

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Análisis económico y ambiental de equipos de transporte minero en la  
cantera Calizas Huayco, LOGIMIN S.A.

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero de Minas**

Presentado por:

Kevin Omar Osorio Quinto

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

## **DEDICATORIA**

Se lo dedico a Dios por darme la fortaleza y permitirme culminar mi etapa universitaria. Así mismo, le dedico esta tesis a mi familia, especialmente a mis padres los cuales me han brindado su total apoyo y motivación para poder superarme día a día y poder cumplir con esta meta.

**Kevin Omar Osorio Quinto**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la empresa LOGIMIN S.A y la cantera Calizas Huayco por permitirme desarrollar este proyecto. Así mismo, agradezco a la Ing. Samantha por la guía brindada en el proceso del desarrollo de este proyecto y a mi tutor Ing. Wilmer por sus conocimientos impartidos, su tiempo brindado, consejos y guías en el proyecto.

**Kevin Omar Osorio Quinto**

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Kevin Omar Osorio Quinto* y doy mi consentimiento para que la ESPOl realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



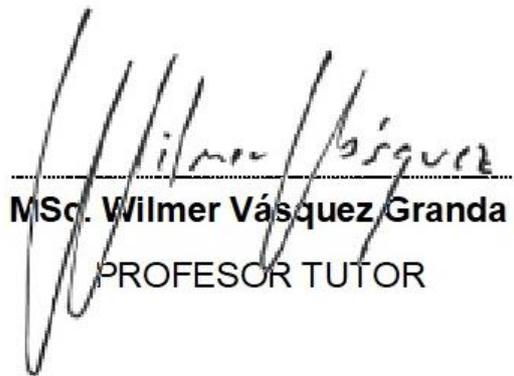
---

Kevin Omar Osorio  
Quinto

## EVALUADORES



**Ph.D Samantha Jiménez Oyola**  
PROFESOR DE LA MATERIA



**MSc. Wilmer Vásquez Granda**  
PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

La etapa de acarreo en minería a cielo abierto es una etapa fundamental en cualquier proyecto minero, ya que se encuentra asociada hasta a un 45% de los costos operacionales de mina. El presente trabajo presenta un análisis económico, técnico y ambiental de los equipos de transporte minero en la cantera Calizas Huayco, LOGIMING S.A., con la finalidad de evaluar la factibilidad de la migración de la flota de camiones Dumper rígidos por camiones mineros BAS multiejes. Para este propósito, se realizó un análisis comparativo de los costos de ciclo de vida traducidos a \$/t, tomando en cuenta los costos de posesión, operación y tonelada transportada de los camiones. Así mismo, para el análisis económico se calculó el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Índice de Rentabilidad (IR). Los camiones mineros analizados en este proyecto fueron el Caterpillar (CAT) 775 D y el camión BAS 10x4. Como resultados de este proyecto, se determinó que el camión minero CAT presenta un costo de transporte de tonelada mayor, siendo de 1,29496 \$/t, mientras que el camión minero VOLVO BAS 10x4 presenta un costo de 0,16228 \$/t, evidenciando el alto consumo de combustible que tiene el camión Dumper rígido, generando mayores gases de efecto invernadero. Así mismo, del estudio de la evaluación técnica se obtuvo que el Dumper rígido presenta mayor dimensionamiento físico con respecto al camión minero BAS. Finalmente, el estudio de la evaluación económica de la adquisición de estos camiones mineros con análisis para su vida útil (10 años) dio como resultado para la adquisición del camión CAT, un VAN de -795.149,64; TIR de -17,22%; y IR de -\$0,994, a diferencia de la adquisición del camión Volvo BAS, que resultó en un VAN de \$450.514,85; TIR de 33,14%; y IR de \$1,126. Con base en estos datos, se logró determinar que el camión minero Volvo BAS presenta mayores beneficios técnicos, económicos y ambientales para la etapa de acarreo, lo que puede contribuir significativamente en las operaciones de la Cantera Calizas Huayco.

**Palabras Clave:** Acarreo, cielo abierto, camiones, migración, análisis, evaluación.

## **ABSTRACT**

*The hauling stage in open pit mining is a fundamental stage in any mining project since it is associated with up to 45% of the mine's operating costs. The present work presents an economic, technical, and environmental analysis of mining transport equipment in the Calizas Huayco quarry, LOGIMING S.A., to evaluate the feasibility of migrating the rigid Dumper truck fleet by multi-axle BAS mining trucks. For this purpose, a comparative analysis of the life cycle costs converted to \$/t was carried out, considering the costs of possession, operation, and transported ton of the trucks. Likewise, for the economic analysis, the Net Present Value (NPV), the Internal Rate of Return (IRR) and the Profitability Index (IR) were calculated. The mining trucks analyzed in this project were the Caterpillar (CAT) 775 D and the BAS 10x4 truck. As a result of this project, it will be lost that the CAT mining truck has a higher ton transportation cost, being \$1.29496/t, while the VOLVO BAS 10x4 mining truck has a cost of \$0.16228/t, evidencing the high fuel consumption that the rigid Dumper truck has, will exhibit higher greenhouse gases. Likewise, the study of the technical evaluation found that the rigid dumper has a greater physical dimension with respect to the BAS mining truck. Finally, the study of the economic evaluation of the acquisition of these mining trucks with analysis for their useful life (10 years) gave as a result for the acquisition of the CAT truck, a NPV of -\$795,149.64; IRR of -17.22%; and IR of -\$0.994, unlike the acquisition of the Volvo BAS truck, which resulted in a NPV of \$450,514.85; IRR of 33.14%; and IR of \$1,126. Based on these data, it will be determined exactly that the Volvo BAS mining truck presents greater technical, economic, and environmental benefits for the hauling stage, which can contribute significantly to those of the Calizas Huayco Quarry.*

**Keywords:** *Hauling, open pit, trucks, migration, analysis, evaluation.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1.    Introducción.....	1
1.1    Descripción del problema.....	2
1.2    Justificación del problema.....	2
1.3    Objetivos.....	3
1.3.1    Objetivo General.....	3
1.3.2    Objetivos Específicos.....	3
1.4    Marco teórico.....	3
1.4.1    Ubicación geográfica.....	3
1.4.2    Marco geológico.....	4
1.4.3    Descripción de los equipos de transporte.....	5
1.4.4    Fundamentos teóricos.....	7
1.4.5    Rendimiento de los equipos o camiones.....	8
1.4.6    Costos de transporte de minerales.....	12
CAPÍTULO 2.....	13
2.    Metodología.....	13
2.1    FASE I.....	13

2.2	FASE II .....	20
2.3	FASE III .....	21
CAPÍTULO 3.....		22
3.	Resultado y Análisis.....	22
3.1	Dimensión y Características técnicas de los equipos .....	22
3.2	Comparación consumo Galones/Hora de los camiones mineros .....	23
3.3	Comparación Galones/Tonelada de los camiones mineros.....	24
3.4	Costos del ciclo de vida del camión minero CAT 775 D y Volvo BAS 10X4 .	27
3.4.1	Costos de posesión.....	28
3.4.2	Costos de operación .....	32
3.4.3	Costos de transporte de material .....	35
3.5	Evaluación económica en la adquisición del camión minero CAT y Volvo BAS. 37	
3.6	Análisis de las dimensiones y características físico-técnicas .....	39
3.7	Análisis del consumo de combustible en Galones/hora.....	39
3.8	Análisis del consumo de combustible en Galones/Tonelada.....	40
3.9	Análisis de los costos de posesión .....	40
3.10	Análisis de los costos de operación .....	41
3.11	Análisis de los costos de transporte de material.....	41
3.12	Análisis de la evaluación económica .....	42
CAPÍTULO 4.....		43
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
Bibliografía.....		45
Anexos.....		46

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CAPEX	Capital Expenditure
BAS	Bryan A Stirrat & Associates
CAT	Caterpillar
VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa interna de retorno
IR	Índice de rentabilidad

## SIMBOLOGÍA

\$	Dólares americanos.
\$/t	Dólares por tonelada.
\$/gal	Dólares por galones.
\$/mes	Dólares por mes.
A	Amperios.
gal	Galones.
gal/h	Galones por hora.
gal/mes	Galones por mes.
gal/t	Galones por tonelada
h	Horas.
km	Kilómetros.
km/h	Kilometro por hora.
kw	Kilovatio
l	Litros.
m	Metros.
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos.
s	Segundos.
t	Toneladas.
t/h	Toneladas por hora.
t/mes	Toneladas por mes.
v	Voltios.
%	Porcentaje.
°	Grados.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de ubicación de la Cantera " Calizas Huayco" .....	4
Figura 1.2 Camión minero CAT 775 .....	6
Figura 1.3 Camión minero BAS de 55 toneladas .....	7
Figura 1.4 Depreciación lineal. Fuente: Ramírez (2017) .....	9
Figura 2.1 Metodología usada en el desarrollo de la investigación.....	13
Figura 2.2 Camión minero CAT 775 D.....	16
Figura 2.3 Camión minero Volvo BAS 10X4 .....	18
Figura 2.4 Mapa de ruta fija para etapa de acarreo .....	20

