



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“EVALUACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA FLOTA DE CARGUÍO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DIARIA A 3500 m<sup>3</sup> EN UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Bach. Walter Omar Gaona Cabrera

Bach. Lorena Lilibeth Díaz Díaz

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León

Cajamarca - Perú

2020

## **DEDICATORIA**

Con Todo Cariño y Respeto a mi mamá Lorenza y a mi papá Horacio, por el apoyo incondicional y la confianza brindada, por ser la fuente de motivación para superarme cada día más.

A mis hermanos Ronald y José quienes me alentaron en cada etapa de mi vida estudiantil por estar siempre en las buenas y en las malas.

Lorena Díaz

Dedico este trabajo de manera muy especial a mis padres, Walter y Ana, por su apoyo incondicional en mi crecimiento profesional, por apoyarme cuando todo parecía perdido y salir adelante; a mi pequeña hermana, Steffany, que es una fuente de inspiración, motivación y fuerza para seguir adelante, demás familiares que me han apoyado de alguna manera para realizar esta tesis.

Omar Gaona

## AGRADECIMIENTO

A Dios que me ha dado la vida y Fortaleza para concluir mis metas.

A los ingenieros de la Facultad de Ingeniería de Minas de la UPN por los conocimientos brindados en las aulas, ya que son parte esencial de este logro.

A mi asesor de tesis, Ing. Víctor Eduardo Álvarez León por su apoyo incondicional y sugerencias en la elaboración de este trabajo de investigación.

Lorena Díaz

Primeramente, agradezco a Dios por guiar mis pasos cada día, por fortalecer mis sueños en ser un gran profesional, a mi asesor Ingeniero Víctor E. Álvarez León, por guiarme en el desarrollo de la tesis. A los docentes que me ayudaron en mi formación académica en mi vida universitaria, cuyos conocimientos impartidos forman parte esencial para realizar esta tesis.

Omar Gaona

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1. Realidad problemática .....	10
1.2. Formulación del problema.....	15
1.3. Objetivos .....	15
1.3.1. Objetivo general.....	15
1.3.2. Objetivos específicos .....	15
1.4. Hipótesis .....	16
1.4.1. Hipótesis general .....	16
1.4.2. Hipótesis específicas.....	16
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
2.1. Tipo de investigación .....	17
2.2. Población y muestra .....	18
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	18
2.4. Procedimiento.....	22
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
3.1. Características principales del material de carguío y las especificaciones técnicas de los equipos.....	25
3.2. Resultados del análisis comparativo entre el dimensionamiento de los equipos actual y el programado para aumentar la producción diaria .....	26
3.2.1. Dimensionamiento de las Excavadoras .....	26

3.2.2. Dimensionamiento de los volquetes .....	28
3.3. Resultados del análisis comparativo entre el costo por alquiler de equipos-combustible actual y programado .....	30
3.3.1. Resultados del costo por alquiler de equipos.....	30
3.3.2. Resultados del costo por combustible de los equipos.....	33
3.4. Resultados del cálculo de la producción y precio del Oro .....	34
3.4.1. Resultados de la producción actual y programada de gramos de Oro.....	35
3.4.2. Resultados del precio de venta anual del Oro en gramos y onzas .....	35
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de los equipos de carguío y acarreo .....	25
Tabla 2: Características del material y datos de campo.....	26
Tabla 3: Especificaciones de la excavadora .....	27
Tabla 4: Resultados del Cálculo de N° Excavadoras Actual y programado .....	27
Tabla 5: Especificaciones de los volquetes .....	29
Tabla 6: Resultados del Cálculo de N° Volquetes Actual y programado.....	29
Tabla 7: Resultados del costo por alquiler de equipos actual.....	30
Tabla 8: Resultados del costo por alquiler de equipos programado .....	31
Tabla 9: Costo por combustible actual .....	33
Tabla 10: Costo por combustible programado .....	34
Tabla 11: Plan de producción Actual y Programado.....	35
Tabla 12: Resultados del precio de venta del oro y producción anual .....	36
Tabla 13: Precio del oro en el año 2019 .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Carguío de mineral en el Tajo. ....	19
Ilustración 2: Diagrama de flujo de las operaciones en mina. ....	23
Ilustración 3: Ciclo de minado. ....	24
Ilustración 4: Costo por alquiler de excavadoras Actual Vs Programado. ....	31
Ilustración 5: Costo por alquiler de volquetes Actual Vs Programado. ....	32

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Producción de la excavadora.....	20
Ecuación 2: Número de excavadoras.....	21
Ecuación 3: Producción diaria programada.....	21
Ecuación 4: Material In situ transportado.....	21
Ecuación 5: Material esponjado transportado.....	21
Ecuación 6: Rendimiento del volquete.....	21
Ecuación 7: Total de material por Turno.....	21
Ecuación 8: Número de volquetes.....	21

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado con la finalidad de incrementar la producción diaria de 2500 m<sup>3</sup> a 3500 m<sup>3</sup> aproximadamente, en una mina a tajo abierto, debido a que se tiene las reservas suficientes para cumplir con lo establecido en el Decreto legislativo N° 1040 que modificó la Ley N° 27651 (Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal) y la Ley General de minería, que señala una producción máxima de hasta 5000 TM/día para la mediana minería con ello mejorar las utilidades de la empresa; por lo cual se evaluó el dimensionamiento de la flota tomando en cuenta los equipos disponibles actualmente en mina. Se identificaron las características principales de los equipos involucrados en el proceso de carguío y acarreo que constan de 9 volquetes de 15 m<sup>3</sup> y 2 excavadoras de 2.3 m<sup>3</sup>; así como del material extraído con una densidad de 2.23 t/m<sup>3</sup>. Del mismo modo se realizaron los análisis comparativos del dimensionamiento de los equipos actual y programado se logró identificar un aumento total de 1 excavadora y 4 volquetes más incluidos en el dimensionamiento programado para aumentar la producción diaria de 2500 m<sup>3</sup> a 3500 m<sup>3</sup>. Finalmente se evaluó el precio de venta actual del oro anualmente es de \$2,609,542.65, aplicando el dimensionamiento se calculó un precio de venta programado que asciende a un total de \$4,083,047.48, lo cual permite aumentar las ganancias en \$1,473,504.82.

**Palabras clave:** Dimensionamiento de flota, producción, carguío y acarreo, precio del oro.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El trabajo de investigación que se presenta a continuación se realizó con la finalidad de incrementar la producción en mina, ya que se tiene las reservas suficientes para cumplir con lo establecido en el Decreto legislativo N° 1040 que modificó la Ley N° 27651 (Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal) y la Ley General de minería que señala una producción máxima de hasta 5000 TM/día para la mediana minería y con ello mejorar las utilidades de la empresa, por lo cual evaluó el dimensionamiento de los equipos de carguío que permitan incrementar la producción diaria de 2500 m<sup>3</sup> a 3500 m<sup>3</sup> aproximadamente, tomando en cuenta los volquetes y excavadoras utilizados actualmente.

El ciclo de minado inicia con el trabajo de las excavadoras que tiene la función de arrancar el mineral aurífero de acuerdo al plan de minado, teniendo en cuenta las condiciones geométricas. La excavadora una vez realizado el arranque del material aurífero (preparación de material), debe realizar un adecuado carguío en el menor tiempo posible y ser acarreado del tajo al Pad de lixiviación con volquetes, de capacidad de carga 15 m<sup>3</sup>.

