas características “rimpull” y “retarding” por los fabricantes de los equipos.

La cartilla “rimpull” representa la fuerza de tracción disponible en el punto de contacto de la rueda y la superficie del terreno a determinada velocidad de desplazamiento. La fuerza de tracción disponible está en función del peso bruto del camión y la resistencia total al movimiento cuando la resistencia total al movimiento es mayor a cero.

La cartilla “retarding” representa la capacidad del vehículo de desplazarse a una velocidad en función de la resistencia total al movimiento, cuando esta es menor que cero.

Se observó que las cartillas características de “rimpull” y “retarding” varían en su presentación dependiendo del modelo. Algunos fabricantes presentan sus cartillas en escalas desconocidas de las que es difícil extraer valores precisos.

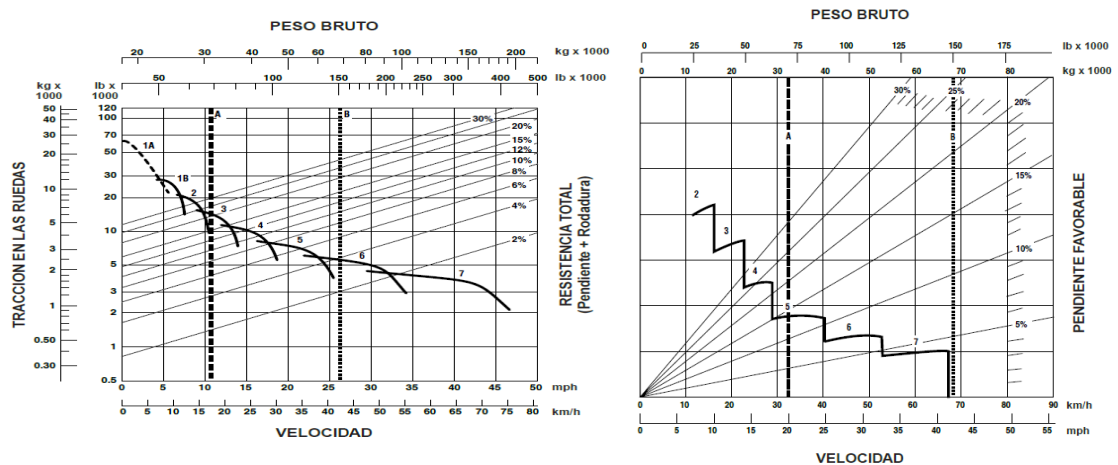


Ilustración 2: Curva Rimpull y Retarding
Fuente: Manual Caterpillar

Peso del Vehículo

Se considera que en el tránsito de ida el volquete está cargado (peso del vehículo vacío más el peso de la carga útil o payload) y que en el retorno el volquete tiene por peso el peso del vehículo vacío. El peso del vehículo vacío es el peso del vehículo sin la carga está dado por el peso del chasis y la tolva estándar. El peso de la carga útil es aquel que considera el peso del material transportado. Este es expresado como porcentaje de la carga útil nominal, cuyo valor máximo es el 100%. Varía de acuerdo a las características del material cargado y la habilidad del operador de la excavadora.

Longitud de la Ruta

Es la medida lineal en metros de la distancia de la ruta o segmentos de la ruta a evaluar. La longitud de una ruta es la sumatoria de la longitud de sus segmentos. Es trazada desde el frente de carguío hacia la zona de descarga.

Para este caso el frente de carguío origen (`_SRC`) se determinará con el centroide del polígono a minar y la zona de descarga destino (`_DST`) con el centroide de la celda de descarga.

Pendiente

Es la medida expresada en porcentaje de la inclinación del terreno de la ruta o segmento a describir. Como resultado de la pendiente, una componente de la fuerza gravitacional estará a favor o en contra del movimiento del volquete.

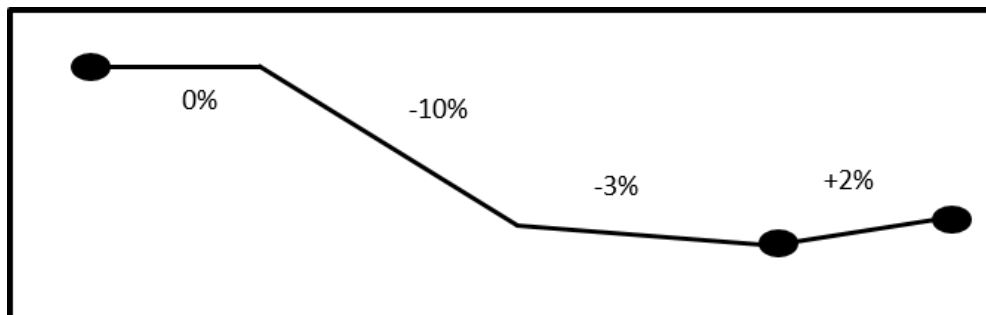


Ilustración 3: Pendientes de una ruta

Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la rodadura

Es la oposición al movimiento debido al contacto entre superficies con movimiento relativo, la fricción interna, la deformación de las llantas y la penetración de las llantas en el terreno que resulta en una fuerza de oposición al desplazamiento.

Para una asignación rápida y sencilla de los valores de resistencia a la rodadura se toma los valores hallados en los recursos bibliográficos:

Tabla 1:

Parámetros de resistencia a la rodadura

RR %	Condición de Ruta
2	Superficie dura y estable - No hay penetración de neumáticos
2-3	Superficie firme y frecuentemente mantenida - Leve flexión bajo carga. Penetración de neumático mínima (<25mm)
3-5	Mantenimiento pobre. Presencia de huella (25-50 mm)
5-8	Superficie débil. Pobrementemente mantenida. Presencia de huella (50-100mm).

Fuente: THOMSON, Roger 2012. Principles of Mine Haul Road Design and Construction.

Velocidad media

Existen dos motivos por los cuales las velocidades están limitadas:

Características del vehículo

Varían entre modelos debido a que el motor posee una capacidad de potencia característica. Las velocidades que se pueden alcanzar son indicadas en las cartillas características “rimpull” y “retarding”. La velocidad depende del peso total del vehículo y la resistencia total a la rodadura.

Velocidades restrictivas

Son las velocidades máximas del camión que son asignadas por motivos de seguridad. Estas son establecidas para que garanticen que el operador pueda mantener el control del vehículo, gestionar el tránsito o castigar la velocidad a la que puede trabajar el motor frente a una resistencia total desfavorable.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida incrementará la producción con el dimensionamiento de equipos de acarreo, considerando variables operativas de minado de una empresa minera de Cajamarca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Incrementar la producción con el dimensionamiento óptimo de equipos de acarreo considerando variables operativas de minado de una empresa minera de Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el tiempo de carguío y tiempos fijos.
- ✓ Determinar las curvas de velocidad vs pendiente
- ✓ Determinar el peso de volquete vacío y carga útil
- ✓ Realizar el dimensionamiento la flota de acarreo.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Con el adecuado dimensionamiento de flota de acarreo se incrementará la producción en la empresa minera Cajamarca.

1.4.2. Hipótesis específicas

- ✓ Es posible incrementar la producción con el dimensionamiento óptimo de equipos de acarreo considerando variables operativas de minado de una empresa minera de Cajamarca.
- ✓ Se logra comprobar las disminuciones de tiempos de carguío y tiempos fijos en función al dimensionamiento.
- ✓ Se logrará determinar la velocidad vs pendiente a través de la identificación de las variables operativas.
- ✓ Mediante el dimensionamiento de la flota de acarreo se logrará incrementar la productividad.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La presente tesis corresponde a una investigación de tipo Aplicada, No Experimental con diseño Descriptivo, ya que se realiza el dimensionamiento de equipos de acarreo para incrementar la producción través del estudio de las variables operativas del minado, tomando en cuenta los volquetes y excavadoras.

Vargas (2009), 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 No experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Por lo tanto, en este diseño no se construye una situación específica, sino que se observan las existentes. Las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas.

Según Sampieri (1998. Pág. 60), los estudios descriptivos permiten detallar situaciones y eventos, es decir, como es y cómo se manifiesta determinado fenómeno y busca especificar propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. En esta investigación se busca describir y determinar algunos factores del dimensionamiento programado que permitan aumentar la producción de los equipos de carguío y acarreo.