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones del peso del CAT 775 D. ....	14
Tabla 2.2 Especificaciones del motor del CAT 775 D. ....	15
Tabla 2.3 Especificaciones de operación del CAT 775 D. ....	15
Tabla 2.4 Especificaciones de transmisión del CAT 775 D. ....	15
Tabla 2.5 Especificaciones de capacidades del CAT 775 D. ....	15
Tabla 2.6 Especificaciones de las dimensiones del CAT 775 D. ....	16
Tabla 2.7 Dimensiones representadas por orden numérico. ....	17
Tabla 2.8 Especificaciones del peso del Volvo BAS 10X4. ....	17
Tabla 2.9 Especificaciones del motor del Volvo BAS 10X4. ....	18
Tabla 2.10 Especificaciones de operación del Volvo BAS 10X4. ....	18
Tabla 2.11 Especificaciones de transmisión del Volvo BAS 10X4. ....	19
Tabla 2.12 Especificaciones de capacidades del Volvo BAS 10X4. ....	19
Tabla 2.13 Especificaciones de las dimensiones del Volvo BAS 10X4. ....	19
Tabla 3.1 Comparación de las dimensiones del DUMPER VS BAS. ....	22
Tabla 3.2 Comparación de las características físico-técnicas del DUMPER VS BAS. ....	23
Tabla 3.3 Comparación de la distribución de los pesos del DUMPER VS BAS. ....	23
Tabla 3.4 Promedio Galones/Hora del Dumper CAT Rígido durante 12 meses. ....	25
Tabla 3.5 Promedio Galones/Hora del Volvo BAS durante 12 meses. ....	25
Tabla 3.6 Comparación del promedio Galones/Hora del CAT DUMPER/ Volvo BAS durante 12 meses. ....	25
Tabla 3.7 Promedio Galones/Tonelada del Dumper CAT Rígido durante 12 meses. ....	26
Tabla 3.8 Promedio Galones/Tonelada del Volvo BAS durante 12 meses. ....	26
Tabla 3.9 Comparación del promedio Galones/Tonelada del CAT DUMPER/ Volvo BAS durante 12 meses. ....	26
Tabla 3.10 Precio de los consumibles para el Dumper CAT Rígido. ....	27
Tabla 3.11 Precio de los consumibles para el Volvo BAS. ....	27

Tabla 3.12 Datos para el cálculo de los costos de ciclo de vida del Dumper CAT rígido .....	28
Tabla 3.13 Datos para el cálculo de los costos de ciclo de vida del Volvo BAS .....	28
Tabla 3.14 Costos de posesión de los camiones Dumper Rígido y BAS.....	28
Tabla 3.15 Costo de adquisición del camión Dumper Rígido .....	29
Tabla 3.16 Costo de adquisición del camión BAS .....	29
Tabla 3.17 Costo de depreciación del camión Dumper Rígido .....	30
Tabla 3.18 Costo de depreciación del camión BAS .....	30
Tabla 3.19 Costo de seguro del camión Dumper Rígido .....	31
Tabla 3.20 Costo de seguro del camión BAS .....	31
Tabla 3.21 Costo de mantenimiento y reparación del camión Dumper Rígido .....	31
Tabla 3.22 Costo de mantenimiento y reparación del camión BAS .....	32
Tabla 3.23 Costos de operación de los camiones Dumper Rígido y BAS .....	32
Tabla 3.24 Costo de combustible del camión Dumper Rígido .....	33
Tabla 3.25 Costo de combustible del camión BAS .....	33
Tabla 3.26 Costo de cambio de neumáticos del camión Dumper Rígido.....	33
Tabla 3.27 Costo de cambio de neumáticos del camión BAS .....	34
Tabla 3.28 Costo de cambio de aceite del camión Dumper Rígido .....	34
Tabla 3.29 Costo de cambio de aceite del camión BAS .....	34
Tabla 3.30 Costo de cambio de refrigerante del camión Dumper Rígido.....	35
Tabla 3.31 Costo de cambio de refrigerante del camión BAS .....	35
Tabla 3.32 Costos de transporte ( $\$/t$ ) de material de ambos camiones mineros .....	36
Tabla 3.33 Datos para la evaluación económico del camión minero CAT y BAS. ....	37
Tabla 3.34 Evaluación económica del camión Dumper CAT Rígido.....	38

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Datos del consumo de galones de diésel de los camiones mineros Dumper Rígidos.....	46
Anexo 2 Datos de las horas reales de los camiones mineros Dumper Rígidos .....	46
Anexo 3 Datos de las horas reales de los camiones mineros Dumper Rígidos .....	47
Anexo 4 Datos de las toneladas transportadas de los camiones mineros Dumper Rígidos.....	47
Anexo 5 Datos del consumo de galones de diésel de los camiones mineros BAS....	48
Anexo 6 Datos de las horas reales de los camiones mineros BAS.....	48
Anexo 7 Datos de las toneladas transportadas de los camiones mineros BAS .....	49
Anexo 8 Retroexcavadora DOOSAN SOLAR 500 .....	50

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La minería a cielo abierto, también conocida como tajo abierto o cantera, se enfoca en la extracción de minerales y materiales de construcción y se desarrolla en la superficie. El material explotado es transportado por camiones mineros hacia los distintos puntos de trabajo, siendo esta etapa fundamental en la cadena de producción. La adecuada elección de camiones desempeña un rol importante dentro de los proyectos mineros, a tal punto que, cualquier deficiencia o falla de éstos puede ocasionar retrasos o afectar variables claves del proyecto, como la producción y los costos. “En minería a cielo abierto, los costos asociados al transporte corresponden aproximadamente a un 45% del costo de operación de mina en un sistema convencional pala-camión y entre un 40% - 50% del CAPEX” (Parra, 2015).

En la actualidad, los camiones mineros poseen diversas características, y configuraciones tecnológicas como variables geométricas (físicas), técnicas y económicas, por lo que existe una gran gama de modelos para su selección según las necesidades u objetivos de las empresas. La selección óptima de los equipos de transporte en las empresas mineras tiene como principal objetivo el aumento de la producción y la reducción de los costos por tonelada transportada.

El análisis y estudio de este proyecto fue realizado con la información de la empresa LOGIMIN S.A, cuya base se encuentra ubicada en el sector San Eduardo, Guayaquil – Guayas. Actualmente, la empresa LOGIMIN S.A desarrolla actividades mineras en canteras que son propiedad de sus clientes, y para la etapa de acarreo ha venido usando Dumper rígidos, lo que representa altos costos operacionales, presentando diversas dificultades con respecto a la rentabilidad.

Este proyecto se basa en el análisis económico y ambiental de equipos de transporte, enfocado en los gastos de operación traducido a \$/ton, tomando en cuenta los costes de adquisición, seguros, depreciación, costos de operación, costos de mantenimiento y productividad que justifiquen el cambio de unidades en las operaciones mineras de LOGIMIN S.A.

La finalidad de este proyecto es que sirva como guía para empresas enfocadas o dedicadas a la minera a cielo abierto, permitiendo mejorar su gestión económica en los equipos de transporte mineros y en la toma de decisiones con base en información técnica y real.

### **1.1 Descripción del problema**

La empresa LOGIMIN S.A ha venido usando Dumpers rígidos CAT 775 D para la etapa de acarreo, con carga útil estimada de 55 toneladas, presentando altos costos de operaciones y por tonelada transportada. Al realizar el mismo ciclo de acarreo con un camión BAS de 55 toneladas se evidenció, menores costos operacionales y por tonelada transportada, generando menos contaminación ambiental debido a la disminución de consumo de combustible. Por tal razón, en este proyecto se busca el análisis económico y ambiental de estas maquinarias y un sustento técnico y real para la migración hacia la utilización de camiones mineros multiejes BAS de 55 toneladas en las operaciones de superficie, con la finalidad de obtener una reducción en los gastos de operación traducido a \$/ton. Además, se busca que la flota de transporte seleccionada se adapte a las exigencias ambientales.

### **1.2 Justificación del problema**

Alarie & Gamache (2002), en su trabajo de investigación “Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines” menciona que, para la mayoría de las minas de superficie la etapa de carguío y acarreo representa hasta el 60% de su costo operativo total. Por lo que, para obtener un rendimiento óptimo en los costos operacionales en la etapa de acarreo es importante contar con equipos de altas características tecnológicas, técnicas, económicas y ambientales para obtener una explotación minera eficiente y rentable. Esto se logra mediante el estudio continuo de las maquinarias disponibles en el mercado junto con el análisis económico y ambiental entre los camiones mineros de interés, permitiendo cuantificar los costos y reducir el impacto ambiental.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar los costos de operación entre un Dumper rígido CAT 775 D vs un camión Volvo BAS de 55 toneladas para la evaluación de la factibilidad técnica, económica y ambiental, de cara a la migración de la flota de transporte actual a camiones mineros multiejes.

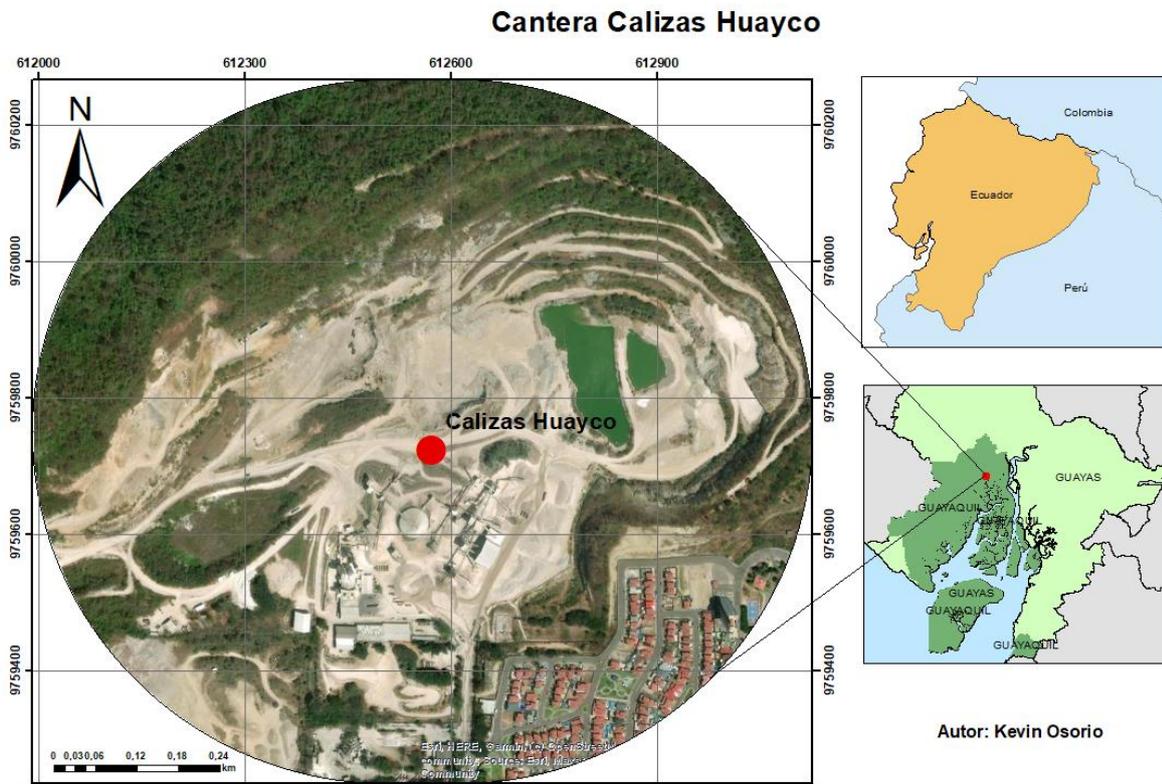
### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar los costos operacionales de un Dumper rígido CAT 775 D vs un Camión Volvo BAS de 55 toneladas.
- Disminuir los costos por tonelada transportada mediante la selección del tipo de camión cuyo costo de operación sean menores y se adapten mejor a las exigencias ambientales.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Ubicación geográfica**

La empresa LOGIMIN S.A, dedicada a la minera de superficie y cantera con frente de trabajo “Calizas Huayco”, se encuentra ubicado en la provincia de Guayas, ciudad de Guayaquil, parroquia Chongón, en el sector Cerro Azul, vía la costa km. 12 (Figura 1.1).