El cálculo de flota de acarreo en la minería a cielo abierto es un proceso de planificación recurrente, las expansiones y variabilidad de las producciones se verán reflejados en los planes mineros, y por consecuencia tendremos modificaciones en la planificación del proceso de carguío y transporte, y este tendrá un impacto directo en el tamaño de la flota de camiones y volquetes requerida para el transporte de material. Entonces es de vital importancia enfocarse en el transporte en mina, y gracias al

planeamiento de minado podemos hacer cálculos y tener estimaciones como la cantidad de material que se requiere mover cada mes; y, por lo tanto, también saber el número de equipos que se requiere para mover dicha cantidad de material teniendo en cuenta las distancias, pendientes, condiciones de los accesos y tiempo de ciclo. (Feliciano, 2018)

Según Araujo (2018), en su tesis denominada “Optimización de la flota de volquetes en el acarreo, para incrementar la producción en la mina Los Andes Perú Gold – Huamachuco”, buscó una simulación previa para poder contrastar con la realidad de la operación a fin de evaluar la alternativa viable, logrando optimizar el proceso y por ende reducir los costos. Para los cuales tomaron datos de campo como el estudio de tiempos y demoras operativas en el proceso de transporte y acarreo de mineral y desmonte. La información obtenida en campo fue usada para determinar el tiempo total del transporte y carguío de mineral y desmonte la cual mediante análisis y ajustes se logró determinar diversos modelos y cálculos para el dimensionamiento de la flota de camiones. De los resultados obtenidos se logró determinar un modelo el cual se aplicó a la realidad de la mina logrando una reducción significativa de los costos a 0.57 \$/TM.

Vidal (2012), en su tesis “Estudio de cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto”, la cual es un estudio de tipo experimental, el número de camiones óptimo para el transporte de mineral y desmonte en una operación minera a tajo abierto de cobre. Para este efecto, se creó y se describió una operación minera en el sur del país, a la cual, se hace el planeamiento de minado y explotación a lo largo de los 17 años que dura el proyecto. Con esta información se hace un estudio

económico de la mina para corroborar que es económicamente viable y que está dentro de los parámetros de una mina en ejecución, donde se concluye 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. La investigación es importante para poder tener referencia de los costos unitarios.

Para realizar un cálculo de flota óptimo, es de suma importancia conocer las características técnicas de cada equipo ya que es el punto de partida para seleccionar la excavadora que mejor se adecúe a las condiciones de trabajo establecidas. A continuación, se ve una serie de especificaciones técnicas o datos nominales que proporciona el fabricante, que es primordial conocerla. Dentro de los factores de especificaciones técnicas tenemos los siguientes: motor (modelo – serie), potencia neta (kW), capacidad del tanque de combustible (L), peso en orden de trabajo. (Kg), velocidad máxima de desplazamiento (km/h), mecanismo de rotación – velocidad de giro (rpm), medidas generales – longitud, ancho, altura (m.), etc. Como factores de especificaciones de operaciones tenemos: profundidad máxima de excavación (m), alcance máximo al nivel del suelo (m), altura máxima de carga (m), altura mínima de carga (m), profundidad máxima para obtener superficie horizontal (m), profundidad máxima con frente vertical (m), altura máxima de corte (m), capacidad máxima del cucharón (m<sup>3</sup>), fuerza de excavación del cucharón (KN). Las especificaciones técnicas de los equipos son de acuerdo a la marca de cada uno y contiene datos importantes que en este caso nos ayudan en el dimensionamiento de flota. (Caterpillar, 2015)

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. 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.

Según Luque (2016) En Su Tesis “Modelo De Estimación Y Comparación De Velocidades Reales Vs Simuladas De Los Camiones Komatsu 930E En Minera Los Pelambres – Antofagasta Minerals Chile” .Sostiene que si se desarrolla un modelo que nos permita obtener datos e información transparente y fiable; nos facilitara lograr mejoras en el proceso de planificación de mediano y largo plazo tanto en lo que se refiere a nuestra producción y al desempeño y eficiencia de los camiones en el transporte, los datos de velocidades nos van a permitir estimar la dimensión de flota de transporte requerida para un plan de producción definido, dando la posibilidad de realizar diseños gráficos de rutas y estimando las distancias menores entre las alternativas presentadas. Y determinar el tiempo de ciclo, a partir de dichos diseños de rutas de transporte.

Rodríguez (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”. Sostiene que La estimación de la flota de camiones en minería a cielo abierto es un proceso de planificación recurrente. Desde el punto de vista operacional, nuevos proyectos mineros, expansiones de estos mismos o fluctuaciones en el precio de los minerales implican cambios en la demanda que se verán reflejados en variaciones de los planes mineros, y por consecuencia modificaciones en la planificación del proceso de carguío y transporte de corto y mediano plazo. Por consecuencia, un impacto directo en el tamaño de la flota de camiones requerida para el transporte del material. 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.

En Guatemala se realizó el siguiente trabajo de investigación a cargo de 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, 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. 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. 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.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el dimensionamiento de la flota de carguío para incrementar la producción diaria a 3500 m<sup>3</sup> en una empresa minera de Cajamarca, 2020?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el dimensionamiento de la flota de carguío para incrementar la producción diaria a 3500 m<sup>3</sup> en una empresa minera de Cajamarca.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar las características principales del material de carguío y las especificaciones técnicas de los equipos.
- Realizar un análisis comparativo entre el dimensionamiento de los equipos actual y el programado para aumentar la producción diaria a 3500 m<sup>3</sup>.
- Realizar un análisis comparativo del costo por alquiler de equipos y combustible actual y el programado para aumentar la producción diaria.
- Calcular la producción de gramos de Oro actual y la programada para aumentar la producción diaria junto con el precio de venta anual de Oro.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

Al evaluar el dimensionamiento de los equipos de carguío realizado para incrementar la producción diaria a 3500 m<sup>3</sup> se logrará mejorar las utilidades económicas para la empresa minera.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- Al identificar las características principales del material de carguío y las especificaciones técnicas de los equipos se podrá realizar el cálculo del dimensionamiento de los equipos para aumentar la producción diaria.
- Con los datos del cálculo de dimensionamiento de flota actual y programado para aumentar la producción diaria a 3500 m<sup>3</sup> se logrará realizar un análisis comparativo de ambos que permitirá identificar la cantidad de equipos que aumentarían.
- Utilizando los datos del área de planeamiento y los del dimensionamiento de flota actual y programado se logrará realizar el análisis de costos de alquiler de equipos y combustible.
- Con los datos obtenidos del área de planeamiento, la producción actual y programada se logrará calcular la producción de gramos de Oro, así mismo se logrará realizar el cálculo del precio de venta anual del Oro.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

El proyecto que se presenta corresponde a una investigación de tipo Aplicada, a nivel No Experimental con diseño Descriptivo, ya que se evalúa el dimensionamiento de la flota de carguío y acarreo correspondiente a la producción diaria inicial de 2500 m<sup>3</sup> y la que se busca obtener correspondiente a 3500 m<sup>3</sup> aproximadamente a través de ecuaciones de dimensionamiento de flota, tomando en cuenta los volquetes y excavadoras, sin alterar ninguna de las variables involucradas en el diseño de la investigación.

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.

Hernández, Fernández y Baptista (2012) indican que, "La investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos"

Según Tamayo (2019) La investigación descriptiva busca únicamente describir situaciones o acontecimientos; básicamente no está interesado en comprobar explicaciones, ni en probar determinadas hipótesis, ni en hacer predicciones. Con

mucha frecuencia las descripciones se hacen por encuestas (estudios por encuestas), aunque éstas también pueden servir para probar hipótesis específicas y poner a prueba explicaciones. 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**

### **Población**

Los 10 volquetes marca Mercedes Benz de 15 m<sup>3</sup> de capacidad y las 3 excavadoras Caterpillar de 2.3 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara.

### **Muestra**

Los 9 volquetes Mercedes Benz de 15 m<sup>3</sup> y las 2 excavadoras Caterpillar de 2.3 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara. Esto debido a que son los equipos operativos en el proceso de carguío y acarreo.