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

Población

La población se encuentra representado por toda flota de carguío y acarreo destinadas para el minado de los tajos de la empresa minera Cajamarca.

Muestra

La muestra para el presente estudio, se toma la flota de acarreo destinada para el minado que consta de 9 volquetes y 3 excavadoras.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La técnica principalmente usada es la Observación Directa. Además, se utilizó como instrumentos de recolección de datos, tablas en las que se registra la cantidad de tonelaje por día, por turno y por guardia del material removido en el minado. En otra tabla de recolección de datos se registra información respecto a la cantidad de acarreo considerando las variables operativas de minado.

Para la toma de datos se utilizaron como instrumentos:

- Formatos de datos – Producción real mina (Anexo N° 01)
- Formato de datos – Material removido (Anexo N° 02)

2.4. Procedimiento

Trabajos de Gabinete Iniciales

Inicialmente se procede a la revisión de antecedentes, estudios previos, realizados respecto al tema, en los diferentes ámbitos, tanto local, nacional como internacional.

Trabajos en Campo

Reconocimiento del área de investigación, identificación de las variables operáticas de minado para incrementar la productividad, para realizar el minado de equipos de acarreo, utilizando datos de productividad (Anexo N° 01), producción real mina, (Anexo N° 02) los cuales fueron tomados para obtener resultados precisos.

Análisis de Resultados

En base a los datos recogidos, su posterior ordenamiento - procesamiento y en función a los resultados obtenidos y presentados, se realiza el análisis correspondiente que nos permita determinar el incremento de la producción de los equipos de acarreo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Características de los equipos de carguío

La clasificación de los equipos va de acuerdo a la función específica que desarrolla entre ellas se tiene equipos utilizados para el carguío, acarreo. Los equipos de carguío cumplen especialmente la labor de cargar el material del frente de trabajo hasta un equipo de acarreo, en la empresa se cuentan con los siguientes equipos que intervienen en el ciclo de carguío y acarreo.

Tabla 2:

Descripción de los equipos de carguío y acarreo

CANTIDAD	EQUIPOS	MARCA	MODELO	CAPACIDAD (m ³)
1	EXCAVADORA	Caterpillar	390FL	5.7
1	EXCAVADORA	Caterpillar	336D	3.2
1	EXCAVADORA	Caterpillar	385C	5.4
9	VOLQUETES	Volvo	FMX 8X4	20

Fuente: Área de planeamiento de equipos

Condiciones del material

Tabla 3:

Clasificación de material de minado Unidad Minera

Material	Clasificación
Mineral	Mineral
	Boconería
Desmante	Desmante

Fuente: Planeamiento

3.2. Inputs del dimensionamiento de equipos de acarreo considerando variables dinámicas operativas de minado.

Se generó los inputs para el dimensionamiento de los equipos de acarreo para cada frente de minado.

Curvas de velocidad vs pendiente para volquete cargado

Curvas de velocidad vs pendiente para volquete vacío

Tiempo de carguío

Tiempo de descarga y posicionamiento

Resistencia a la rodadura

Rutas de acarreo

Frentes de minado (origen)

Puntos de descarga (destino)

Peso del volquete vacío

Carga útil (payload)

3.2.1. Análisis y cálculo de la producción he equipos de acarreo para el minado.

Se determinó los indicadores de producción y dimensionamiento de los equipos de acarreo, en base a los inputs que considera las variables dinámicas operativas de minado.

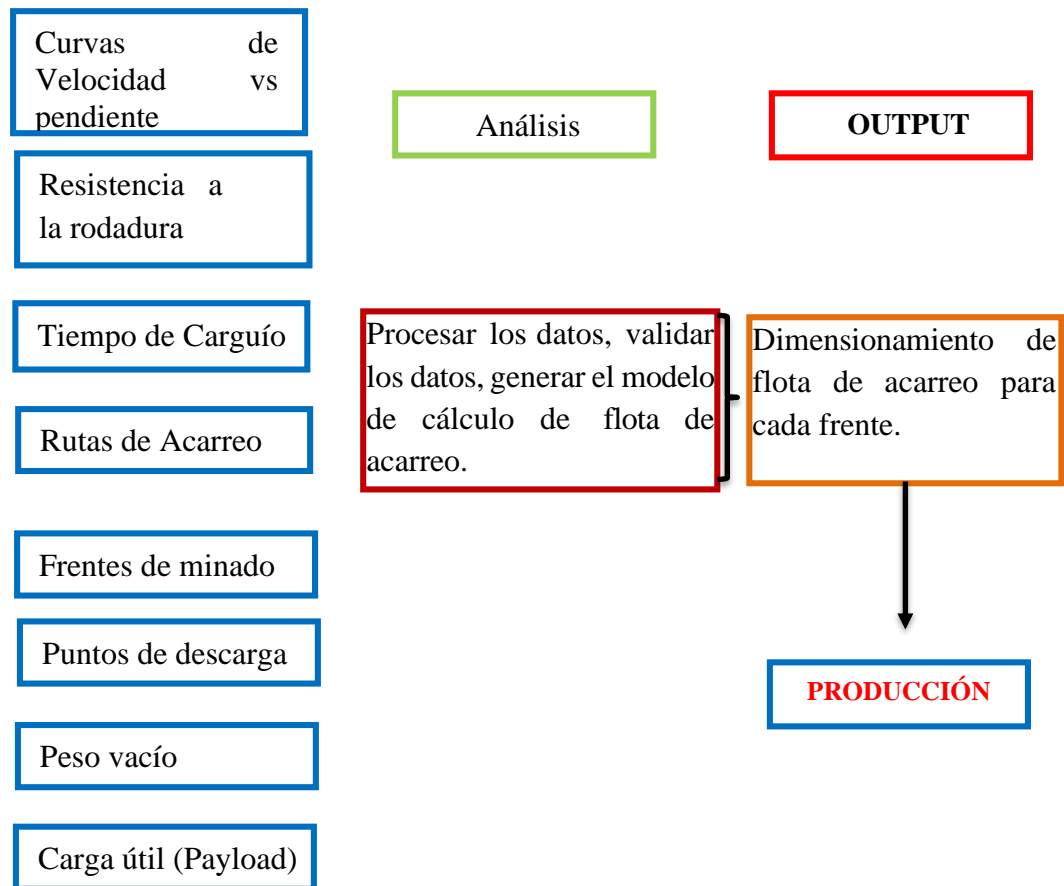


Ilustración 4: Proceso del cálculo de producción
Fuente: Elaboración propia.

3.3. Tiempos de descarga y posicionamiento

3.3.1. Tiempo de descarga

Se tomó el tiempo de descarga considerando el giro de posicionamiento y descarga al levantar y bajar la tola. (Ver anexo 03)

3.3.2. Tiempo de posicionamiento

Se tomó el tiempo en que el volquete llega al frente de minado hace el giro y retrocede para colocarse en un carril, hasta que la excavadora realice la primera caída de material del cucharón a la tolva. (Ver anexo 03)

3.3.3. Tiempos de acarreo según pendiente de la ruta.

Se tomó los tiempos de acarreo de mineral, en condiciones del volquete cargado y vacío. Esto permitirá determinar la velocidad media según pendiente de la ruta y condiciones del volquete cargado o vacío. (Ver anexo 03)

3.4. Tiempo de carguío

Una vez tomado los datos en campo y realizado la organización y análisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

El tiempo de carguío se clasificó, según equipo de carguío y tipo de material que se realizó en el minado del Tajo.

Tabla 4:

Tiempo de carguío según equipo y clasificación de material

EQUIPO	MODELO	MATERIAL	Tiempo de carguío (min)
EXCAVADORA	336DL	Mineral	3.6
		Baconería	4.4
		Desmonte	4
EXCAVADORA	385C	Mineral	1.7
		Desmonte	2
EXCAVADORA	390 FL	Mineral	1.4
		Baconería	1.9
		Desmonte	1.7

Fuente: Elaboración propia.