**Figura 1.1 Mapa de ubicación de la Cantera " Calizas Huayco".**

### **1.4.2 Marco geológico**

La cantera Calizas Huayco se encuentra en una cadena montañosa con estructura geológica donde denomina el ambiente sedimentario, siendo de gran interés los yacimientos minerales que conforma la cantera. La cantera está ubicada entre las formaciones geológicas San Eduardo y Guayaquil. La formación San Eduardo consiste en estratificaciones de tipo calcilutitas, calcarenitas, margas y calizas intraclásticas. La formación Guayaquil se encuentra constituida por lutitas silíceas (Coello, 2012).

### **1.4.3 Descripción de los equipos de transporte**

#### **1.4.3.1 Camiones CAT Dumper Rígidos y Volvo BAS Articulado**

Las actividades de transporte de material de interés y estéril es algo esencial en la industria minera. Para ello, se emplean camiones de volquete o también denominados de volteo que pueden encontrarse en al menos dos configuraciones de marco rígido y articulado.

Las tecnologías empleadas en los camiones CAT Dumper vs Volvo BAS en Latinoamérica son muy similares. El camión minero CAT Rígido y Volvo BAS utilizan sistemas de monitoreo remoto, de carga útil, sistemas telemáticos y de todas sus características física-técnicas. Los avances tecnológicos que se han incorporado en estas flotas de camiones tienen el objetivo de reducir los costos operativos y costos por tonelada transportada, además de mejorar la seguridad del operador y reducir la mala toma de decisiones en el trabajo. La principal diferencia entre un camión rígido y un camión articulado se encuentra en el chasis. En el camión rígido la cabina de operación y el volquete están unidos en una misma estructura, mientras que en el volquete articulado la cabina se encuentra separada (*Camiones Rígidos y Articulado - Construcción LatinoAmericana, 2020*).

La selección entre un equipo y otro va relacionado con el objetivo y aplicación que le quiere dar la empresa a estas maquinarias. A continuación, se hablará del camión rígido CAT 775 D y del camión BAS 55 toneladas.

#### **1.4.3.2 Camión CAT 775 D**

El camión minero rígido CAT 775 D (Ver Figura 1.2) es un vehículo de transporte de mineral y estéril que posee motor a diésel 3412ETA, cuyo peso bruto del camión es de 106.6 t y sus dimensiones son de 9.7m de longitud y 4.41m de altura, con capacidad de carga máxima útil (100%) de 64.6 t, además su velocidad máxima con carga es de 65.8 km/h, permitiendo únicamente su circulación dentro de la cantera (*Ficha Técnica de Caterpillar 775D. Volquete De Cantera., 2022*)

El camión minero rígido CAT 775 D es un vehículo pesado de tracción trasera que requiere de rutas de acarreo compactadas, bien mantenidas y con buen drenaje, rindiendo de manera óptima cuando las pendientes son menores a 15% y permitiendo el transporte de gran volumen de carga, a mayor velocidad en distancias largas no mayores a 3.500 m, equivalente a ciclos más cortos de acarreo y por consiguiente menor costo de posesión (*Camiones Rígidos y Articulados - Construcción Latinoamericana, 2020*).



**Figura 1.2 Camión minero CAT 775**

#### **1.4.3.3 Camión Volvo BAS 55 toneladas**

El camión articulado BAS 10X4 (Ver Figura 1.3) es un vehículo de transporte de mineral y estéril que posee motor a diésel Volvo D13, cuyo peso es de 78 t con capacidad de carga máxima útil (100%) de 56 t, además su velocidad máxima con carga es de 50 km/h, permitiendo que puedan operar en una pendiente de hasta 15% (BAS, 2022).

El camión BAS 55 toneladas es mejor opción para terrenos húmedos, blando, arenoso e irregulares. El camión BAS 55 toneladas posee ejes con gran separación, permitiendo tener neumáticos más grandes y anchos, distribuyendo su carga uniformemente en las llantas, haciendo que tenga una baja presión sobre el suelo, por lo cual no requiere caminos bien compactados ni regulares,

aportando más estabilidad durante la conducción y la descarga del material. Además, se desempeña de manera óptima en terrenos estrechos donde existe limitaciones en el radio de giro (*Camiones Rígidos y Articulados - Construcción Latinoamericana*, 2020).



**Figura 1.3 Camión minero BAS de 55 toneladas**

#### **1.4.4 Fundamentos teóricos**

##### **1.4.4.1 Ciclo de acarreo**

El ciclo de acarreo de un camión minero es el tiempo que se toma desde que el camión inicia su movimiento hacia la cargadora para ser llenado, hasta que el camión regresa del destino de donde se dejó el material, estando listo para iniciar otro ciclo. Dentro del ciclo de acarreo existen diferentes fases la cual determinarán su tiempo completo, que son:

- Carguío
- Acarreo
- Descarga
- Retorno
- Demoras/Esperas para carguío

### **1.4.5 Rendimiento de los equipos o camiones**

El rendimiento de los equipos es la capacidad productiva por unidad de tiempo. En los camiones mineros se relaciona al volumen de trabajo realizado en la unidad minera al transportar el mineral. Para los equipos de transporte existen variables o factores que afectan a la producción, es por eso por lo que, es importante conocer las características, capacidades de la maquinaria y lugar donde funcionará para una adecuada planeación de trabajo (Pazzuelo, 2017).

#### **1.4.5.1 Costos de propiedad del equipo**

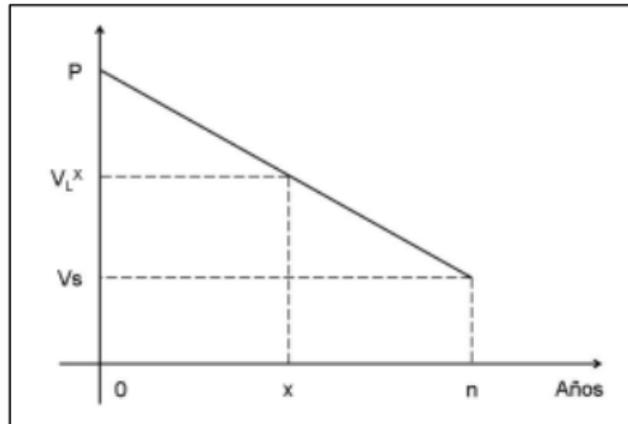
Los costos de propiedad del equipo se encuentran conformado por dos componentes: los costos de posesión considerados “costos fijos” y costos de operación la cual se consideran “costos variables”.

#### **1.4.5.2 Costos de posesión**

Los costos de posesión son considerados “costos fijos” en los que se incurre en gastos anual, sin importar si los camiones mineros están en funcionamiento o inactivo. (Gransberg & O' Connor, 2015).

##### **1.4.5.2.1 Depreciación**

La depreciación de un equipo se representa mediante la disminución en el valor de mercado debido a distintos factores como, la vida útil, el desgaste, deterioro, etc. El equipo con el uso y con el pasar de los años pierde valor, como consecuencia existirá una disminución al valor original de la maquinaria. Existe el método de línea recta, la cual se puede apreciar la depreciación de un equipo con respecto a los años (Ramírez, 2007). En la Figura 1.4 se puede apreciar la gráfica del precio en función a los años, es decir la disminución del precio con respecto a los años será de forma continua o lineal debido a los factores antes mencionado.



**Figura 1.4 Depreciación lineal. Fuente: Ramírez (2017)**

La depreciación de una maquinaria se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$D = \frac{P - Vs}{n} \quad (1.1)$$

Donde:

D = Depreciación

P = Valor de adquisición

Vs = Valor de salvamento

n = Vida en años

#### **1.4.5.2.2 Valor de adquisición**

El valor de adquisición de un equipo está relacionado por su precio de compra, la cual dependerá si la adquisición es nacional o extranjera, teniendo en cuenta que la adquisición extranjera tendrá costos mayores por motivos de transporte, impuestos, instalación, costos de montaje, etc, lo cual aumentará el precio de compra en el mercado (Belizario, 2017).

#### **1.4.5.2.3 Vida útil**

(Belizario, 2017), menciona que la vida útil de un equipo es el tiempo de duración en correcto funcionamiento con respecto a los años, es decir durante el tiempo que cualquier equipo o maquinaria en actividad ayude en la generación de

ingresos en la empresa, antes que esta sufra mucho desgaste y deje de ser apto para la rentabilidad de la empresa.