## **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 el reconocimiento de los equipos de carguío, además se logró notar algunos detalles correspondientes a la producción diaria, ya que según lo establecido en el Decreto legislativo N° 1040 que modificó la Ley N° 27651 (Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal) y la Ley General de minería que señala una producción máxima de hasta 5000 TM/día para la mediana minería, y en la empresa solo se llegaba hasta los 2500 m<sup>3</sup> aproximadamente, esto debido a la disponibilidad de equipos de carguío según el primer dimensionamiento realizado al empezar las operaciones. Por

ello se realizó un nuevo dimensionamiento de los equipos de carguío de tal manera que permitan aumentar la producción diaria.



*Ilustración 1:* Carguío de mineral en el Tajo.

Fuente: Elaboración propia.

### **2.3.2. Análisis documental:**

Se revisó antecedentes previos de trabajos de investigación relacionados al cálculo o dimensionamiento de equipos para el proceso de carguío y acarreo para lo cual se utilizó los buscadores y bibliotecas virtuales.

De la misma forma se recolectó algunos datos de las fichas técnicas de cada equipo para realizar los cálculos correspondientes, de tal manera que se tenga resultados más precisos, se reunió información del área de geología y

planeamiento con respecto a las características del material que se venía extrayendo.

Toda esta información se compiló en un archivo en Excel ordenando la información en base al tema tratad, autores año de publicación, según el criterio de inclusión y exclusión de las fuentes consultadas.

### **2.3.3. Recolección de datos en campo:**

Se tomó los datos en campo correspondientes a los equipos de carguío que se encontraban operativos, para la excavadora se consideraron los tiempos de carguío y el N° de cucharadas por volquete, para los volquetes se tomó el tiempo y velocidad con carga y sin carga, además del tiempo total de ciclo.

- Instrumento N° 01: Formato de especificaciones operativas – Excavadora. (ver Anexo N° 01)
- Instrumento N° 02: Formato de especificaciones operativas – Volquetes. (ver Anexo N° 02)

Se solicitaron los datos del costo por alquiler y combustible al área de logística para poder realizar los cálculos correspondientes.

### **2.3.4. Técnicas de procesamiento de datos:**

Luego de recopilar los datos de campo se utilizaron para el cálculo del dimensionamiento de equipos. Con respecto a la excavadora se utilizaron algunas fórmulas que se detallan a continuación:

$$P.Excavadora_{(N^{\circ} \text{ cucharas} * 60 \text{ minutos}/t. \text{ carguio}) * H. \text{ trabajo} * cap. \text{ cuchara} * Eficiencia}$$

*Ecuación 1:* Producción de la excavadora.

$$N^{\circ}.Excavadora = Producción\ requerida/Producción\ por\ Excavadora$$

*Ecuación 2: Número de excavadoras.*

$$PDP = N^{\circ}\ excavadoras * Producción\ de\ la\ excavadora$$

*Ecuación 3: Producción diaria programada.*

Con respecto al dimensionamiento de los volquetes se utilizaron algunas fórmulas que se detallan a continuación:

$$MIST = carga\ efectiva/densidad\ del\ material$$

*Ecuación 4: Material In situ transportado.*

$$MET = (Material\ IN - Situ\ Transportado * factor\ de\ esponjamiento) \\ + Material\ In - Situ\ transportado$$

*Ecuación 5: Material esponjado transportado.*

$$RV = Cap.Tolva * N^{\circ}\ viajes * Eficiencia\ mecánica$$

*Ecuación 6: Rendimiento del volquete.*

$$TMT = Rendimiento\ del\ volquete * H.Turno * Eficiencia\ horaria$$

*Ecuación 7: Total de material por Turno.*

$$N^{\circ}Volquetes = Producción\ diaria/total\ de\ material\ por\ turno$$

*Ecuación 8: Número de volquetes.*

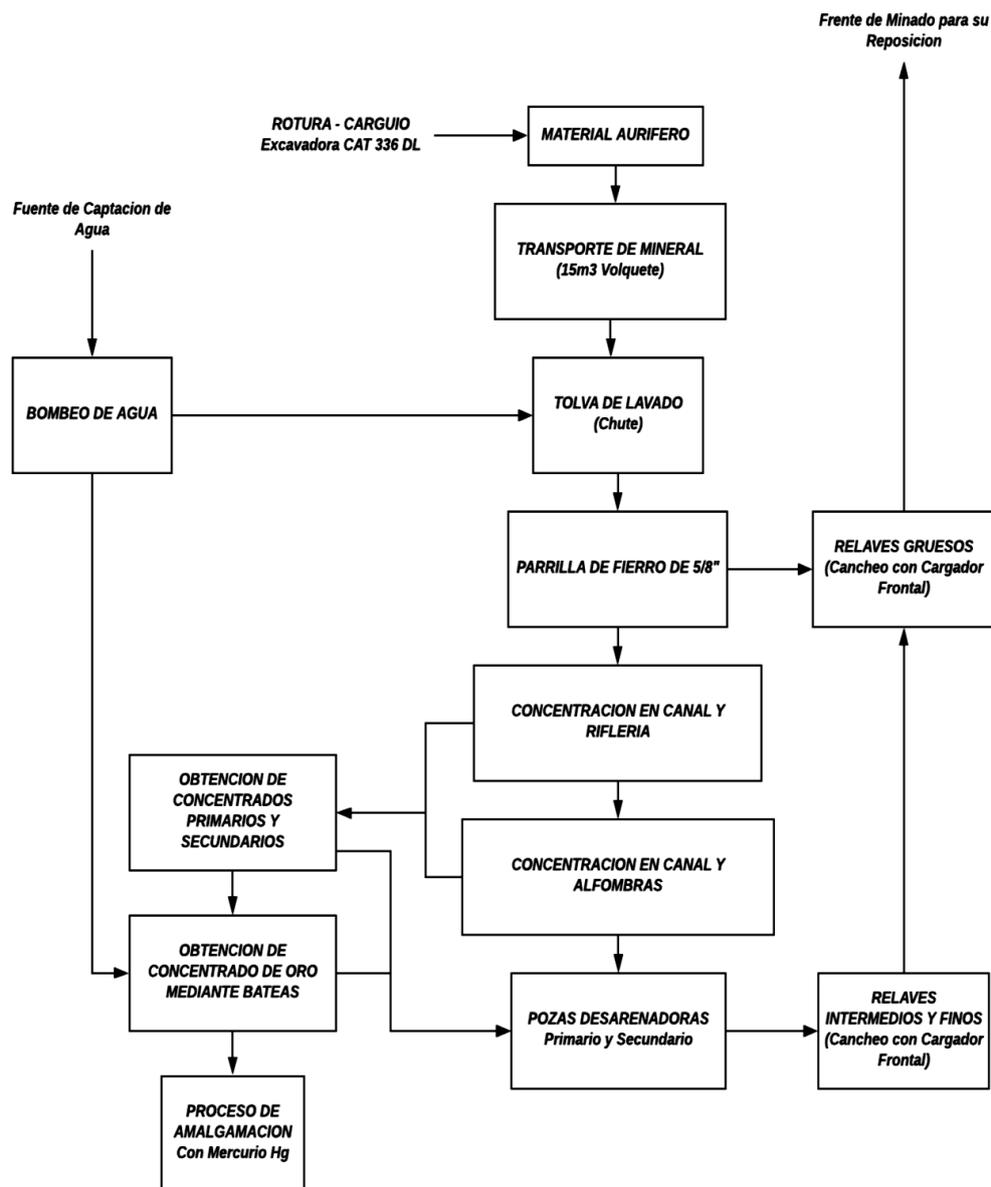
Luego de tomar datos de campo en relación a los ciclos de los volquetes y excavadoras, así como realizar el dimensionamiento de los equipos para aumentar la producción diaria, se procedió a realizar los cálculos de forma digital. El procesamiento de datos se utilizó haciendo uso del programa Excel para la creación de tablas y gráficos estadísticos.