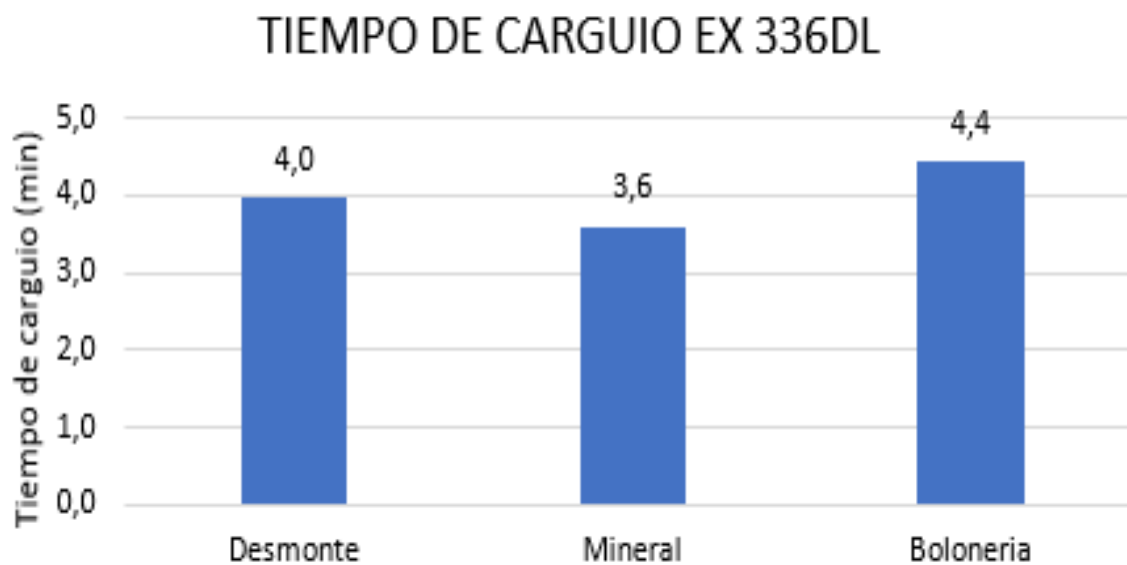


Ilustración 5: Tiempo de carguío promedio de excavadora 336DL

Fuente: Elaboración propia.

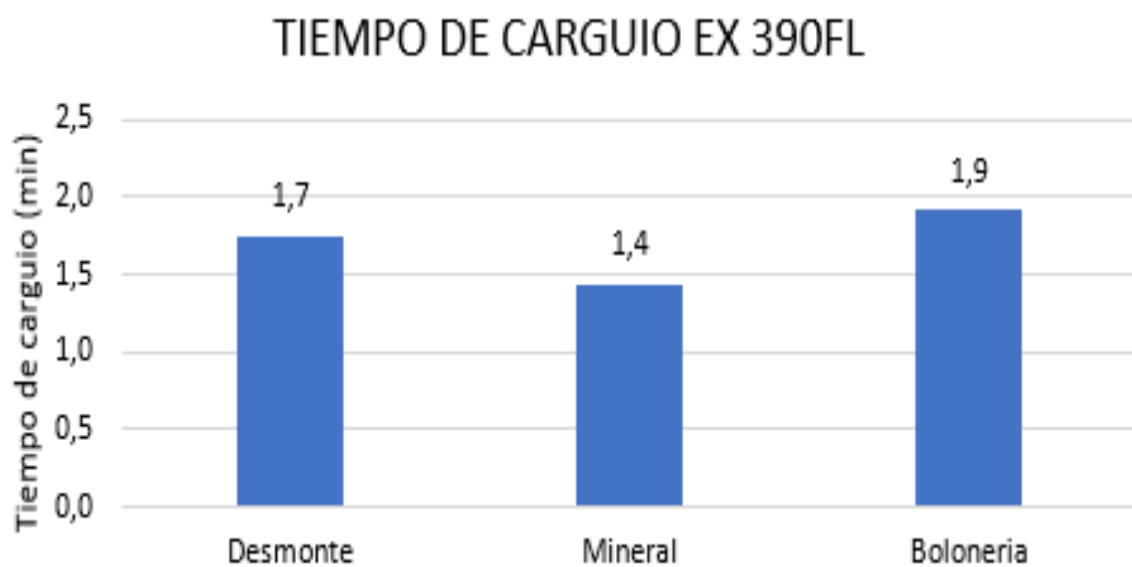


Ilustración 6: Tiempo de carguío promedio de excavadora 390FL

Fuente: Elaboración propia.

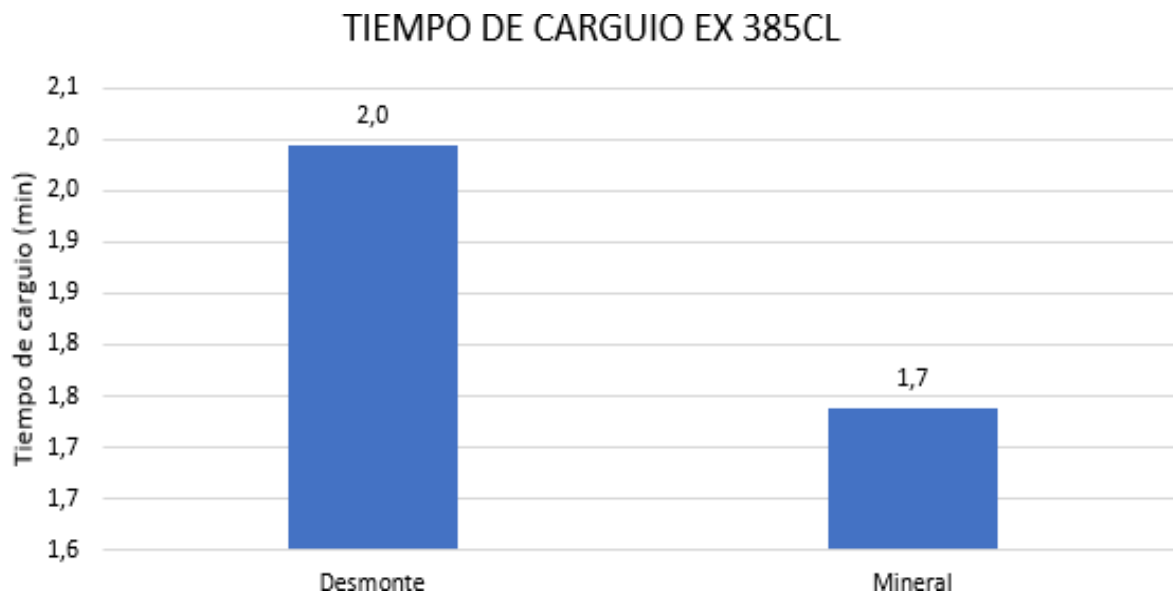


Ilustración 7: Tiempo de carguío promedio de excavadora 385CL

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Curvas de velocidad vs pendiente

Se determinó la curva de velocidad vs pendiente, para los volquetes cargados y vacíos.

El cual permitirá determinar el tiempo de transporte de ida y regreso de los volquetes considerando el dinamismo de la operación de minado.

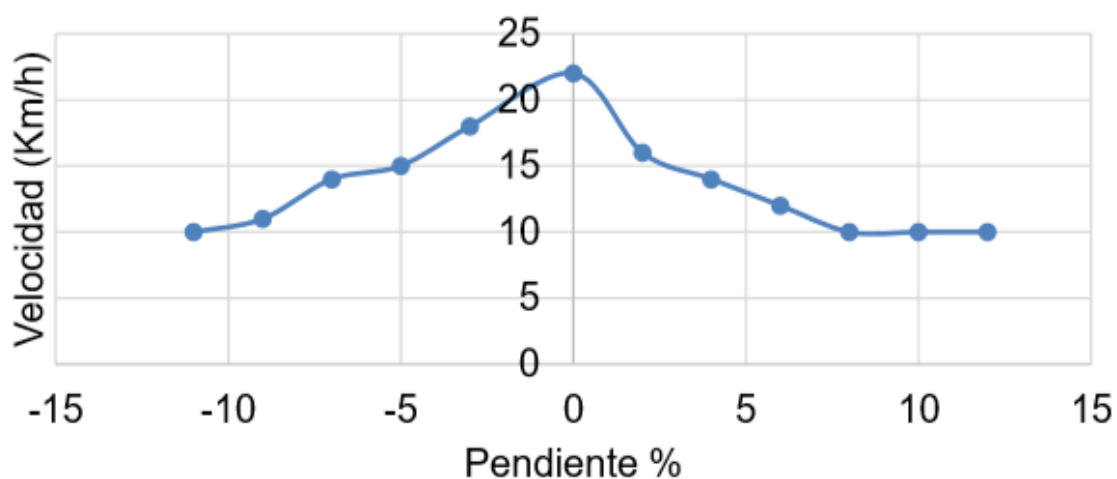


Ilustración 8: Curva de velocidad de acuerdo a pendiente para los volquetes cargado

Fuente: Elaboración propia.