#### **1.4.5.2.4 Seguros**

Los costos de seguros son los gastos de compensación para los camiones mineros en caso de posibles riesgos que pueda ocurrir en el lugar del trabajo, además que varían de acuerdo con el tipo o modelo del camión. El costo del seguro lo coloca una compañía de seguros, la cual se encarga con sus propios recursos de los gastos a los posibles riesgos que pueda tener el equipo.

#### **1.4.5.3 Costos de operación**

Los costos de operación son los gastos necesarios que requiere la maquinaria por la operación y mantenimiento de este. Estos gastos de operación son considerados como costos variables, porque dependen de varios factores, tales como, tipo de maquinaria utilizada, número de horas de operación y condiciones de operación (Gransberg & O' Connor, 2015).

Los factores que conforman los costos de operación son los siguientes:

- Mantenimiento y reparación.
- Combustibles.
- Llantas y neumáticos.
- Lubricantes, grasas y filtros.
- Operador del equipo.

##### **1.4.5.3.1 Costo de mantenimiento y reparación**

El costo de mantenimiento y reparación la mayoría de las veces son los gastos con mayor porcentaje en los costos de operación para equipos de minería y construcción. Los equipos de minería son sometidos a trabajos fuertes provocando el desgaste considerable y rasgaduras, pero el desgaste de las maquinarias varia enormemente entre diferentes condiciones de trabajo. Los costos de mantenimiento y reparación aumentan a medida que la maquinaria envejece, es por ello por lo que, se debe llevar un buen mantenimiento preventivo

para prolongar la vida útil del equipo y reducir los costos operativos, minimizando los efectos de las condiciones adversas (Gransberg & O' Connor, 2015).

#### **1.4.5.3.2 Costo de combustibles**

El costo de combustible varía en relación con las condiciones del terreno donde funcionara el equipo y potencia del motor. La forma exacta para conocer la cantidad de consumo de combustible es mediante el método de observación y tomas de datos directamente de la obra, además de recurrir a los manuales técnicos de cada fabricante de los equipos (Belizario, 2017).

#### **1.4.5.3.3 Costo de llantas y neumáticos**

El costo del neumático se encuentra asociado al costo de reparación y el remplazo del neumático; los factores que determinan la vida útil del neumático dependen de variables como la presión de inflado, estado de la carretera o vía, posición de la llanta en el equipo, carga a transportar, mantenimiento, etc (Belizario, 2017).

La vida útil de los neumáticos es menor que la vida útil de la maquinaria en la que se usa los neumáticos debido al gran desgaste que sufre al momento del trabajo, siendo la tasa de depreciación de los neumáticos diferente a la del resto del vehículo. La información para estimar la vida útil de los neumáticos son los datos históricos obtenidos bajo condiciones operativas similares o de las fichas técnicas de los fabricantes (Gransberg & O' Connor, 2015).

Existe la posibilidad de reducir el costo/hora de los neumáticos en las maquinarias usadas en las operaciones mineras a cielo abierto, mediante el uso de reencauche de los neumáticos. El reencauche es el proceso que implica el cambio de la banda de rodamiento actual del neumático por una nueva para prologar su vida útil. Los beneficios del reencauche se encuentran asociados al aprovechamiento total de las llantas, reducción de los costos asociados a la maquinaria y reducción de residuos sólidos generados al medio ambiente.

El reencauche únicamente puede ser considerado aplicarse al camión articulado BAS de 55 toneladas debido a que su liviano peso permite usar neumáticos anchos, provocando una baja presión sobre el suelo.

#### **1.4.5.3.4 Costo de operador de equipo**

El costo del operador es independiente de la cantidad de hora que se encuentra en funcionamiento o rendimiento del equipo. Los salarios de los operadores generalmente se agregan como un elemento separado después de que se han considerado otros costos operativos, es por ello por lo que para la estimación del costo del operador se considera el sueldo fijo según las regulaciones de la empresa, además de tener en cuenta que se puede incluir horas extras, compensación, bonos, entre otros (Gransberg & O' Connor, 2015).

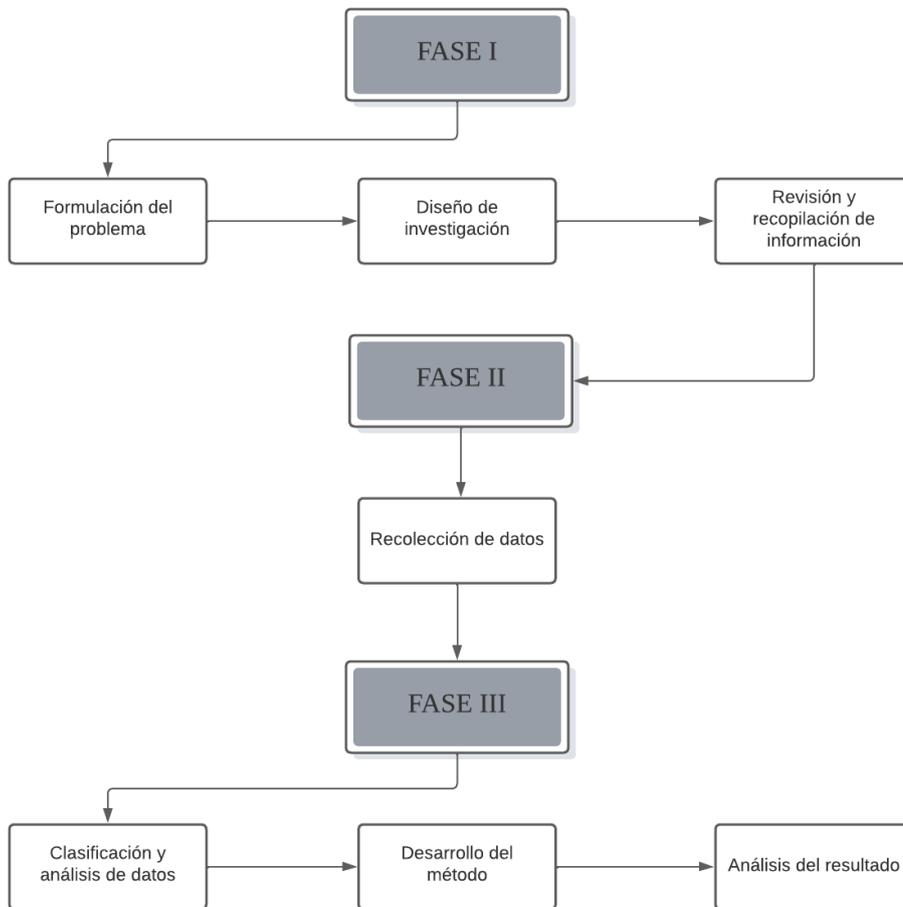
#### **1.4.6 Costos de transporte de minerales**

El costo de transporte del mineral se considera como el valor que cuesta mover cada tonelada hacia los puntos de trabajo o interés y se encuentra asociado a las horas de trabajo diario, tiempo de ciclo (m) y rendimiento (ton/h) del equipo.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

El análisis técnico, económico y ambiental de los equipos de transporte minero se desarrolló en 3 fases, como se muestra a continuación en la Figura 2.1.



**Figura 2.1 Metodología usada en el desarrollo de la investigación.**

A continuación, se describe cada una de las fases desarrolladas que permitieron lograr los objetivos planteados en el proyecto.

### 2.1 FASE I

Las actividades de la fase I se iniciaron definiendo la problemática que conlleva la realización de este proyecto, así como la delimitación de la investigación para la obtención de mejores resultados, que en este caso se enfoca en los camiones mineros

de tipo CAT 775 D y Volvo BAS 10x4 de 55 toneladas. Así mismo, el tipo de diseño de investigación que se realizó en este proyecto es descriptiva-cuantitativa, no experimental y transversal, debido a que se requiere la recolección de información y datos para la realización de un análisis económico y ambiental de equipos de transporte minero; además se considera una investigación transversal por que los datos se obtuvieron en un tiempo límite. Así mismo, el diseño que se ajusta a esta investigación es no experimental, debido a que este proyecto se realizó sin la manipulación libremente de las variables de las maquinarias. Finalmente, se hizo la revisión de proyectos relacionados como: artículos, documentos, revistas, libros, entre otros, con la finalidad de recopilar información necesaria sobre las características del área de estudio, maquinarias de interés, variables y factores de las maquinarias para el desarrollo de la fase II y III.

A continuación, se indicará las especificaciones en común que poseen la maquinaria CAT 775 D y Volvo BAS 10x4 de 55 toneladas, la cual se obtuvo en los catálogos respectivos de cada camión para su respectivo análisis, entre ellas están: peso, operación, capacidades, transmisión y dimensiones, entre otras.

Las especificaciones del Dumper rígido CAT 775 D se muestran en las Tablas 2.1 - 2.6:

**Tabla 2.1 Especificaciones del peso del CAT 775 D.**

Peso sin carga	43.23 t
Peso bruto	106.6 t
Distribución del peso frontal sin carga	47.3%
Distribución del peso trasero sin carga	52.7%
Distribución del peso frontal con carga	33.3 %
Distribución del peso trasero con carga	66.7 %

**Nota.** Fuente: Maquqam

**Tabla 2.2 Especificaciones del motor del CAT 775 D.**

Fabricante	Caterpillar
Modelo	3412 ETA
Potencia Total	540.6 Kw
Potencia Efectiva	516.8 Kw
Cilindrada	27 l
Número de cilindros	12

**Nota.** Fuente: Maquqam

**Tabla 2.3 Especificaciones de operación del CAT 775 D.**

Carga útil nominal	64,6 t
Capacidad de carga al ras del borde	31.4 m <sup>3</sup>
Capacidad de carga colmado	41.5 m <sup>3</sup>
Ángulo de descarga	60°
Tiempo de elevación	9.5 s
Tiempo de bajada	12.5 s

**Nota.** Fuente: Maquqam

**Tabla 2.4 Especificaciones de transmisión del CAT 775 D.**

Número de marchas adelante	7
Número de marchas atrás	1
Velocidad máxima	65 km/h
Tipo de transmisión	Cambio de fuerza de velocidades