## **2.4. Procedimiento**

Se realizó una comparación con los datos actuales y los programados según el cálculo realizado, de esta manera se evaluó el dimensionamiento de la flota para incrementar la producción.

### **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 buscadores y repositorios virtuales de varias universidades. De la misma forma se solicitó diagrama de flujo de las operaciones que se realizan en mina, para identificar el desarrollo de cada proceso.



*Ilustración 2:* Diagrama de flujo de las operaciones en mina.

Fuente: Área de planeamiento.

#### 2.4.2. Campo

Se realiza la toma de datos en campo, especialmente los correspondientes al proceso de carguío y acarreo, de la misma forma se toma en cuenta los datos de los equipos que participan en este proceso.



*Ilustración 3:* Ciclo de minado.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.4.3. Gabinete

Finalmente, 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 los volquetes y excavadoras, además de calcular los costos de combustible y alquiler de equipos.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Las investigaciones hechas por la empresa indican la presencia de solo dos áreas de fuentes de oro, en estos depósitos se encuentra en estado nativo y libre con una granulometría desde oro grueso (charpas) a fino (polvo de harina) diseminado en forma caótica en todo el material fluvio - glacial, conjuntamente con otros minerales como la casiterita, magnetita y wolframita.

#### 3.1. Características principales del material de carguío y las especificaciones técnicas de los equipos

Los equipos son clasificados según la función especificada, entre ellas se distinguen equipos utilizados para el carguío, de transporte y de ambas. Los equipos de carguío cumplen especialmente la labor de cargar el material del frente de trabajo hasta un equipo de transporte.

El acarreo de material fluvio-glacial aurífero, lo realiza volquetes con capacidad de 15 m<sup>3</sup> (en las mejores condiciones), el volquete es alimentado por la excavadora, luego transporta el material. En la empresa se cuentan con los siguientes equipos que intervienen en el ciclo de carguío y acarreo.

Tabla 1:

*Descripción de los equipos de carguío y acarreo*

CANTIDAD	EQUIPOS	CAPACIDAD	MARCA
9	VOLQUETES	15 m <sup>3</sup>	M. BENZ
2	EXCAVADORA	2.3 m <sup>3</sup>	CAT

Fuente: Área de planeamiento.

Tabla 2:

*Características del material y datos de campo*

<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>GRAVA AURÍFERA</b>
Densidad del material (ton/m <sup>3</sup> )	2.23
Volumen extraído (m <sup>3</sup> /día)	3000
Eficiencia (%)	69%
N° Turnos	2
Factor de esponjamiento del material (%)	5

Fuente: Área de geología.

El tipo de material Aurífero que se trabaja, es de tipo Grava Aurífera el oro se presenta en forma diseminado, cuya densidad se obtiene midiendo la masa y la densidad del material obteniendo un valor de 2,23 ton/m<sup>3</sup>

### **3.2. Resultados del análisis comparativo entre el dimensionamiento de los equipos actual y el programado para aumentar la producción diaria**

#### **3.2.1. Dimensionamiento de las Excavadoras**

Teniendo los siguientes datos del campo que se muestran en la tabla N° 03 recolectados como el tiempo de carguío (Arranque material + carguío + ubicación + otros) = 2.3 minutos y los tiempos muertos (tiempos de espera encuadre y los cambios de guardia), con una eficiencia de trabajo del 80% (6.00 horas).

Tabla 3:

*Especificaciones de la excavadora*

<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Capacidad de cuchara (m <sup>3</sup> )	2.3
Horas de Trabajo (h.)	8
N° de cucharadas (por volquete)	3
Tiempo de carguío (min.)	2.3
Eficiencia (%)	81

Fuente: Elaboración propia.

Para el dimensionamiento de las excavadoras se tomó en cuenta los datos actuales, luego del cálculo de la producción de la excavadora se tuvo los siguientes datos, se toma 2 excavadoras porque solo se tiene en el inventario operativo dicha cantidad, existe 1 equipo averiado al analizar y tener un presupuesto, la gerencia vera factible reparar dicho equipo.

Tabla 4:

*Resultados del Cálculo de N° Excavadoras Actual y programado*

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROGRAMADO</b>	<b>ACTUAL</b>
Producción diaria(m <sup>3</sup> )	3500	2500
Producción de la Excavadora (m <sup>3</sup> /día)	1166	1246
Numero de Excavadoras (Unid.)	3	2
Producción diaria programada (m <sup>3</sup> /día)	3499	2492

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°04 se observa los datos del dimensionamiento realizado para las excavadoras, donde se puede notar que en comparación con la cantidad de equipos que se utilizan actualmente con el cálculo programado, la diferencia es de 1 excavadora, aumentando la producción total de las excavadoras en 1007 m<sup>3</sup> por día.

### **3.2.2. Dimensionamiento de los volquetes**

La capacidad de los volquetes se mide en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), de la tolva del volquete y el lugar donde se deposita la carga a transportar.

La capacidad de carga del volquete con la capacidad de la tolva del volquete son parámetros completamente diferentes, el rendimiento de los volquetes es medido por el costo del material trabajado. Existen otros factores menos directos que influyen en el funcionamiento y productividad de los volquetes, que no son posibles mostrarlo en tablas.

La eficiencia abarca la potencia y el trabajo, la eficiencia mecánica es el trabajo favorable obtenido por la energía dada; la potencia de los volquetes depende de la altura en que realiza sus operaciones. En la tabla N°05 se muestra los parámetros que tiene cada volquete teniendo los datos del campo hallando las velocidades y los tiempos de recorrido, siendo un total de 10 minutos, y tomando una cantidad de 6 viajes con eficiencia del 90.00% de trabajo.

Tabla 5:

*Especificaciones de los volquetes*

<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Carga Efectiva (Tm)	15
Capacidad de Tolva (m <sup>3</sup> )	7
Velocidad con carga (km/h)	10.5
Velocidad sin carga (km/h)	29.5
Ciclo ida cargado (min.)	6
Ciclo retorno vacío (min.)	2
Tiempo carguío, descarga, cuadrado (min.)	2
Ciclo Total (min)	10
N° viajes	6
Eficiencia (%)	90

Fuente: Elaboración propia.

Para los cálculos del dimensionamiento de los volquetes se tomó en cuenta los datos mencionados anteriormente, los resultados obtenidos se presentan a continuación

Tabla 6:

*Resultados del Cálculo de N° Volquetes Actual y programado*

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROGRAMADO</b>	<b>ACTUAL</b>
Producción diaria(m <sup>3</sup> )	3500	2500
Rendimiento del volquete(h.)	37.8	40.01
Total del material por turno (m <sup>3</sup> ) (volquete)	261.58	276
N° Volquetes	13	9

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 06 se muestran los resultados del dimensionamiento de los volquetes, dónde se identifica la diferencia de 4 equipos adicionales en el cálculo programado en relación con los equipos actuales.

### 3.3. Resultados del análisis comparativo entre el costo por alquiler de equipos-combustible actual y programado

A continuación, se presentan los resultados del análisis del costo por alquiler y combustible de los equipos utilizados actualmente y la estimación del costo programado.

#### 3.3.1. Resultados del costo por alquiler de equipos

Se presenta el resultado del cálculo del costo por alquiler de los equipos de carguío y acarreo tomados en cuenta en esta evaluación.

Tabla 7:

*Resultados del costo por alquiler de equipos actual*

<b>COSTO POR ALQUILER DE EQUIPOS – 2500 M<sup>3</sup></b>					
<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO/ HORA</b>	<b>HORAS/ DIA</b>	<b>EFICIENCIA (%)</b>	<b>COSTO TOTAL (S./)DIA</b>
VOLQUETE	9	90	8	86.5	5605.2
EXCAVADORA	2	270	8	86.5	3736.8
<b>TOTAL</b>					<b>9342</b>

Fuente: Datos de campo.