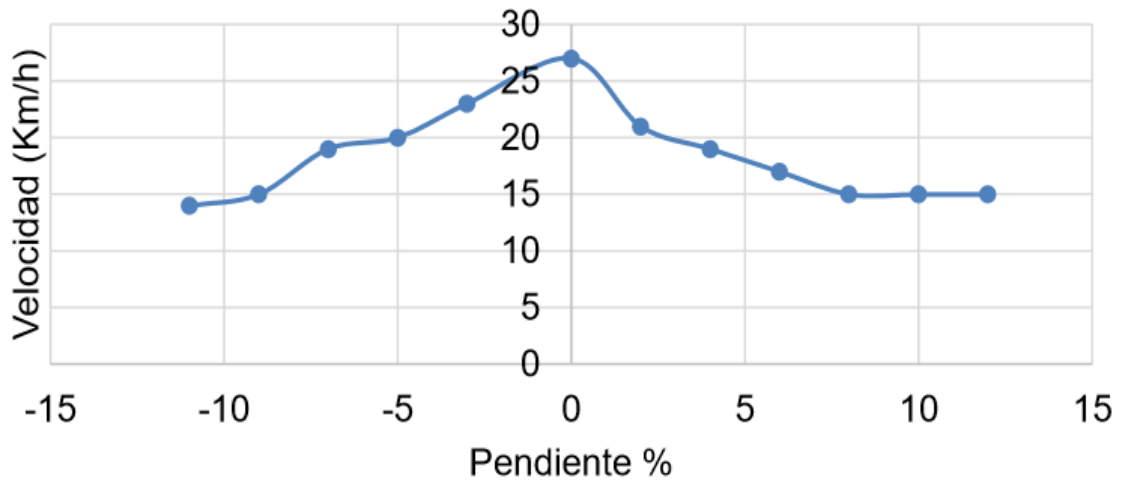


Ilustración 9: Curva de velocidad de acuerdo a pendiente para los volquetes vacíos
Fuente: Elaboración propia.

3.5.1. Tiempo de descarga y posicionamiento

Los tiempos que se obtuvieron de descarga y posicionamiento son los siguientes

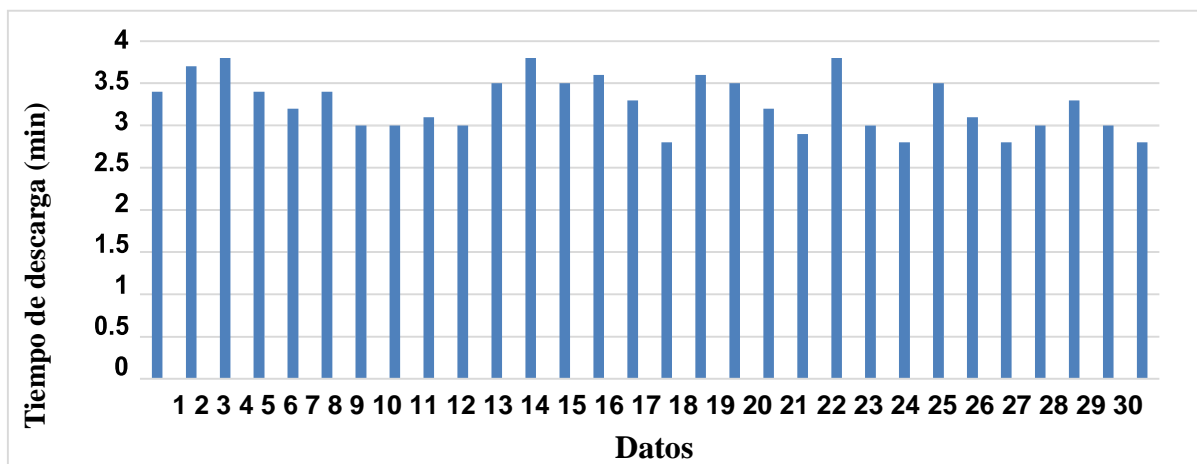


Ilustración 10: Tiempo de descarga

Fuente: Elaboración propia.

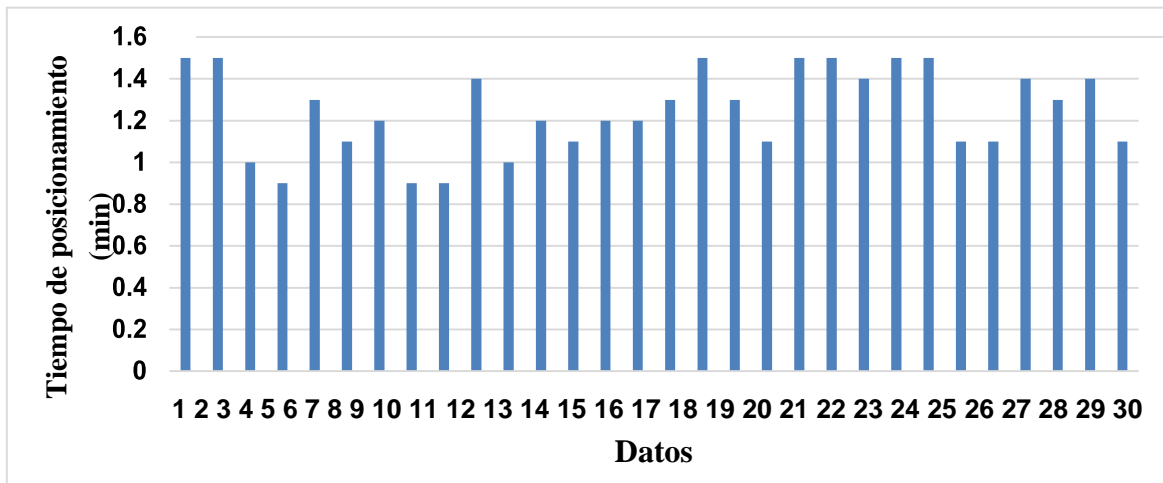


Ilustración 11: Tiempo de posicionamiento

Fuente: Elaboración propia.

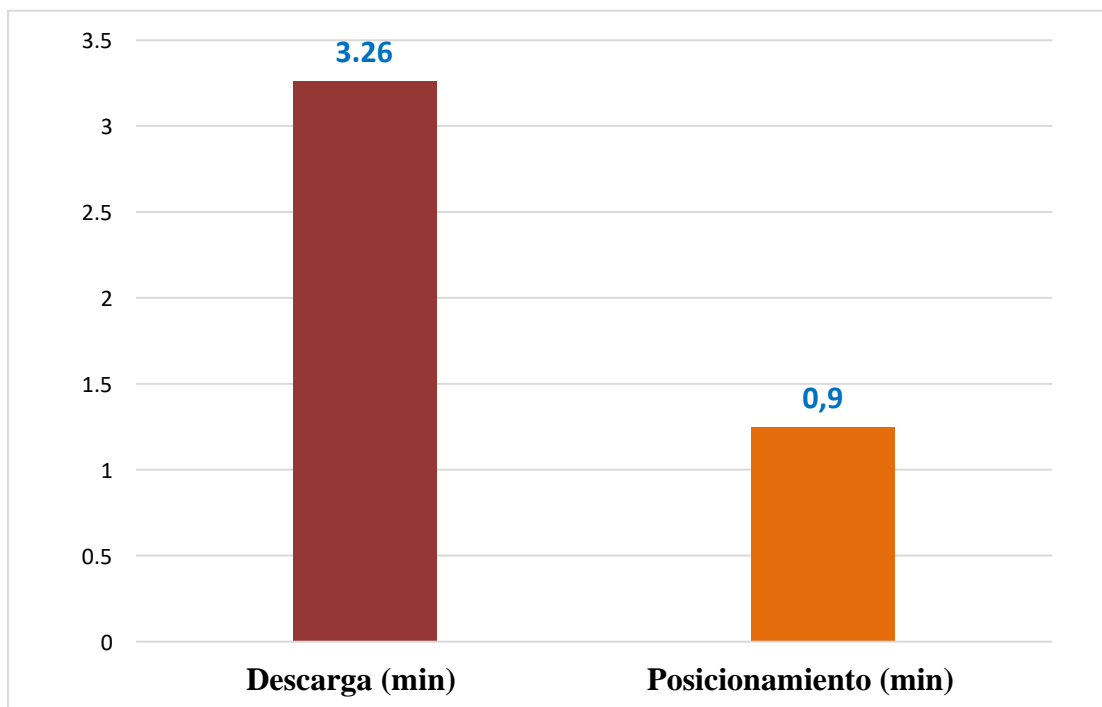


Ilustración 12: Tiempo promedio de descarga y posicionamiento de los volquetes

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Peso de volquete vacío y carga útil

La toma de datos de los pesos se obtuvo a partir de una base de datos registrada por dispatch. El cual se realiza el pesaje en balanza diariamente.