**Nota.** Fuente: Maquqam

**Tabla 2.5 Especificaciones de capacidades del CAT 775 D.**

Tensión de funcionamiento	24 V
Amperaje del generador	50 A
Tamaño del neumático	24.00–R35
Volumen de combustible	700 l

Volumen de fluido del sistema refrigerante	151 l
Volumen de aceite del motor	68 l
Volumen del fluido de la transmisión diferencial y final	155 l
Volumen del fluido del sistema de dirección	60 l
Volumen del fluido de frenos/elevador	307 l

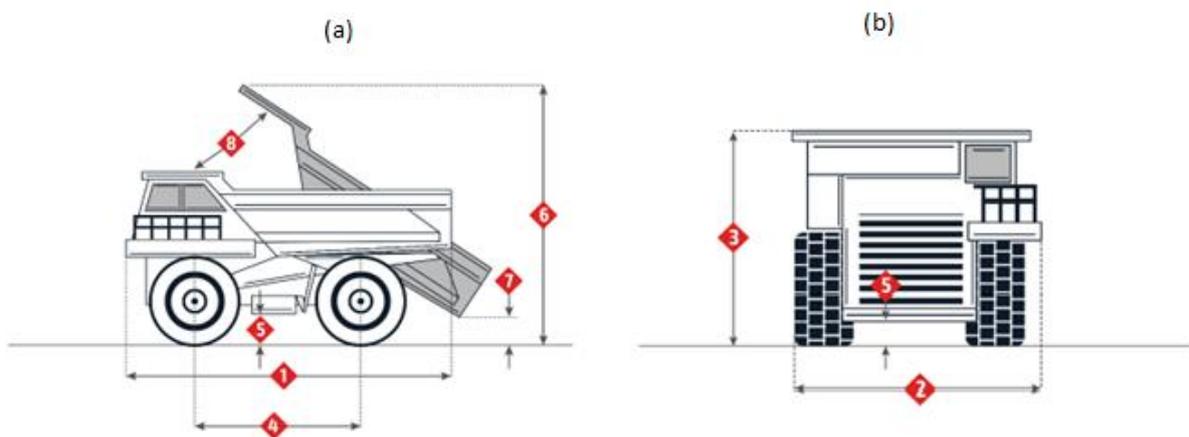
**Nota.** Fuente: Maquqam

**Tabla 2.6 Especificaciones de las dimensiones del CAT 775 D.**

Longitud total	9.7 m
Anchura total	3.97 m
Altura de gábilo	4.41 m
Eje de ruedas	4.19 m
Despeje sobre el suelo	0.66 m
Altura de descarga	8.80 m
Despeje sobre el suelo de descargas	0.66 m

**Nota.** Fuente: Maquqam

A continuación, se representará las dimensiones del Dumper rígido CAT 775 D (Ver Tabla 2.7 y Figura 2.2)



**Figura 2.2 Camión minero CAT 775 D**

**Tabla 2.7 Dimensiones representadas por orden numérico.**

<b><i>Dimensiones CAT 775 D</i></b>		
<b>1.</b>	Longitud total	9.7 m
<b>2.</b>	Anchura total	3.97 m
<b>3.</b>	Altura de gábilo	4.41 m
<b>4.</b>	Eje de ruedas	4.19 m
<b>5.</b>	Despeje sobre el suelo	0.66 m
<b>6.</b>	Altura de descarga	8.80 m
<b>7.</b>	Despeje sobre el suelo de descargas	0.66 m
<b>8</b>	Ángulo de descarga	60°

**Nota.** Fuente: Maquqam

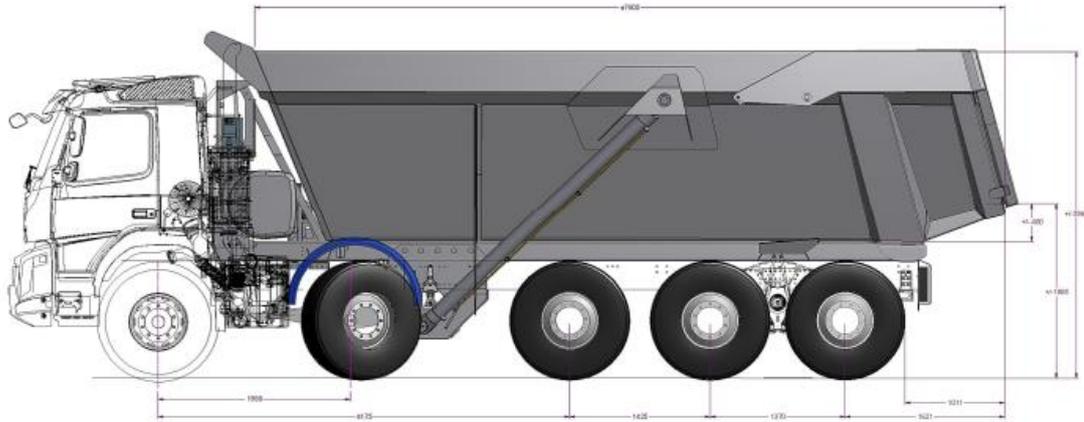
Las especificaciones del Camión articulado Volvo BAS 10x4 de 55 toneladas se muestran en Tablas 2.8 - 2.13.

**Tabla 2.8 Especificaciones del peso del Volvo BAS 10X4.**

Peso sin carga	22 t
Peso bruto	78 t
Distribución del peso frontal sin carga	8 t
Distribución del peso trasero sin carga	14 t
Distribución del peso frontal con carga	26 t
Distribución del peso trasero con carga	52 t

**Nota.** Fuente:

A continuación, se representará las dimensiones del Volvo BAS 10x4 (Ver Tabla 2.13 y Figura 2.3).



**Figura 2.3 Camión minero Volvo BAS 10X4**

**Tabla 2.9 Especificaciones del motor del Volvo BAS 10X4.**

Fabricante	Volvo
Modelo	D13A
Potencia Total	540 Kw
Potencia Efectiva	520 Kw
Cilindrada	13 l
Número de cilindros	6

**Nota.** Fuente: Maquqam

**Tabla 2.10 Especificaciones de operación del Volvo BAS 10X4.**

Carga útil nominal	50 – 55 t
Capacidad de carga al ras del borde	48 t
Capacidad de carga colmado	55 t
Ángulo de descarga	56
Tiempo de elevación	26 s
Tiempo de bajada	14 s

**Nota.** Fuente: Maquqam

**Tabla 2.11 Especificaciones de transmisión del Volvo BAS 10X4.**

Número de marchas adelante	16
Número de marchas atrás	2
Velocidad máxima	50 km
Tipo de transmisión	PT2602

**Nota.** Fuente: Maquqam

**Tabla 2.12 Especificaciones de capacidades del Volvo BAS 10X4.**

Tensión de funcionamiento	24 v
Amperaje del generador	95 A
Tamaño del neumático	12R24/375/90R22.5
Volumen de combustible	97 gal
Volumen de fluido del sistema refrigerante	8 gal
Volumen de aceite del motor	10 gal
Volumen del fluido de la transmisión diferencial y final	8 gal
Volumen del fluido del sistema de dirección	3 gal
Volumen del fluido de frenos/elevador	Aire

**Nota.** Fuente: Maquqam

**Tabla 2.13 Especificaciones de las dimensiones del Volvo BAS 10X4.**

Longitud total	9.80 m
Anchura total	3.17 m
Altura de gábilo	3.80 m
Eje de ruedas	5 m
Despeje sobre el suelo	0.6 m
Altura de descarga	1.60 m
Despeje sobre el suelo de descargas	1.30 m

**Nota.** Fuente: Maquqam

## 2.2 FASE II

La fase II se tuvo como actividad la recolección de datos de las características o especificaciones a analizar del camión rígido CAT 775 D y Volvo BAS de 55 toneladas en la cantera Calizas Huayco. Para la recolección de datos, se realizó la simulación de una ruta fija para la etapa de acarreo durante un mes con tonelada específica, la cual tendrán los dos camiones mineros, con la finalidad de tener mayor confiabilidad en los datos recolectados. La ruta fija empieza en el punto A con coordenadas UTM WGS184 17S en X: 612467,315 y Y: 9759656,985; con elevación de 41 msnm hasta el punto B con coordenadas UTM WGS184 17S en X: 612408,974 y Y: 9759851,851; con elevación de 80 msnm, con una distancia aproximada de 510 m entre los dos puntos. Es importante recalcar que la etapa de acarreo va en relación con la etapa de carguío, es por ello, que, para la toma de datos en la etapa de acarreo, se ha manejado un solo tipo de retroexcavadora modelo DOOSAN SOLAR 500 con cucharón de capacidad 3.6m<sup>3</sup> (Ver Anexo 8) para el llenado de los camiones en la etapa de carguío.



Fuente: Google Earth

**Figura 2.4 Mapa de ruta fija para etapa de acarreo**

Los datos obtenidos fueron proporcionados por la empresa LOGIMIN S.A en data de los costos de aproximadamente 12 meses de trabajo de cada camión minero. Los datos obtenidos o recolectados fueron los costos de propiedad del equipo, consumo de galones de combustible, toneladas transportadas y horas reales de funcionamiento de cada uno de los camiones, en función a la ruta fija de simulación para la etapa de acarreo (Ver Figura 2.4).

### **2.3 FASE III**

La fase III tuvo como actividades la clasificación y análisis de datos, desarrollo del método comparativo y análisis de resultado. La clasificación y análisis de los datos se la realizo a los datos obtenidos en la cantera “Caliza Huayco”, mediante el uso del software Microsoft Excel donde se ingresó los datos obtenidos para las debidas distribuciones en los campos correspondientes, además se promedió los costos debido a que se obtuvo información de los 12 meses de operación de las maquinarias y finalmente se facilitó el cálculo de variables faltantes mediante fórmulas establecidas para la obtención del costo \$/tonelada de las maquinarias, para el desarrollo del método comparativo. El método comparativo se aplicó a las especificaciones en comunes que presentan los camiones mineros, y a los costos que se obtuvo en la simulación de la ruta fija para el acarreo durante un mes. En análisis del resultado, se examinó los resultados obtenidos para su respectivo análisis técnico, económico y ambiental.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADO Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos para el cumplimiento del objetivo principal de este proyecto.