En la tabla N°07 se muestra los resultados del cálculo del costo por alquiler actual de las excavadoras y volquetes, con un total de S/. 9342 por día.

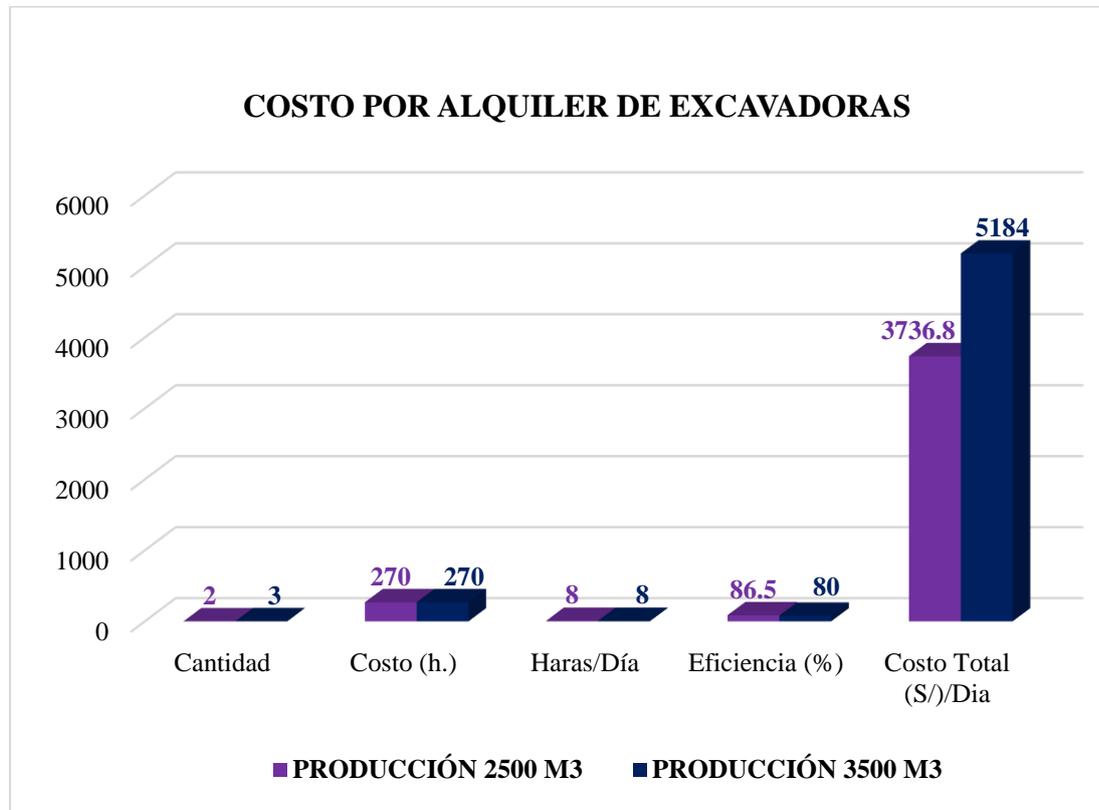
Tabla 8:

*Resultados del costo por alquiler de equipos programado*

<b>COSTO POR ALQUILER DE EQUIPOS - 3500M3</b>					
<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO/ HORA</b>	<b>HORAS/ DIA</b>	<b>EFICIENCIA (%)</b>	<b>COSTO TOTAL (S./)DIA</b>
VOLQUETE	13	90	8	90	8424
EXCAVADORA	3	270	8	80	5184
<b>TOTAL</b>					<b>13608</b>

Fuente: Datos de campo.

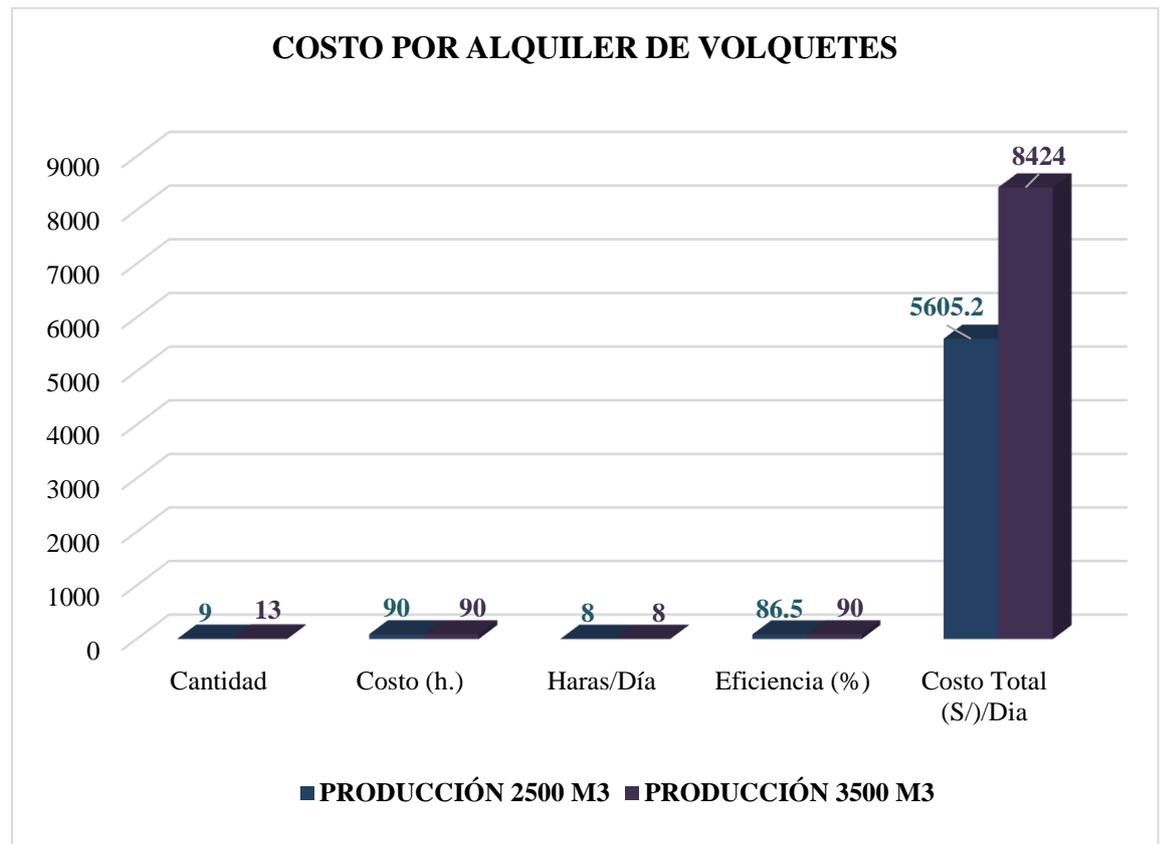
En la tabla N°08 se muestra los resultados del cálculo del costo por alquiler programado de las excavadoras y volquetes, con un total de S/. 13608 por día.



*Ilustración 4: Costo por alquiler de excavadoras Actual Vs Programado*

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 4 se muestra un gráfico comparativo entre el costo por alquiler de las excavadoras, el actual y el programado con una diferencia de S/. 1447.2 diarios.



*Ilustración 5:* Costo por alquiler de volquetes Actual Vs Programado

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 5 se muestra un gráfico comparativo entre el costo por alquiler de los volquetes, el actual y el programado con una diferencia de S/. 2818.2 diarios.

En total de acuerdo a los resultados obtenidos en relación al costo por alquiler de equipos entre excavadoras y volquetes, se identifica un costo adicional de S/.4256.4 diarios que implicaría el dimensionamiento programado.