Tabla 5:

Peso de volquete vacío y carga útil de material

MATERIAL	PESO CARGADO (Tm)	PESO VACIO (Tm)	CARGA UTIL (Tm)	CARGA UTIL (BCM)
DESMONTE	50.28	19.32	30.97	12.19
MINERAL	54.97	19.28	35.69	13.95

Fuente: Elaboración Propia.

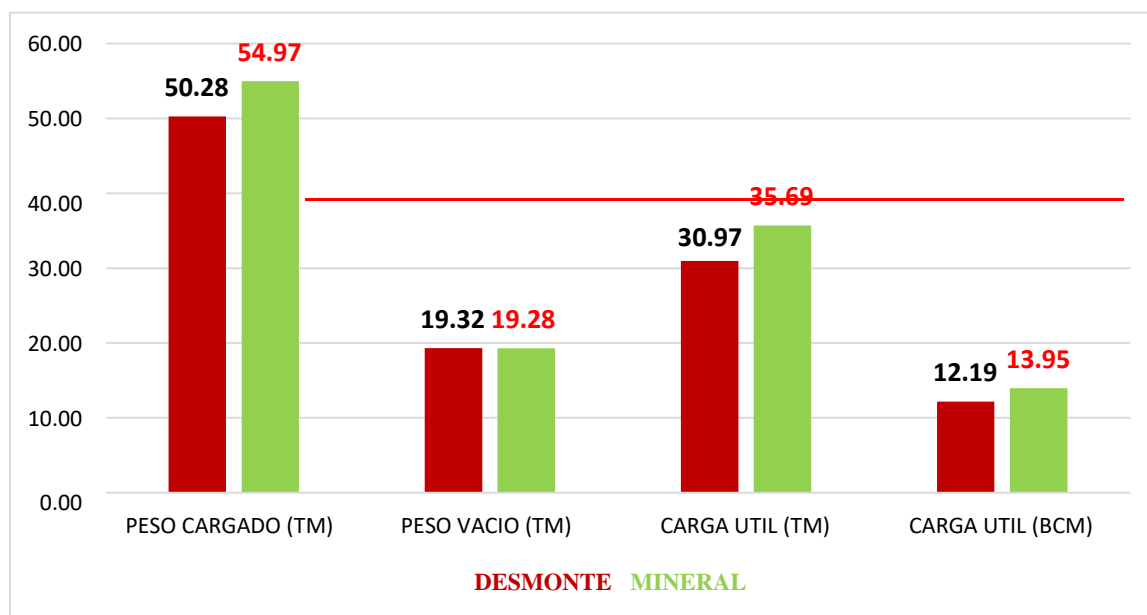


Ilustración 13: Peso de volquete vacío y carga útil

Fuente: Elaboración Propia.

3.7. Dimensionamiento de la flota de acarreo considerando variables operativas de minado.

Realizamos la simulación, del dimensionamiento de flota de acarreo y considerando los mismos parámetros de rendimientos y condiciones de los volquetes, para luego calcular la producción.

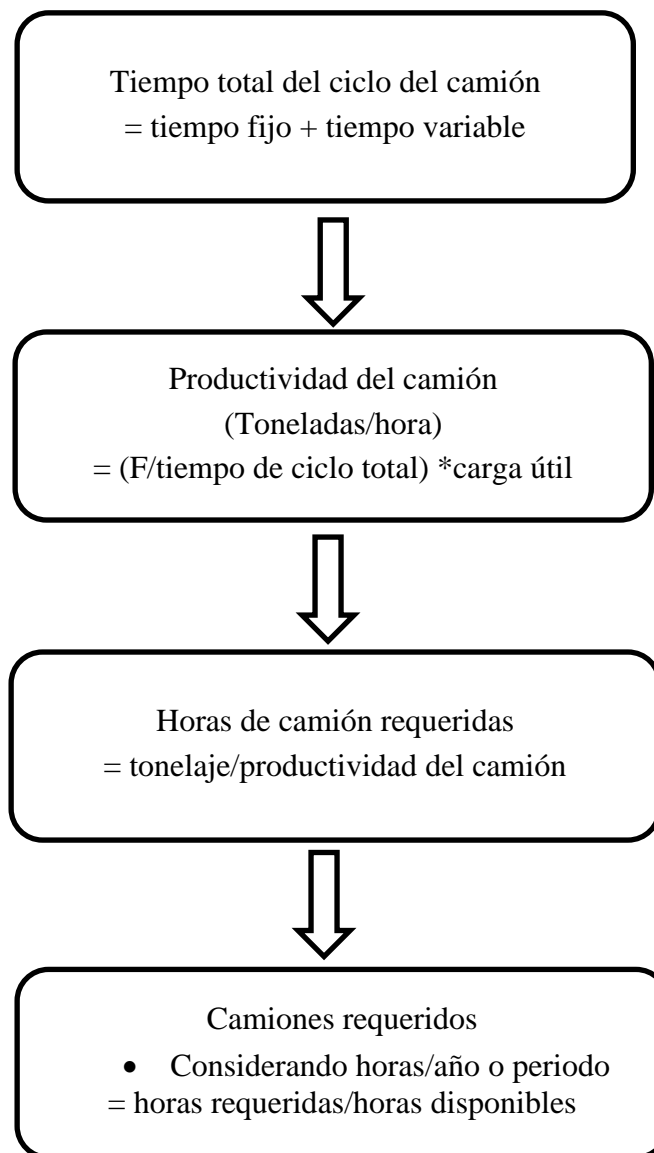


Ilustración 14: Cálculo de equipos de acarreo y producción y su secuencia

Fuente: Elaboración Propia.

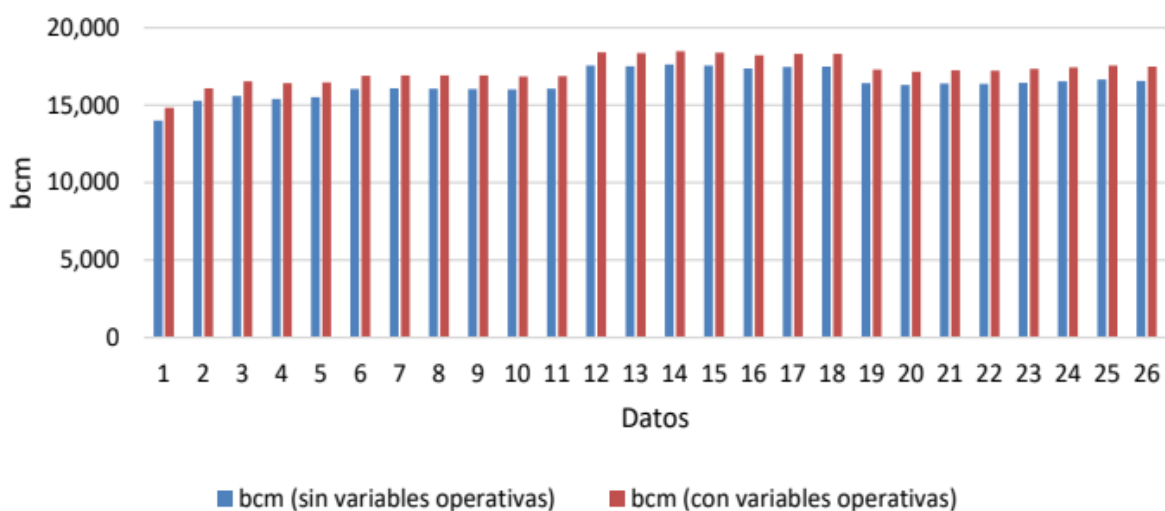


Ilustración 15: Producción diaria sin considerar variables operativas y considerando variables operativas de minado.