### 3.1 Dimensión y Características técnicas de los equipos

En los objetivos principales de la empresa Logimin S.A, se encuentra la migración de flota actual CAT de Dumper rígidos hacia camiones mineros Volvo BAS multiejes, por lo que se muestran los resultados obtenidos de la comparación de las principales características de estos equipos, con la finalidad de poder definir el camión minero más óptimo con respecto a las dimensiones y características técnicas requeridas para la operación de la cantera. La Tabla 3.1 muestra el resultado de la comparación de las dimensiones del camión CAT 775 D vs camión Volvo BAS 10x4. La Tabla 3.2 representa la comparación de las características o especificaciones principales de estos dos camiones mineros.

**Tabla 3.1 Comparación de las dimensiones del DUMPER VS BAS**

***Dimensiones CAT DUMPER vs Volvo BAS***

	CAT DUMPER	VOLVO BAS	Diferencia
Longitud total	9,7 m	9,8 m	0,1 m
Anchura total	3,97 m	3,17 m	0,8 m
Altura de gálibo	4,41 m	3,8 m	0,61 m
Eje de ruedas	4,19 m	5 m	0,81 m
Despeje sobre el suelo	0,66 m	1 m	0,34 m
Altura de descarga	8,8 m	7 m	1,8 m
Despeje sobre el suelo de descargas	0,66 m	1,3 m	0,64 m

**Tabla 3.2 Comparación de las características físico-técnicas del DUMPER VS BAS****Características técnicas CAT DUMPER VS Volvo BAS**

	CAT DUMPER	Volvo BAS	DUMPER / BAS
Modelo	CAT 3412 ETA	VOLVO D13A	
Potencia bruta	540,6 KW	540 KW	0,11 %
Peso bruto	106,6 t	78 t	26,83 %
Capacidad de carga útil nominal	64,6 t	55 t	14,86 %
Velocidad máxima	65,8 km/h	50 km/h	24,01 %
Capacidad del tanque de combustible	700 L	367 L	47,57 %
Numero de neumáticos	6	14	

**Tabla 3.3 Comparación de la distribución de los pesos del DUMPER VS BAS****Peso CAT DUMPER VS Volvo BAS**

	CAT DUMPER	Volvo BAS	DUMPER / BAS
Peso sin carga	43,23 t	22 t	49,11 %
Peso bruto	106,6 t	78 t	26,83 %
Distribución del peso frontal sin carga	20,45 t	8 t	60,88 %
Distribución del peso trasero sin carga	22,78 t	14 t	38,54 %
Distribución del peso frontal con carga	35,5 t	26 t	26,76 %
Distribución del peso trasero con carga	71,1 t	52 t	26,86 %

**3.2 Comparación consumo Galones/Hora de los camiones mineros**

Se presenta el resultado de la tabulación del consumo de galones de Diesel y horas reales de las maquinarias además de la comparación del consumo promedio de galones/hora del Dumper CAT rígido y camión Volvo BAS (Ver Tablas 3.4 – 3.6). El promedio y comparación del consumo de galones/hora de las maquinarias se la realizo

a los data de los camiones en el año del 2019 durante los 12 meses (Ver Anexo 1-3 y 5-6).

### **3.3 Comparación Galones/Tonelada de los camiones mineros**

Se presenta el resultado de la tabulación del consumo de galones de Diesel y tonelada transportada de las maquinarias además de la comparación del consumo promedio de galones/tonelada del Dumper CAT rígido y camión Volvo BAS (Ver Tablas 3.7 – 3.9). El promedio y comparación del consumo de galones/tonelada de las maquinarias se la realizo a los data de los camiones en el año del 2019 durante los 12 meses (Ver Anexo 1,4 y 5,7).

**Tabla 3.4 Promedio Galones/Hora del Dumper CAT Rígido durante 12 meses**

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	P. Anual
5,054	5,111	4,604	4,827	5,443	4,807	4,724	4,815	5,053	5,057	5,040	5,022	4,970

**Tabla 3.5 Promedio Galones/Hora del Volvo BAS durante 12 meses**

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	P. Anual
0,471	0,539	0,457	0,698	0,645	0,688	0,790	0,624	0,741	0,866	0,606	0,645	0,645

**Tabla 3.6 Comparación del promedio Galones/Hora del CAT DUMPER/ Volvo BAS durante 12 meses**

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	P. Anual
90,7%	89,5%	90,1%	85,5%	88,1%	85,7%	83,3%	87%	85,3%	82,9%	88%	97,1%	87%

**Tabla 3.7 Promedio Galones/Tonelada del Dumper CAT Rígido durante 12 meses**

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	P. Anual
0,068	0,048	0,027	0,022	0,050	0,042	0,045	0,042	0,043	0,045	0,045	0,043	0,041

**Tabla 3.8 Promedio Galones/Tonelada del Volvo BAS durante 12 meses**

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	P. Anual
0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004	0,003

**Tabla 3.9 Comparación del promedio Galones/Tonelada del CAT DUMPER/ Volvo BAS durante 12 meses**

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	P. Anual
96,8%	94,4%	92,3%	84,7%	94,2%	92,7%	91,4%	93,1%	91,3%	89,2%	92,5%	91,8%	92,2%

### 3.4 Costos del ciclo de vida del camión minero CAT 775 D y Volvo BAS 10X4

En los costos del ciclo de vida de los camiones mineros, se han considerado los costos de posesión, costos de operación y los costos de transporte de mineral, siendo considerados estos, los costos más críticos entre los dos camiones mineros, la cual serán llevados a \$/t, para su correcto análisis comparativo. Para los resultados obtenidos para los costos del ciclo de vida, se trabajaron con datos preliminares de las Tablas 3.10 - 3.13. Los datos de la Tabla 3.10 y 3.11 fueron obtenidos del mercado actual mediante las páginas web de las empresas. Los datos de la Tabla 3.12 y 3.13 fueron obtenidos mediante tabulaciones de la data entregada por la empresa Logimin S.A.

**Tabla 3.10 Precio de los consumibles para el Dumper CAT Rígido**

<i>Datos del mercado</i>	
Precio del combustible	3,2 \$/gal
Precio del neumático	6000 \$/c.u
Precio del aceite	25 \$/gal
Precio del refrigerante	2 \$/gal
Precio del reencauche	150 \$/c.u

**Tabla 3.11 Precio de los consumibles para el Volvo BAS**

<i>Datos del mercado</i>	
Precio del combustible	3,2 \$/gal
Precio del neumático	600 \$/c.u
Precio del aceite	25 \$/gal
Precio del refrigerante	2 \$/gal
Precio del reencauche	150 \$/c.u

**Tabla 3.12 Datos para el cálculo de los costos de ciclo de vida del Dumper CAT rígido**

Consumo de combustible	4,97 gal/h
Horas para cambio de aceite	200 h
Horas para cambio de neumático	3000 h
Numero de neumáticos	6
Material transportado	61,07 t/h
Vida útil	10 años
Horas vida útil	30000 h
Salvamento	10%

**Tabla 3.13 Datos para el cálculo de los costos de ciclo de vida del Volvo BAS**

Consumo de combustible	0,64 gal/h
Horas para cambio de aceite	200 h
Horas para cambio de neumático	3000 h
Numero de neumáticos	14
Material transportado	51,1 t/h
Vida útil	10 años
Horas vida útil	30000 h
Salvamento	10%

### 3.4.1 Costos de posesión

Se presentan los costos de posesión que se consideraron en el análisis de este proyecto que representan los costos fijos expresados en \$/t, las cuales son: costos de adquisición, costos de depreciación, y costos de seguros.

**Tabla 3.14 Costos de posesión de los camiones Dumper Rígido y BAS**

	CAT DUMPER	Volvo BAS	DUMPER/BAS
Costos de adquisición	0,43664 \$/t	0,26092 \$/t	40,24 %
Costos de depreciación	0,03930 \$/t	0,02348 \$/t	40,24 %
Costos de seguro	0,01310 \$/t	0,00783 \$/t	40,24 %
Costo mantenimiento y reparación	0,30565 \$/t	0,18265 \$/t	40,24 %
Total	0,79469 \$/t	0,47488 \$/t	40,24 %

### 3.4.1.1 Costos de adquisición

En los costos de adquisición del camión minero CAT 775 D y Volvo BAS 10x4, se añadieron al precio de venta, los costos que tiene el camión para estar listo para su funcionamiento, la cual son: el ensamblaje del equipo en el país donde se usa, además del costo de los neumáticos de los camiones mineros. Se consideró un plan de contingencia del 4% respecto al costo de adquisición por motivos de variación del precio en el mercado. A continuación, se muestran en la Tabla 3.15 y 3.16 los costos de adquisición de cada uno de los camiones mineros.

**Tabla 3.15 Costo de adquisición del camión Dumper Rígido**

Precio de venta	800.000 \$
Condiciones RTW (Ready to work)	
Ensamblaje de equipo	200.000 \$
Neumático	24.000 \$
<b>Costo total de adquisición</b>	<b>1.024.000 \$</b>
Contingencia (4%)	32.000 \$
<b>Costo total de adquisición (4%)</b>	<b>1.056.000 \$</b>
<b>Costo total de adquisición</b>	<b>0,43664 \$/t</b>

**Tabla 3.16 Costo de adquisición del camión BAS**

Precio de venta	400.000 \$
Condiciones RTW (Ready to work)	
Ensamblaje de equipo	20.000 \$
Neumático	7.200 \$
<b>Costo total de adquisición</b>	<b>427.200 \$</b>
Contingencia (4%)	16.000 \$
<b>Costo total de adquisición (4%)</b>	<b>443.200 \$</b>
<b>Costo total de adquisición</b>	<b>0,26092 \$/t</b>

### 3.4.1.2 Costos de depreciación

Para el cálculo de los costos de depreciación de los camiones mineros, se consideró un valor de salvamento, la cual es el valor estimado que tendrá la maquinaria una vez cumpla su ciclo de vida, Según el Ministerio de Economía y finanzas el valor de salvamento para camiones puede variar entre el 10% al 25% del valor de adquisición, por lo que se consideró un 10% del costo de adquisición como el valor de salvamento para el cálculo de la depreciación de estos camiones mineros.