### 3.3.2. Resultados del costo por combustible de los equipos

A continuación, se presenta los resultados de los cálculos realizados para el costo por combustible que requieren los equipos de carguío y acarreo, tanto el actual como el programado.

Tabla 9:

*Costo por combustible actual*

<b>COSTO POR COMBUSTIBLE - PRODUCCIÓN 2500 M<sup>3</sup></b>						
<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>GAL/ HORA</b>	<b>COSTO (\$)/ GAL.</b>	<b>COSTO. TOTAL (\$)/DIA</b>	<b>COSTO TOTAL(S/)</b>	
EXCAVADORA	2	8	2.78	355.84	1181.3888	
VOLQUETE	9	4	2.78	800.64	2658.1248	
<b>TOTAL</b>					<b>3839.5136</b>	

Fuente: Datos de campo.

En la tabla N°09 se muestra los resultados del cálculo del costo por combustible actual para las excavadoras y volquetes, con un total de S/. 3839.51 por día.

Tabla 10:

*Costo por combustible programado*

<b>COSTO POR COMBUSTIBLE - PRODUCCIÓN 3500 m<sup>3</sup></b>						
<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>GAL/ HORA</b>	<b>COSTO (\$)/ GAL.</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)/DIA</b>	<b>COSTO TOTAL(S/)</b>	
EXCAVADORA	3	8	2.78	533.76	1772.0832	
VOLQUETE	13	4	2.78	1245.44	4134.8608	
<b>TOTAL</b>					<b>5906.944</b>	

Fuente: Datos de campo.

En la tabla N°10 se muestra los resultados del cálculo del costo por combustible programado para las excavadoras y volquetes, con un total de S/. 5906.94 por día.

En total de acuerdo a los resultados obtenidos en relación al costo por combustible de equipos entre excavadoras y volquetes, se identifica un costo adicional de S/. 2067.43 diarios que implicaría el dimensionamiento programado.

### 3.4. Resultados del cálculo de la producción y precio del Oro

A continuación, se presenta los resultados del cálculo de la producción actual y la programada con el dimensionamiento calculado para aumentar la producción diaria a 3500 m<sup>3</sup>. Además del precio de venta anual del Oro en gramos y onzas.

### 3.4.1. Resultados de la producción actual y programada de gramos de Oro

Para calcular los resultados de la producción actual se tomaron en cuenta los datos del total de material extraído, ley de oro y el porcentaje de recuperación.

Tabla 11:

*Plan de producción Actual y Programado*

PARÁMETROS	PRODUCCIÓN DESPUES	PRODUCCION ANTES
Material extraído (m <sup>3</sup> /día)	3499	2492
Ley Au (g. Au/m <sup>3</sup> )	0.154	0.154
Ley recuperación 60% (g. Au/m <sup>3</sup> )	0.09	0.09
Producción diaria (g. Au/m <sup>3</sup> )	314.91	224.28

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°11 se observa que, debido al aumento del material extraído según el dimensionamiento elaborado a partir del incremento de equipos de carguío y acarreo, se obtendrá una producción diaria de gramos de Au por m<sup>3</sup> mayor con una diferencia de 90.63 g.

### 3.4.2. Resultados del precio de venta anual del Oro en gramos y onzas

A continuación, se presentan los datos del cálculo correspondiente al precio de venta de oro de acuerdo a la producción anual.

Tabla 12:

*Resultados del precio de venta del oro y producción anual*

<b>Producción de Oro (Au)</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>P. Actual</b>	<b>P. Programada</b>
Producción diaria (g)	224.28	314.91
Producción mensual (g)	5382.72	7557.84
Producción anual (g)	64592.64	90694.08
Producción anual (Kg)	64.6	89.6
Precio venta anual (\$/g)	2,609,542.656	4,083,047.482

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°12 se muestran los resultados de la producción mensual, para la cual se tomó en cuenta 24 días hábiles al mes, con este dato se logró realizar el cálculo de la producción anual, obteniendo un aumento de 26,101.44 gramos de Oro.

El precio de venta de anual del oro se obtuvo al multiplicar la producción anual y el precio del Oro por gramo y onza, información que se obtuvo de la siguiente tabla proporcionada por planeamiento.

Tabla 13:

*Precio del oro en el año 2019*

<b>MES</b>	<b>PRECIO ORO \$/oz</b>
ENERO	1323.25
FEBRERO	1338.55
MARZO	1308.3
ABRIL	1293.2
MAYO	1292.15
JUNIO	1394.78
JULIO	1408.8
AGOSTO	1492.18
SEPTIEMBRE	1498.32
OCTUBRE	1497.05
NOVIEMBRE	1493.28
DICIEMBRE	1462.1
<b>PROMEDIO</b>	<b>1400.16</b>
<b>PRECIO \$/g</b>	<b>45.02</b>

Fuente: Área de planeamiento.

El precio de venta anual que se obtuvo aumento en \$1,473,504.82 en relación al actual, tomando en cuenta un precio de venta de \$45.02 el gramo de Oro.

Con estos resultados se puede decir que el dimensionamiento de los equipos de carguío y acarreo programado para aumentar la producción diaria de 2500 m<sup>3</sup> a 3500 m<sup>3</sup> generan una utilidad anual mayor a 1 millón de dólares.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Luego de realizar el análisis de los resultados encontrados, se observa que el total de costos adicionales relacionados entre alquiler y combustibles de los equipos de carguío y acarreo correspondientes al dimensionamiento programado asciende a un total de S/. 1,824,027.95. Esto nos indica que los costos relacionados al proceso de carguío y acarreo son los más elevados en mina tomando en cuenta el costo por alquiler y combustible; esto nos permite apoyar lo señalado por Bazán A. (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” el cual 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.

En el dimensionamiento realizado se obtuvo un aumento de equipos de carguío y acarreo, 1 excavadora y 4 volquetes; lo cual está relacionado con el incremento que se desea en la producción diaria de la mina. Esto nos permite apoyar lo descrito por Feliciano (2018) el cual indica que “El cálculo de flota de acarreo en la minería a cielo abierto es un proceso de planificación recurrente, las expansiones y variabilidad de las producciones se verán reflejados en los planes mineros, y por consecuencia tendremos modificaciones en la planificación del proceso de carguío y transporte, y este tendrá un impacto directo en el tamaño de la flota de camiones y volquetes requerida para el transporte de material. Entonces es de vital importancia enfocarse

en el transporte en mina, y gracias al planeamiento de minado podemos hacer cálculos y tener estimaciones como la cantidad de material que se requiere mover cada mes; y, por lo tanto, también saber el número de equipos que se requiere para mover dicha cantidad de material teniendo en cuenta las distancias, pendientes, condiciones de los accesos y tiempo de ciclo”.

Descontando los costos relacionados con los equipos de carguío y acarreo tomados en cuenta para esta evaluación en el dimensionamiento programado, se obtuvo una utilidad de S/. 3,068,008.06, lo cual es factible para la empresa y permite tener una relación estable entre costos y utilidades, esto nos permite apoyar lo señalado por Vidal (2012), en su tesis “Estudio de cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto”, la cual es un estudio de tipo experimental, el número de camiones óptimo para el transporte de mineral y desmonte en una operación minera a tajo abierto de cobre. Para este efecto, se creó y se describió una operación minera en el sur del país, a la cual, se hace el planeamiento de minado y explotación a lo largo de los 17 años que dura el proyecto. Con esta información se hace un estudio económico de la mina para corroborar que es económicamente viable y que está dentro de los parámetros de una mina en ejecución, donde se concluye 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.