Fuente: Elaboración Propia.

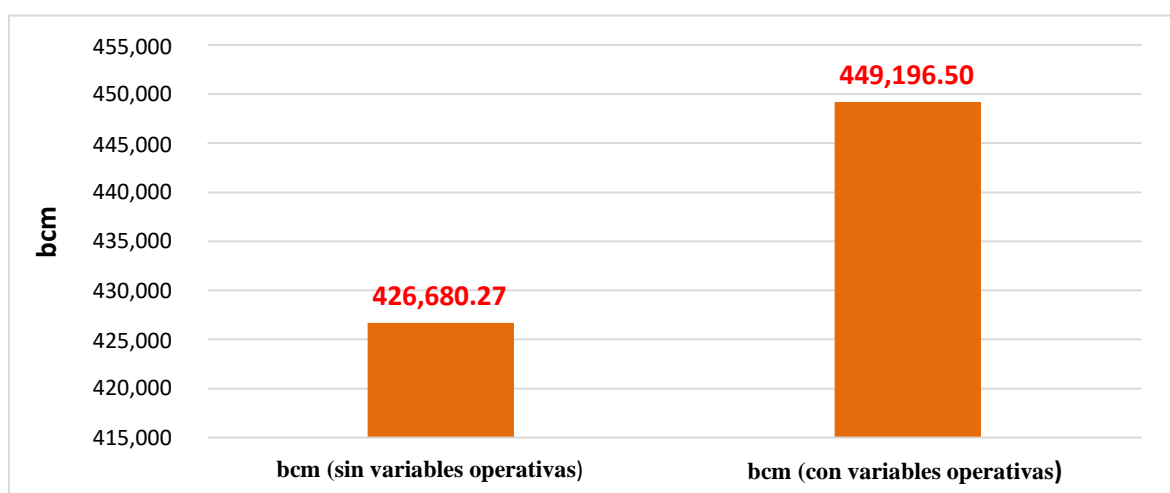


Ilustración 16: Producción obtenida sin considerar variables operativas y considerando variables operativas de minado.

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Christian, S. & Néstor, T. (2016). Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Acarreo en Minería Superficial”. Mencionan que simular los tiempos de acarreo teniendo una alta confiabilidad, facilita el dimensionamiento de los equipos de acarreo. Evitando perdidas en el proceso, aumentando la producción. Por lo que en la presente investigación se logró determinar los tiempos de descarga 3.26 min y tiempo de posicionamiento de 0.9 min para lo volquetes.

Raúl, E. (2016). Consideración de variables dinámicas operativas para el dimensionamiento de flota para mediana minería. Menciona que considerar variables dinámicas propias de la operación para el dimensionamiento de flota de acarreo, se tiene un cálculo de producción más cercana a lo planeado y reduce el margen de sobre y/o sub dimensionamiento de equipos de acarreo. En la presente tesis se obtuvo como resultados sin considerar las variables operativas de minado se tenía una producción de 426,680.27 bcm y considerando las variables operativas de minado se tiene un incremento de producción de 449, 196.50 bcm.

Bazán A. (2016). 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. En la presente investigación se determinó que dimensionamiento de equipos de acarreo considerando las variables operativas incrementara la productividad en un 5%.

4.2 Conclusiones

- ✓ En relación al incrementar la producción con el dimensionamiento de equipos de acarreo considerando variables operativas de minado se concluye que con el dimensionamiento se lograra incrementar la producción considerando las variables operativas de minado.
- ✓ En relación al análisis de las curvas de velocidad vs pendiente considerando las variables operativas, se concluye que existe una pendiente del 22% cuando el volquete está cargado y una pendiente de 27% cuando el volquete está vacío.
- ✓ Con respecto al peso del volquete vacío y carga útil se concluye que teniendo en cuenta los reportes de dispatch diarios que el peso del volquete cargado de mineral es de 54.97 Tm y su peso vacío es de 19.31 tm, y el peso de volquete cargado de desmonte es 50.28 tm y su peso vacío es de 19.32.
- ✓ Con el dimensionamiento para los equipos de acarreo se concluye que sin considerar las variables operativas de minado se tenía una producción de 426,680.27 bcm y considerando las variables operativas de minado se tiene un incremento de producción de 449, 196.50 bcm.
- ✓ En termininos económicos la productividad de incrementar en un nivel considerable del 5% con la aplicación de dimensionamiento de equipos de acarreo teniendo en cuanta las variables operativas de minado.

REFERENCIAS

- 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*. Universidad Continental. Huancayo – Perú.
- Feliciano, J. (2018). *Dimensionamiento de flota para el aumento de producción a 1090000 BCM en la mina Colquijirca-Tajo Norte para el año 2016*”. Tesis pregrado. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman. Tacna, Perú.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. 5ta Edición, McGraw-Hill / Interamericana Editores, Chile.
- Ortiz, S. (2007). *Simulación determinística y estocástica para dimensionar, y seleccionar equipo y elegir alternativas de minado en la explotación minera superficial*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Palella, S. & Martins, F. (2015). *Metodología de la investigación cuantitativa*, Florencia, Venezuela. Recuperado de: <https://www.doccity.com/es/disenio -tipo-nivel-y-modalidad-de-palella-y-martins/2733947/>.
- Quesada, C. (2015). *Identificación de factores operacionales y su influencia en la producción de una flota de volquetes volvo FMX 6x4 en la empresa NCA servicios de la minera Argentum*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro.
- Mauricio G. (2015). *Mejoramiento Continuo En La Gestión Del Ciclo De Acarreo De Camiones En Minería A Tajo Abierto En Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay Y Pucamarca*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú.

- Maxera C, (2005). *Aplicación de la simulación para la optimización del acarreo de mineral*
Tesis para obtener Título de Ingeniero de Minas. Pontificia
Universidad Católica del Perú Lima – Perú.
- Riveros, J. (2016). *Cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el*
transporte minero subterráneo en la unidad minera Arcata. (tesis
pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Reaños, D. (2013). *Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en*
minera a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según
rendimiento. Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile
- Rodríguez, D. (2013). *Dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto*
Análisis de prioridades de atención según rendimiento. Santiago de
Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Vargas, R. (2009). *La Investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con*
evidencia científica. Vol. (33), p.161
- Vidal, L. (2010). *Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a*
cielo abierto. (tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú.
Lima, Perú.
- Zoila, B. (2011). *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento*
de la productividad en CIA. MINERA CONDESTABLE S.A. (Tesis
pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú.

ANEXOS

ANEXO N° 01: Formato producción real mina

PRODUCCIÓN REAL MINA					
FECHA	MINERAL	DESMONTE	BCM PROGRMADAS	BCM EJECUTADAS	TN SECAS

TOTAL

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 02: Formato de material removido

ATERIAL	TONELAJE		TOTAL
	TM	M3	
MINERAL			
DESMONTE			
BALONERIA			
TOTAL			

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 03: Tiempos de carguío y descarga y posicionamiento

N°	CODIGO VOLQUETE	CONDICIÓN	MATERIAL	TIEMPO MANIOMBRA		CICLO PROMEDIO
				CARGUIO (min)	DESCARGA (min)	
1	VOL- 201	CARGADO	ESTERIL	2,9	2,7	17,70
		VACIO				8,63
2	VOL- 202	CARGADO	ESTERIL	3,6	2,7	17,62
		VACIO				8,15
3	VOL- 203	CARGADO	ESTERIL	2,9	1,9	18,07
		CARGADO				9,47
4	VOL- 204	VACIO	ESTERIL	2,8	2,5	18,88
		CARGADO				9,63
5	VOL- 205	VACIO	ESTERIL	3,6	2,4	19,83
		CARGADO				10,15