**Tabla 3.17 Costo de depreciación del camión Dumper Rígido**

Vida útil	10 años
Valor de adquisición	800.000 \$
Valor de salvamento	80.000 \$
Costo total de depreciación	72.000 \$
Tonelada transportada vida útil	1832162,12 t
Costo total de depreciación	0,03930 \$/t

**Tabla 3.18 Costo de depreciación del camión BAS**

Vida útil	10 años
Valor de salvamento	40.000 \$
Valor de adquisición	400.000 \$
Costo total de depreciación	36.000 \$
Tonelada transportada vida útil	1533010 t
Costo total de depreciación	0,02348 \$/t

### 3.4.1.3 Costos de seguros

Se presentan los costos de mantenimiento y reparación de los camiones mineros expresados en \$/t, donde se consideró que el costo de seguros corresponde al 3% del valor de adquisición de cada camión minero.

**Tabla 3.19 Costo de seguro del camión Dumper Rígido**

% de costo de adquisición	3 %
Hora vida útil	30000 h
Material transportado	61,07 t/h
Tonelada transportada vida útil	1832162,12 t
Costo de seguro	24000 \$
<b>Costo total del seguro</b>	<b>0,01309 \$/t</b>

**Tabla 3.20 Costo de seguro del camión BAS**

% de costo de adquisición	3 %
Hora vida útil	30000 h
Material transportado	51,1 t/h
Tonelada transportada vida útil	1533010 t
Costo de seguro	12000 \$
<b>Costo total del seguro</b>	<b>0,00196 \$/t</b>

#### 3.4.1.4 Costos de mantenimiento y reparación

Se presentan los costos de mantenimiento y reparación de los camiones mineros expresados en \$/t, donde se consideró que el costo de mantenimiento y reparación corresponde al 70% del valor de adquisición.

**Tabla 3.21 Costo de mantenimiento y reparación del camión Dumper Rígido**

% de costo de adquisición	70 %
Hora vida útil	30000 h
Tonelada transportada vida útil	1832162,12 t
Costo mantenimiento y reparación	560000 \$
<b>Costo total de mantenimiento y reparación</b>	<b>0,15282 \$/t</b>

**Tabla 3.22 Costo de mantenimiento y reparación del camión BAS**

% de costo de adquisición	70 %
Hora vida útil	30000 h
Tonelada transportada vida útil	1535010 t
Costo mantenimiento y reparación	280000 \$
<b>Costo total de mantenimiento y reparación</b>	<b>0,0456618 \$/t</b>

### 3.4.2 Costos de operación

Se presentan los costos de operación que se consideraron en el análisis de este proyecto que representan los costos consumibles o costos variables expresados en \$/t, las cuales son: costos de combustible, costos de aceite, costos de refrigerante, costos de neumáticos y costos de mantenimiento y reparación.

**Tabla 3.23 Costos de operación de los camiones Dumper Rígido y BAS**

	<b>CAT DUMPER</b>	<b>Volvo BAS</b>	<b>DUMPER/BAS</b>
Combustible	0,26041 \$/t	0,04036 \$/t	84,50 %
Neumáticos	0,19649 \$/t	0,09589 \$/t	51,20 %
Aceite	0,03684 \$/t	0,02446 \$/t	33,40 %
Refrigerante	0,00653 \$/t	0,00157 \$/t	76,03 %
<b>Total</b>	<b>0,50027 \$/t</b>	<b>0,16228 \$/t</b>	<b>67,56 %</b>

#### 3.4.2.1 Costos de combustible

Para el cálculo de los costos de combustible de los camiones mineros, se consideraron los respectivos consumos de galones/hora de cada camión, horas reales de funcionamiento en el mes, los galones de combustible usados en el mes, el costo de combustible para los galones de consumo al mes y las toneladas transportadas al mes de cada camión, para su respectiva expresión de los costos de combustible en \$/t. A continuación, se presentan los costos de combustible de cada camión minero.

**Tabla 3.24 Costo de combustible del camión Dumper Rígido**

Consumo de combustible	4,97 gal/h
Horas reales	102 h/mes
Consumo de galones de combustible	505,57 gal/mes
Costo de combustible	1618,13 \$/mes
Tonelada transportada	6213,85 t/mes
<b>Costo total de combustible</b>	<b>0,26041 \$/t</b>

**Tabla 3.25 Costo de combustible del camión BAS**

Consumo de combustible	0,64 gal/h
Horas reales	80 h/mes
Consumo de galones de combustible	817,42 gal/mes
Costo de combustible	163,48 \$/mes
Tonelada transportada	4050,23 t/mes
<b>Costo total de combustible</b>	<b>0,04036 \$/t</b>

### 3.4.2.2 Costos de cambio de neumáticos

Para el cálculo de los costos de cambio de neumáticos de los camiones mineros, se consideró que estos camiones necesitan cambios de neumáticos cada 3000 h, además del material transportado y el costo de neumáticos de cada maquinaria, para su respectiva expresión de los costos de cambio de neumáticos en \$/t. A continuación, se presentan los costos de cambio de neumáticos de cada camión minero.

**Tabla 3.26 Costo de cambio de neumáticos del camión Dumper Rígido**

Horas para cambio de neumático	3000 h
Numero de neumáticos	6
Intervalo entre reencauches	0 horas
Material transportado	61,07 t/h
Cambio de neumático	183216,21 t
<b>Costo total de cambio de neumáticos</b>	<b>0,19649 \$/t</b>

**Tabla 3.27 Costo de cambio de neumáticos del camión BAS**

Horas para cambio de neumático	3000 h
Numero de neumáticos	14
Intervalo entre reencauches	1000 horas
Costo del cambio de neumáticos (cada 3 reencauches)	1050 \$
Material transportado	51,10 t/h
Cambio de neumático	613204,10 t
<b>Costo total de cambio de neumáticos</b>	<b>0,09589 \$/t</b>

### 3.4.2.3 Costos de cambio de aceite

Para el cálculo de los costos de cambio de aceite de los camiones mineros, se consideró que estos camiones necesitan cambios de aceite cada 200 h, además del material transportado y el costo de aceite por galón, para su respectiva expresión de los costos de cambio de aceite en \$/t. A continuación, se presentan los costos de cambio de aceite de cada camión minero.

**Tabla 3.28 Costo de cambio de aceite del camión Dumper Rígido**

Horas para cambio de aceite	200 h
Volumen de aceite del motor	18 gal
Material transportado	61,07 t/h
Cambio de aceite	12214,41 t
Consumo de aceite	0,001474 gal/t
<b>Costo total de cambio de aceite</b>	<b>0,03684 \$/t</b>

**Tabla 3.29 Costo de cambio de aceite del camión BAS**

Horas para cambio de aceite	200 h
Volumen de aceite del motor	10 gal
Material transportado	51,10 t/h
Cambio de aceite	10220,07 t
Consumo de aceite	0,000978 gal/t
<b>Costo total de cambio de aceite</b>	<b>0,02446 \$/t</b>

#### 3.4.2.4 Costos de cambio de refrigerante

Para el cálculo de los costos de cambio de refrigerante de los camiones mineros, se consideró que estos camiones necesitan cambios de refrigerante cada 200 h, además del material transportado y el costo de refrigerante por galón, para su respectiva expresión de los costos de cambio de refrigerante en \$/t. A continuación, se presentan los costos de cambio de refrigerante de cada camión minero.

**Tabla 3.30 Costo de cambio de refrigerante del camión Dumper Rígido**

Horas para cambio de refrigerante	200 h
Volumen del sistema de refrigerante	39,89 gal
Material transportado	61,07 t/h
Cambio de refrigerante	12214,41 t
Consumo de refrigerante	0,003266 gal/t
<b>Costo total de cambio de refrigerante</b>	<b>0,00653 \$/t</b>

**Tabla 3.31 Costo de cambio de refrigerante del camión BAS**

Horas para cambio de refrigerante	200 h
Volumen del sistema de refrigerante	8 gal
Material transportado	51,10 t/h
Cambio de refrigerante	10220,07 t
Consumo de refrigerante	0,000978 gal/t
<b>Costo total de cambio de refrigerante</b>	<b>0,02446 \$/t</b>

#### 3.4.3 Costos de transporte de material

Se presentan los costos de transporte de material de cada camión minero expresado en \$/t, la cual se han considerado los costos más críticos para el análisis de este proyecto, la cual son: costos de posesión y operación.

**Tabla 3.32 Costos de transporte (\$/t) de material de ambos camiones mineros**

<i>Costos de posesión</i>			
	CAT DUMPER	Volvo BAS	DUMPER/BAS
Costos de adquisición	0,43664 \$/t	0,26092 \$/t	40,24 %
Costos de depreciación	0,03930 \$/t	0,02348 \$/t	40,24 %
Costos de seguro	0,01310 \$/t	0,00783 \$/t	40,24 %
Costo mantenimiento y reparación	0,30565 \$/t	0,18265 \$/t	40,24 %
<b>Total</b>	<b>0,79469 \$/t</b>	<b>0,47488 \$/t</b>	<b>40,24 %</b>
<i>Costos de Operación</i>			
Costos de combustible	0,26041 \$/t	0,04036 \$/t	84,50 %
Costos de neumáticos	0,19649 \$/t	0,09589 \$/t	51,20 %
Costos de aceite	0,03684 \$/t	0,02446 \$/t	33,60 %
Costos de refrigerantes	0,00653 \$/t	0,00157 \$/t	76,03 %
<b>Total</b>	<b>0,50027 \$/t</b>	<b>0,16228 \$/t</b>	<b>67,56 %</b>
<i>Costos tonelada transportada</i>			
<b>Costos de tonelada transportada</b>	<b>1,29496 \$/t</b>	<b>0,63716 \$/t</b>	<b>50,80%</b>

### 3.5 Evaluación económica en la adquisición del camión minero CAT y Volvo BAS.

Para este proyecto se ha realizado la evaluación económica de la adquisición del camión minero CAT y Volvo BAS, con la finalidad de obtener el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Índice de Rentabilidad (IR) para la óptima selección del camión minero cuyo costo de operación sea menor y se obtenga mayor beneficio de los índices calculados en esta evaluación. A continuación, se muestran los resultados obtenidos y las tablas de datos que se han utilizado para el cálculo de la evaluación de cada uno de los camiones mineros.