## 4.2 Conclusiones

- Se identificaron las características principales de los equipos involucrados en el proceso de carguío y acarreo que constan de 9 volquetes de 15 m<sup>3</sup> y 2 excavadoras de 2.3 m<sup>3</sup>; así como del material extraído con una densidad de 2.23 t/m<sup>3</sup>.
- Se realizó el análisis comparativo del dimensionamiento de los equipos actual y programado se logró identificar un aumento total de 1 excavadora y 4 volquetes más incluidos en el dimensionamiento programado para aumentar la producción diaria de 2500 m<sup>3</sup> a 3500 m<sup>3</sup>.
- Se realizó el análisis comparativo en relación al costo por alquiler y combustible de los equipos, los resultados permitieron identificar un costo adicional de S/. 4266.00 y S/. 2067.40 diarios respectivamente, sumando un total de S/. 6333.40 adicionales en comparación a los costos actuales.
- La producción total de oro anualmente es de 64,592.64 g de Oro, con el dimensionamiento programado se obtiene una producción de 90,694.08 g. lo cual permite el incremento en un total de 26,101.44 gramos de oro.
- El precio de venta actual del oro anualmente es de \$2,609,542.65, aplicando el dimensionamiento se calcula un precio de venta programado que asciende a un total de \$4,083,047.48, lo cual permite aumentar las ganancias en \$1,473,504.82.

- Dentro de las limitaciones del proyecto de investigación, no se tuvo precedentes de estudios anteriores a nivel local que respalden el problema principal de la investigación y poder realizar estimaciones del dimensionamiento de los equipos de carguío que permitan aumentar la productividad y con ello las utilidades para la empresa minera.

## REFERENCIAS

- Araujo, R. (2018). “*Optimización de la flota de volquetes en el acarreo, para incrementar la producción en la mina Los Andes Perú Gold – Huamachuco*”. (tesis pre grado). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, 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 pre grado). 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 pre grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman. Tacna, Perú.
- Hernández, Fernández & Baptista (2012). “Diseño de investigación No experimental”, recuperado de:  
<http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2012/12/disenos-no-experimentales-según>.
- Obra Plaza. (2020). “Ficha técnica Excavadora CAT 330C”, recuperado de:  
<https://obraplaza.com.mx/pdf/datasheet.php?id=2466>

Mercedes Benz. (2020). “Ficha Técnica Volquete 15 M3”, recuperado de:

<http://www.vemaequip.pe/productos/brochure/volquete-15-m3.pdf>

Luque, E. (2016). “*Modelo De Estimación Y Comparación De Velocidades Reales Vs Simuladas De Los Camiones Komatsu 930e En Minera Los Pelambres – Antofagasta Minerals Chile*”. (tesis pre grado). Universidad del Antiplano. Puno, Perú.

Palencia, E. (2013). “*Consideraciones sobre la selección y cálculo de producción de maquinaria pesada para el movimiento de tierras*”. (tesis pre grado). Universidad de Guatemala.

Rodríguez, D. (2013). “*Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según rendimiento*”. (tesis pre grado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

Tamayo, L. (2019). “*Tipos de investigación*”, recuperado de:

[https://trabajodegradoucm.weebly.com/uploads/1/9/0/9/19098589/tipos\\_de\\_investigacion.pdf](https://trabajodegradoucm.weebly.com/uploads/1/9/0/9/19098589/tipos_de_investigacion.pdf)

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

Vidal, L. M. (2010). “*Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto*”. (tesis pre grado). Universidad Pontificia Católica. Lima, Perú.

## ANEXOS

Anexo N° 01: Formato de especificaciones operativas – Excavadora

Especificaciones - Excavadoras	
Capacidad de cuchara (m <sup>3</sup> )	
Horas de Trabajo (h.)	
N° de cucharadas (por volquete)	
Tiempo de carguío (min.)	
Eficiencia (%)	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 02: Formato de especificaciones operativas – Volquetes

ESPECIFICACIONES - VOLQUETES	
Carga Efectiva (Tn)	
Capacidad de Tolva (m <sup>3</sup> )	
Velocidad con carga (km/h)	
Velocidad sin carga (km/h)	
Ciclo ida cargado (min.)	
Ciclo retorno vacío (min.)	
Tiempo carguío, descarga, cuadrado (min.)	
Ciclo Total (min)	
N° viajes	
Eficiencia (%)	

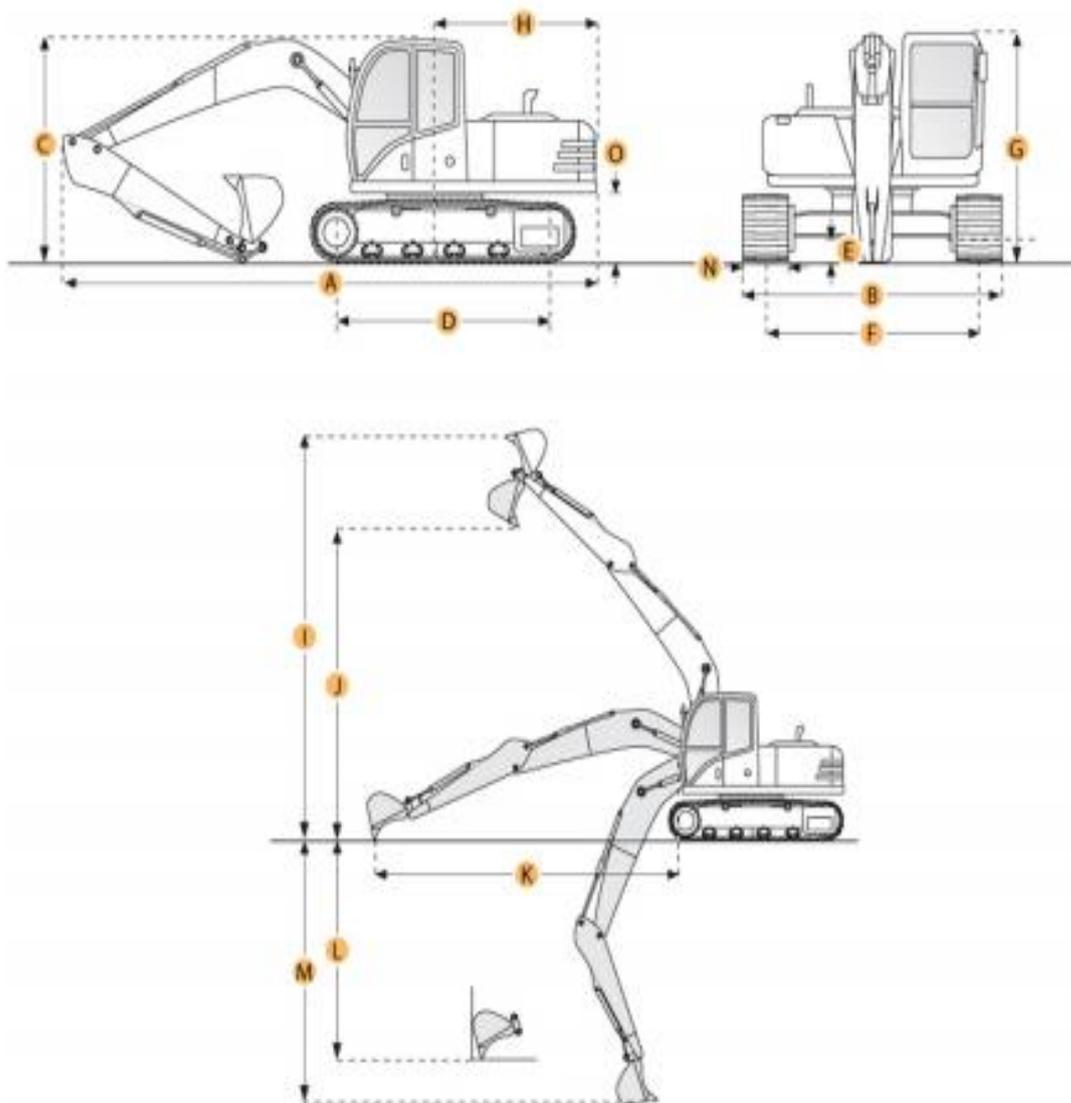
Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 03: Ficha técnica de la Excavadora CAT