VOLQUTE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO	
				CICLO (min)	EFFECTIVO (min)
VOL- 01	TRAMO 1	3 : 45: 52 p. m.	3:48:03 p. m.	00:02:11	2,18
		4:08:09 p. m.	4:09:10 p. m.	00:01:01	1,02
VOL- 201	TRAMO 1	4:21:00 p. m.	4:23:03 p. m.	00:02:03	2,05
		4:42:09 p. m.	4:43:09 p. m.	00:01:00	1,00
VOL- 201	TRAMO 1	5:40:00 p. m.	5:42:10 p. m.	00:02:10	2,17
		6:03:35 p. m.	6:04:39 p. m.	00:01:04	1,07
VOL- 201	TRAMO 1	9:10:00 a. m.	9:12:14 a. m.	00:02:14	2,23
		9:34:36 a. m.	9:35:43 a. m.	00:01:07	1,12
VOL- 201	TRAMO 1	10:30:30 a. m.	10:32:40 a. m.	00:02:10	2,17
		10:55:57 a. m.	10:57:04 a. m.	00:01:07	1,12

VOLQUTE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO (min)	CICLO EFECTIVO (min)
		3:48:03 p. m.	3:50:41 p. m.	00:02:38	2,63
VOL- 202	TRAMO 2	4:06:50 p. m.	4:08:09 p. m.	00:01:19	1,32
		4:23:03 p. m.	4:25:18 p. m.	00:02:15	2,25
VOL- 202	TRAMO 2	4:40:44 p. m.	4:42:09 p. m.	00:01:25	1,42
		5:42:10 p. m.	5:45:44 p. m.	00:03:34	3,57
VOL- 202	TRAMO 2	6:02:06 p. m.	6:03:35 p. m.	00:01:29	1,48
		9:12:14 a. m.	9:15:11 a. m.	00:02:57	2,95
VOL- 202	TRAMO 2	9:33:02 a. m.	9:34:36 a. m.	00:01:34	1,57
		10:32:40 a. m.	10:35:50 a. m.	00:03:10	3,17
VOL- 202	TRAMO 2	10:54:33 a. m.	10:55:57 a. m.	00:01:24	1,40

VOLQUTE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO (min)	CICLO EFECTIVO (min)
		3:50:41 p. m.	3:52:55 p. m.	00:02:14	2,23
VOL- 203	TRAMO 3	4:05:41 p. m.	4:06:50 p. m.	00:01:09	1,15
		4:25:18 p. m.	4:27:12 p. m.	00:01:54	1,90
VOL- 203	TRAMO 3	4:39:40 p. m.	4:40:44 p. m.	00:01:04	1,07
		5:45:44 p. m.	5:47:21 p. m.	00:01:37	1,62
VOL- 203	TRAMO 3	6:00:42 p. m.	6:02:06 p. m.	00:01:24	1,40
		9:15:11 a. m.	9:17:41 a. m.	00:02:30	2,50
VOL- 203	TRAMO 3	9:31:49 a. m.	9:33:02 a. m.	00:01:13	1,22
		10:35:50 a. m.	10:38:22 a. m.	00:02:32	2,53
VOL- 203	TRAMO 3	10:53:12 a. m.	10:54:33 a. m.	00:01:21	1,35

VOLQUTE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO (min)	CICLO
					EFFECTIVO (min)
		3:52:55 p. m.	3:53:46 p. m.	00:00:51	0,85
VOL- 204	TRAMO 4	4:04:26 p. m.	4:05:41 p. m.	00:01:15	1,25
		4:27:12 p. m.	4:28:26 p. m.	00:01:14	1,23
VOL- 204	TRAMO 4	4:38:18 p. m.	4:39:40 p. m.	00:01:22	1,37
		5:47:21 p. m.	5:49:05 p. m.	00:01:44	1,73
VOL- 204	TRAMO 4	5:59:35 p. m.	6:00:42 p. m.	00:01:07	1,12
		9:17:41 a. m.	9:18:37 a. m.	00:00:56	0,93
VOL- 204	TRAMO 4	9:30:32 a. m.	9:31:49 a. m.	00:01:17	1,28
		10:38:22 a. m.	10:39:25 a. m.	00:01:03	1,05
VOL- 204	TRAMO 4	10:51:35 a. m.	10:53:12 a. m.	00:01:37	1,62

VOLQUTE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO(min)	CICLO
					EFFECTIVO (min)
		3:53:46 p. m.	3:57:58 p. m.	00:04:12	4,20
VOL- 205	TRAMO 5	4:00:32 p. m.	4:04:26 p. m.	00:03:54	3,90
		4:28:26 p. m.	4:32:19 p. m.	00:03:53	3,88
VOL- 205	TRAMO 5	4:35:00 p. m.	4:38:18 p. m.	00:03:18	3,30
		5:49:05 p. m.	5:53:16 p. m.	00:04:11	4,18
VOL- 205	TRAMO 5	5:55:11 p. m.	5:59:35 p. m.	00:04:24	4,40
		9:18:37 a. m.	9:23:35 a. m.	00:04:58	4,97
VOL- 205	TRAMO 5	9:26:05 a. m.	9:30:32 a. m.	00:04:27	4,45
		10:39:25 a. m.	10:44:20 a. m.	00:04:55	4,92
VOL- 205	TRAMO 5	10:46:55 a. m.	10:51:35 a. m.	00:04:40	4,67

N°	CODIGO VOLQUETE	CONDICIÓN	MATERIAL	TIEMPO MANIOMBRA		CICLO PROMEDIO
				CARGUIO (min)	DESCARGA (min)	
1	VOL- 206	CARGADO	ESTERIL	4,53	2,73	20,41
		VACIO				6,87
2	VOL- 207	CARGADO	ESTERIL	3,9	2,62	19,15
		VACIO				6,85

VOLQUETE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO (min)	CICLO EFECTIVO (min)
		10:30:00 a. m.	10:37:40 a. m.	00:07:40	7,67
VOL- 206	TRAMO 1	10:49:38 a. m.	10:52:45 a. m.	00:03:07	3,12
		11:12:00 a. m.	11:18:18 a. m.	00:06:18	6,30
VOL- 206	TRAMO 1	11:30:48 a. m.	11:34:06 a. m.	00:03:18	3,30

VOLQUETE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO (min)	CICLO EFECTIVO (min)
		10:37:40 a. m.	10:38:35 a. m.	00:00:55	0,92
VOL- 207	TRAMO 2	10:48:33 a. m.	10:49:38 a. m.	00:01:05	1,08
		11:18:18 a. m.	11:19:26 a. m.	00:01:08	1,13
VOL- 207	TRAMO 2	11:29:44 a. m.	11:30:48 a. m.	00:01:04	1,07

VOLQUETE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO (min)	CICLO EFECTIVO (min)
		10:38:35 a. m.	10:43:09 a. m.	00:04:34	4,57
VOL- 207	TRAMO 3	10:45:53 a. m.	10:48:33 a. m.	00:02:40	2,67
		11:19:26 a. m.	11:24:38 a. m.	00:05:12	5,20
VOL- 207	TRAMO 3	11:27:15 a. m.	11:29:44 a. m.	00:02:29	2,48

N°	CODIGO VOLQUETE	CONDICIÓN	MATERIAL	TIEMPO MANIOMBRA		CICLO PROMEDIO
				CARGUIO (min)	DESCARGA(min)	
1	VOL- 208	CARGADO	MINERAL	3,9		24,67
		VACIO			2,2,	10,82
2	VOL- 209	CARGADO	MINERAL	3,5		24,43
		VACIO			2	10,72

VOLQUETE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO (min)	CICLO EFECTIVO (min)
		2:05:00 p. m.	2:07:20 p. m.	00:02:20	2,33
VOL- 208	TRAMO 1	2:35:25 p. m.	2:36:35 p. m.	00:01:10	1,17
		2:55:00 p. m.	2:57:22 p. m.	00:02:22	2,37
VOL- 208	TRAMO 1	3:25:15 p. m.	3:26:39 p. m.	00:01:24	1,40

VOLQUETE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO (min)	CICLO EFECTIVO (min)
		2:07:20 p. m.	2:10:06 p. m.	00:02:46	2,77
VOL- 208	TRAMO 2	2:33:58 p. m.	2:35:25 p. m.	00:01:27	1,45
		2:57:22 p. m.	3:00:17 p. m.	00:02:55	2,92
VOL- 208	TRAMO 2	3:23:40 p. m.	3:25:15 p. m.	00:01:35	1,58