## FICHA TÉCNICA

CREADO POR: obraplaza.com  
FECHA Y HORA DE GENERACIÓN: 16/07/2020 02:05:05  
FICHA GENERADA POR EL SISTEMA DE OBRAPLAZA.com

**CATERPILLAR** Excavadora Hidráulica CATERPILLAR 330C ES



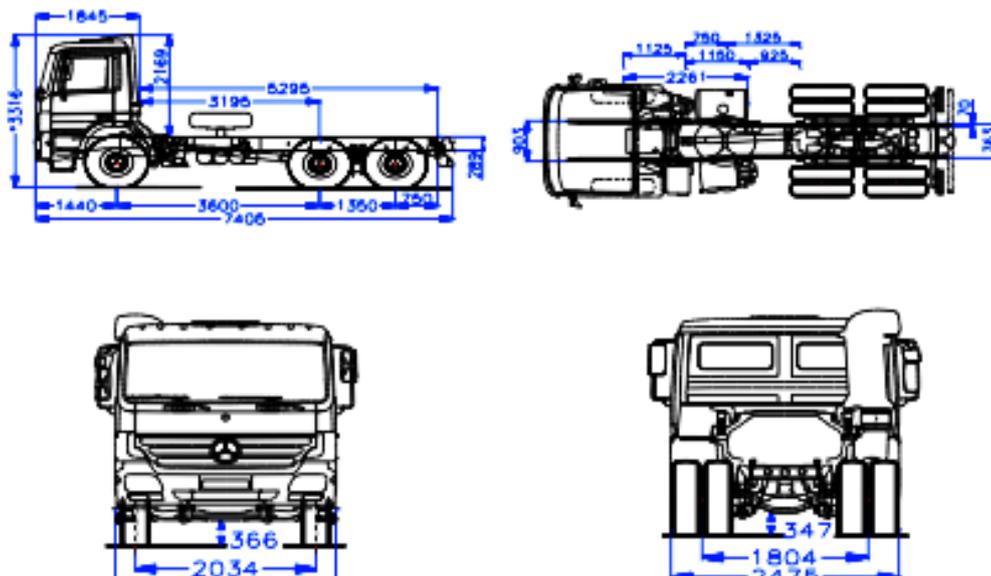
Dimensiones	
Peso operativo	42450 Kg
D. Largo de las pistas	537 cm
E. Distancia libre de piso a máquina	71 cm
F. Indicador de orugas	239
I. Altura máxima de corte	1017 cm
J. Altura máxima de carga	635 cm
K. Alcance máximo a nivel de suelo	998 cm
L. Profundidad máxima de excavación vertical	435 cm
M. Profundidad máxima de excavación	622 cm
N. Tamaño de pista	75 cm
Alternador	7 amps
Capacidad de bombeo de aceite hidráulico	37 L/min
Presión de válvula de alivio	597.6 Psi
Velocidad máxima	3.6 Km/h
Voltaje	12 V
Aspiración	Turbocargada
Desplazamiento de motor	8.8 Lt
Marca de motor	CATERPILLAR
Modelo	C9 ATAAC
Potencia neta	243 Hp
Revoluciones del motor	1800 rpm
Fuerza de tracción	74411.8 Lb
Número de pistas por lado	52
Número de rodillos de cadena (oruga) por lado	9
Número de rodillos por lado	3
Capacidad de cucharón de referencia	2.3 m <sup>3</sup>
Capacidad máxima del cucharón	2.3 m <sup>3</sup>

Fuente: Obra Plaza.

Anexo N° 04: Ficha técnica de la Volquete M. BENZ 15 M3

Motor		Transmisión	
Modelo	OM 501 LA Euro III	Embrague	MFZ 400
Tipo	6 cilindros en V, con Turbo e Intercooler.	Bi disco Seco servo asistido	
Potencia	320 kW (435 Cv) @ 1800 rpm	Caja de cambios	G 240 - 16 / 11.7-0.89 con mando Teelligent
Par Motor	2100 Nm @ 1080 rpm	Marchas sincronizadas	16 con Sistema Teelligent EPS II
Cilindrada total	11.046 cc	Con Teelligent EPS II el conductor puede acoplar las marchas de forma cómoda y sin esfuerzo, lo que repercute en su estado físico. Al mismo tiempo, una selección de marchas óptima proporciona un modo de conducir económico y reduce el consumo de combustible. Columna de Dirección ajustable en altura e inclinación.	
Consumo específico	188 g/kWh @ 1300 rpm		
Alternador (V/A)	28 / 80		
Batería (V/Ah)	2 x 12 / 185		
Freno Motor	Top Brake (Compresión a las válvulas).		
Desempeño del Vehículo		Ejes	
Reducción	6.000	Eje Delantero	MB VL 5/1D - 9
Velocidad máxima	98 Km/h	1er Eje Trasero	MB HD 7/053 DGS - 16
Pendiente superable con 41.000 Kg	40.8% (Máxima en el arranque)	2do Eje Trasero	MB HL 7/053 DS - 16
Pendiente superable con 41.000 Kg	56.7% (Máxima en el marcha)	Reducción eje Trasero	i = 6.000 con reductor de cubos
Toma de Fuerza		Bloqueo de diferencial longitudinal y transversal en el eje trasero.	
MB NA 131 - 2C	Montada en el árbol primario del cambio y propulsada por un grupo de engranajes redos.		
Chasis		Suspensión	
Llantas	8.5 x 24"	Delantera	Muelles Parabólicos de 04 hojas Capacidad: 9.000 Kg
Neumáticos Delanteros	12.00 R 24 PR 16	Trasera	Muelles Parabólicos Capacidad: 18.000 x 2 Kg (36.000 Kg total)
Neumáticos Traseros	12.00 R 24 PR 16	Con estabilizador en el 1er eje y 2do eje trasero (reforzado).	
Dirección Hidráulica	LS 6 / LS 8		
Tanque Combustible	1 x 400 Lts acero * con colador y tapa seguro Tanque adicional : Opcional bajo pedido.		
Pesos y Capacidades			
Vacío sin carrocería *		Pesos Admisibles	
Eje Delantero	4.862 Kg	Capacidad Eje Delantero	9.000 Kg
1er Eje Trasero	2.314 Kg	Capacidad 1er Eje Trasero	16.000 Kg
2do Eje Trasero	2.314 Kg	Capacidad 2do Eje Trasero	16.000 Kg
Total	9.510 Kg	Peso Bruto Vehicular (PBV)	41.000 Kg
Capacidad de Carga	31.490 Kg *		
* Sin carrocería o implemento, con rueda de repuesto, sin conductor, sin herramientas.			
Sistema de Frenos Teelligent			
Cuenta con tambor en todas las ruedas. Opcional bajo pedido: Retardador hidráulico Voith R 155.			
El Sistema Teelligent proporciona una alta desaceleración por frenado, armonización de la distribución de presión de frenado y del desgaste de fondo de freno, regulaciones precisas de ABS / ASR desconectables, así como una división conveniente del trabajo de frenado sobre el vehículo en todas las condiciones de carga.			
Secador calefactable de aire comprimido.			
Bloqueo de rodillos.			

Dimensiones (mm)



Fuente: Mercedes Benz.

Anexo N° 05: Fotografías en campo



Foto 1: Toma de datos en campo.

Fuente: Elaboración propia.



Foto 2: Toma de datos en campo.

Fuente: Elaboración propia.



Foto 3: Tajo en explotación.

Fuente: Elaboración propia.