VOLQUETE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO (min)	CICLO EFECTIVO (min)
		2:10:06 p. m.	2:12:28 p. m.	00:02:22	2,37
VOL- 209	TRAMO 3	2:32:40 p. m.	2:33:58 p. m.	00:01:18	1,30
		3:00:17 p. m.	3:02:50 p. m.	00:02:33	2,55
VOL- 209	TRAMO 3	3:22:25 p. m.	3:23:40 p. m.	00:01:15	1,25

VOLQUETE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO (min)	CICLO EFECTIVO (min)
		2:12:28 p. m.	2:17:04 p. m.	00:04:36	4,60
VOL- 209	TRAMO 4	2:29:57 p. m.	2:32:40 p. m.	00:02:43	2,72
		3:02:50 p. m.	3:07:36 p. m.	00:04:46	4,77
VOL- 209	TRAMO 4	3:19:48 p. m.	3:22:25 p. m.	00:02:37	2,62

VOLQUETE	TRAMO	H. Inicio	H. fin	CICLO (min)	CICLO EFECTIVO (min)
		2:17:04 p. m.	2:23:34 p. m.	00:06:30	6,50
VOL- 209	TRAMO 5	2:25:46 p. m.	2:29:57 p. m.	00:04:11	4,18
		3:07:36 p. m.	3:13:56 p. m.	00:06:20	6,33
VOL- 209	TRAMO 5	3:15:56 p. m.	3:19:48 p. m.	00:03:52	3,87

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 04: Tiempos de carguío

N° DATO	EXCAVADORA MODELO	MATERIAL	TIEMPO PRIMER PASE (seg)	TIEMPO PASE RESTANTES (seg)	TIEMPO DE INTERCAMBIO (seg)	TIEMPO DE CARGUIO (min)
1	EXCV - 385C	Mineral	3	72	30	1,8
2	EXCV - 385C	Mineral	4	70	24	1,6
3	EXCV - 385C	Mineral	4	74	24	1,7
4	EXCV - 385C	Mineral	3	66	21	1,5
5	EXCV - 385C	Mineral	3	73	24	1,7
6	EXCV - 385C	Mineral	4	74	31	1,8
7	EXCV - 385C	Mineral	4	75	27	1,8
8	EXCV - 385C	Mineral	5	69	27	1,7
9	EXCV - 385C	Mineral	4	72	34	1,8
10	EXCV - 385C	Mineral	4	68	32	1,7
11	EXCV - 385C	Mineral	5	67	40	1,9
12	EXCV - 385C	Mineral	4	68	32	1,7
13	EXCV - 385C	Mineral	5	70	40	1,9
14	EXCV - 385C	Mineral	5	73	40	2,0
15	EXCV - 385C	Mineral	4	69	33	1,8
16	EXCV - 385C	Mineral	5	66	34	1,8
17	EXCV - 385C	Mineral	7	66	30	1,7
18	EXCV - 385C	Mineral	6	74	35	1,9
19	EXCV - 385C	Mineral	6	74	38	2,0
20	EXCV - 385C	Mineral	5	71	31	1,8
21	EXCV - 385C	Desmonte	4	88	43	2,3
22	EXCV - 385C	Desmonte	3	76	46	2,1
23	EXCV - 385C	Desmonte	4	68	37	1,8
24	EXCV - 385C	Desmonte	4	82	36	2,0
25	EXCV - 385C	Desmonte	6	88	39	2,2
26	EXCV - 385C	Desmonte	4	80	42	2,1
27	EXCV - 385C	Desmonte	4	83	36	2,1
28	EXCV - 385C	Desmonte	5	80	42	2,1
29	EXCV - 385C	Desmonte	4	73	42	2,0
30	EXCV - 385C	Desmonte	5	62	46	1,9

N° DATO	EXCAVADORA MODELO	MATERIAL	TIEMPO PRIMER PASE (seg)	TIEMPO PASE RESTANTES (seg)	TIEMPO DE INTERCAMBIO (seg)	TIEMPO DE CARGUIO (min)
1	EXCV - 336 DL	Mineral	3	182	20	3,4
2	EXCV - 336 DL	Mineral	4	189	33	3,8
3	EXCV - 336 DL	Mineral	4	187	22	3,6
4	EXCV - 336 DL	Mineral	3	172	29	3,4
5	EXCV - 336 DL	Mineral	3	187	27	3,6
6	EXCV - 336 DL	Mineral	4	189	23	3,6
7	EXCV - 336 DL	Mineral	4	170	27	3,4
8	EXCV - 336 DL	Mineral	5	190	20	3,6
9	EXCV - 336 DL	Mineral	3	185	23	3,5
10	EXCV - 336 DL	Mineral	3	198	27	3,8
11	EXCV - 336 DL	Boconería	5	221	41	4,5
12	EXCV - 336 DL	Boconería	4	221	50	4,6
13	EXCV - 336 DL	Boconería	5	226	41	4,5
14	EXCV - 336 DL	Boconería	5	222	45	4,5
15	EXCV - 336 DL	Boconería	4	214	34	4,2
16	EXCV - 336 DL	Boconería	5	214	38	4,3
17	EXCV - 336 DL	Boconería	5	231	33	4,5
18	EXCV - 336 DL	Boconería	5	236	43	4,7
19	EXCV - 336 DL	Boconería	4	202	34	4,0
20	EXCV - 336 DL	Boconería	4	224	44	4,5
21	EXCV - 336 DL	Desmante	4	188	45	4,0
22	EXCV - 336 DL	Desmante	3	184	42	3,8
23	EXCV - 336 DL	Desmante	3	196	37	3,9
24	EXCV - 336 DL	Desmante	3	183	44	3,8
25	EXCV - 336 DL	Desmante	3	197	43	4,1
26	EXCV - 336 DL	Desmante	4	200	40	4,1
27	EXCV - 336 DL	Desmante	3	196	39	4,0
28	EXCV - 336 DL	Desmante	3	192	47	4,0
29	EXCV - 336 DL	Desmante	4	192	35	3,9
30	EXCV - 336 DL	Desmante	3	184	41	3,8

Fuente: Elaboración propia

N° DATO	EXCAVADORA MODELO	MATERIAL	TIEMPO PRIMER PASE (seg)	TIEMPO PASE RESTANTES (seg)	TIEMPO DE INTERCAMBIO (seg)	TIEMPO DE CARGUIO (min)
1	EXCV - 390FL	Mineral	3	61	24	1,5
2	EXCV - 390FL	Mineral	4	52	22	1,3
3	EXCV - 390FL	Mineral	4	65	18	1,5
4	EXCV - 390FL	Mineral	3	62	30	1,6
5	EXCV - 390FL	Mineral	3	51	20	1,2
6	EXCV - 390FL	Mineral	4	54	30	1,5
7	EXCV - 390FL	Mineral	4	63	23	1,5
8	EXCV - 390FL	Mineral	5	54	20	1,3
9	EXCV - 390FL	Mineral	4	52	26	1,4
10	EXCV - 390FL	Mineral	4	62	20	1,4
11	EXCV - 390FL	Boconería	5	68	29	1,7
12	EXCV - 390FL	Boconería	4	68	31	1,7
13	EXCV - 390FL	Boconería	5	77	32	1,9
14	EXCV - 390FL	Boconería	5	78	36	2,0
15	EXCV - 390FL	Boconería	4	77	34	1,9
16	EXCV - 390FL	Boconería	6	72	38	1,9
17	EXCV - 390FL	Boconería	7	72	29	1,8
18	EXCV - 390FL	Boconería	6	77	30	1,9
19	EXCV - 390FL	Boconería	6	78	35	2,0
20	EXCV - 390FL	Boconería	5	72	31	1,8
21	EXCV - 390FL	Desmante	4	53	30	1,5
22	EXCV - 390FL	Desmante	3	53	42	1,6
23	EXCV - 390FL	Desmante	4	55	37	1,6
24	EXCV - 390FL	Desmante	4	64	31	1,7
25	EXCV - 390FL	Desmante	6	60	37	1,7
26	EXCV - 390FL	Desmante	4	62	35	1,7
27	EXCV - 390FL	Desmante	4	61	44	1,8
28	EXCV - 390FL	Desmante	5	55	40	1,7
29	EXCV - 390FL	Desmante	4	63	31	1,6
30	EXCV - 390FL	Desmante	5	62	39	1,8

Anexo 05: Galería Fotográfica