**Tabla 3.33 Datos para la evaluación económico del camión minero CAT y BAS.**

	<b>DUMPER</b>	<b>BAS</b>	<b>Unidad</b>
Costo de adquisición	800.000	400.000	\$
Costo de operación	0,50027	0,16228	\$/t
Costo de seguros	0,013099	0,00782773	\$/t
Costo de mantenimiento y reparación	0,30565	0,18264	\$/t
Valor salvamento	80.000	40.000	\$
depreciación	72.000	36.000	\$
Precio tonelada movida	1,2	1,2	\$/t
Tasa de inflación seguros	0,5	0,5	%
Tasa de inflación de operación	1	1	%
Tasa de inflación costo de MR	0,5	0,5	%
Tasa inflación operador	0,5	0,5	%
Tasa inflación de tonelada movida	3	3	%

**Tabla 3.34 Evaluación económica del camión Dumper CAT Rígido**

CAMIÓN DUMPER RÍGIDO CAT											
Período Inversión		Evaluación económica									
Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Tonelada movida (t)</b>		149132	153606	158214	162961	167849	172885	178071	183414	188916	194583
<b>Ingresos</b>		\$ 178.958,40	\$ 184.327,15	\$ 189.856,97	\$ 195.552,68	\$ 201.419,26	\$ 207.461,83	\$ 213.685,69	\$ 220.096,26	\$ 226.699,15	\$ 313.500,12
<b>Ventas</b>		\$ 178.958,40	\$ 184.327,15	\$ 189.856,97	\$ 195.552,68	\$ 201.419,26	\$ 207.461,83	\$ 213.685,69	\$ 220.096,26	\$ 226.699,15	\$ 233.500,12
<b>Valor Residual</b>											\$ 80.000,00
<b>Egresos</b>		\$ 199.641,93	\$ 200.653,17	\$ 201.673,20	\$ 202.702,10	\$ 203.739,94	\$ 204.786,82	\$ 205.842,81	\$ 206.908,01	\$ 207.982,49	\$ 209.066,34
Costo de adquisición	\$ 800.000,00										
Costo de seguros		\$ 1.953,52	\$ 1.963,29	\$ 1.973,11	\$ 1.982,97	\$ 1.992,89	\$ 2.002,85	\$ 2.012,86	\$ 2.022,93	\$ 2.033,04	\$ 2.043,21
Costo de operación		\$ 74.606,25	\$ 75.352,31	\$ 76.105,83	\$ 76.866,89	\$ 77.635,56	\$ 78.411,91	\$ 79.196,03	\$ 79.987,99	\$ 80.787,87	\$ 81.595,75
Costo de mantenimiento y reparación		\$ 45.582,17	\$ 45.810,08	\$ 46.039,13	\$ 46.269,32	\$ 46.500,67	\$ 46.733,17	\$ 46.966,84	\$ 47.201,67	\$ 47.437,68	\$ 47.674,87
Depreciación		\$ 72.000,00	\$ 72.000,00	\$ 72.000,00	\$ 72.000,00	\$ 72.000,00	\$ 72.000,00	\$ 72.000,00	\$ 72.000,00	\$ 72.000,00	\$ 72.000,00
Costo del operador		\$ 5.500,00	\$ 5.527,50	\$ 5.555,14	\$ 5.582,91	\$ 5.610,83	\$ 5.638,88	\$ 5.667,08	\$ 5.695,41	\$ 5.723,89	\$ 5.752,51
INVERSIÓN	\$ 800.000,00										
<b>FLUJO NETO</b>	\$ -800.000,00	\$ -20.683,53	\$ -16.326,02	\$ -11.816,24	\$ -7.149,42	\$ -2.320,69	\$ 2.675,01	\$ 7.842,88	\$ 13.188,25	\$ 18.716,66	\$ 104.433,78
<b>VAN</b>	\$ -795.149,64										
<b>TIR</b>	-17,22%										
<b>Tasa de Descuento</b>	12%										
<b>Índice de Rentabilidad</b>	-0,994										

**Tabla 3.35 Evaluación económica del camión Volvo BAS**

CAMIÓN DUMPER RÍGIDO CAT											
Período Inversión		Evaluación económica									
Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Tonelada movida (t)</b>		194411	200244	206251	212438	218812	225376	232137	239101	246274	253663
<b>Ingresos</b>		\$ 233.293,50	\$ 240.292,31	\$ 247.501,07	\$ 254.926,11	\$ 262.573,89	\$ 270.451,11	\$ 278.564,64	\$ 286.921,58	\$ 295.529,23	\$ 344.395,10
<b>Ventas</b>		\$ 233.293,50	\$ 240.292,31	\$ 247.501,07	\$ 254.926,11	\$ 262.573,89	\$ 270.451,11	\$ 278.564,64	\$ 286.921,58	\$ 295.529,23	\$ 304.395,10
<b>Valor Residual</b>											\$ 40.000,00
<b>Egresos</b>		\$ 110.079,70	\$ 110.607,85	\$ 111.140,21	\$ 111.676,83	\$ 112.217,74	\$ 112.762,98	\$ 113.312,58	\$ 113.866,60	\$ 114.425,06	\$ 114.988,00
Costo de adquisición	\$ 400.000,00										
Costo de seguros		\$ 1.521,80	\$ 1.529,41	\$ 1.537,06	\$ 1.544,74	\$ 1.552,46	\$ 1.560,23	\$ 1.568,03	\$ 1.575,87	\$ 1.583,75	\$ 1.591,67
Costo de operación		\$ 31.549,23	\$ 31.864,73	\$ 32.183,37	\$ 32.505,21	\$ 32.830,26	\$ 33.158,56	\$ 33.490,15	\$ 33.825,05	\$ 34.163,30	\$ 34.504,93
Costo de mantenimiento y reparación		\$ 35.508,67	\$ 35.686,21	\$ 35.864,64	\$ 36.043,96	\$ 36.224,18	\$ 36.405,30	\$ 36.587,33	\$ 36.770,27	\$ 36.954,12	\$ 37.138,89
Depreciación		\$ 36.000,00	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00
Costo de operador		\$ 5.500,00	\$ 5.527,50	\$ 5.555,14	\$ 5.582,91	\$ 5.610,83	\$ 5.638,88	\$ 5.667,08	\$ 5.695,41	\$ 5.723,89	\$ 5.752,51
INVERSIÓN	\$ 400.000,00										
<b>FLUJO NETO</b>	\$ -400.000,00	\$ 123.213,80	\$ 129.684,46	\$ 136.360,87	\$ 143.249,28	\$ 150.356,15	\$ 157.688,13	\$ 165.252,05	\$ 173.054,98	\$ 181.104,17	\$ 229.407,10
<b>VAN</b>	\$ 450.514,85										
<b>TIR</b>	33,14%										
<b>Tasa de Descuento</b>	12%										
<b>Índice de Rentabilidad</b>	1,126										

### **3.6 Análisis de las dimensiones y características físico-técnicas**

En la Tabla 3.1 se muestra las dimensiones de ambos camiones, donde se determinó que el camión Dumper Rígido CAT 775 D pose mayor dimensionamiento con respecto al camión Volvo BAS 10X4 en tres principales características de todas las características comparadas, como lo son: la anchura total, altura de gábilo y altura de descarga. La altura de descarga del camión Dumper Rígido es la característica que más destaca debido a que el ángulo de descarga de dicho camión es de 60° a comparación del BAS que es de 56°. En la Tabla 3.2 se compararon las características físico-técnicas, donde se determinó que el peso bruto del Dumper rígido es un 26,83 % mayor del BAS, permitiendo equiparlos con neumáticos anchos, la cual hacen que tengan una baja presión sobre el suelo, siendo más fácil la circulación de estos camiones BAS por caminos no compactados, ni regulares como lo requiere el Dumper rígido. La capacidad de carga del Dumper rígido es un 14,86% mayor que el BAS, ofreciendo la posibilidad de transportar 9,60 t más, esto se debe a que el dimensionamiento del camión minero Dumper rígido es mayor al camión minero Volvo BAS. Se puede apreciar que la velocidad máxima del Dumper rígido es un 24,01% mayor que la del BAS, la cual, al poder movilizarse a una mayor velocidad, aumentara el volumen del levantamiento de polvo provocando mayor contaminación ambiental. La capacidad de almacenamiento de combustible del Dumper rígido es un 47,57% mayor al camión BAS, por ende, permite un mayor consumo y almacenamiento de combustible al camión rígido. Finalmente, el camión Volvo BAS posee 14 neumáticos a comparación de los 6 del Dumper rígido, permitiendo tener una mejor distribución de carga, la cual conlleva que los neumáticos ejerzan baja presión sobre el suelo ayudando al operador mejorar la maniobrabilidad del camión en las curvas y carreteras que se encuentren en mal estado.

### **3.7 Análisis del consumo de combustible en Galones/hora**

En la Tabla 3.4 se muestra el promedio de consumo de combustible en galones/hora en los 12 meses del año 2019 del camión minero CAT 775 D, presentando un consumo promedio anual de 4,97 gal/h, así mismo en la Tabla 3.5 se puede observar el consumo promedio de galones/hora del camión minero Volvo BAS 10x4, presentando un consumo promedio anual de 0,645 gal/h. Finalmente, según la Tabla 3.6 el camión minero CAT tiene alrededor de un 80% mayor consumo de galones/hora de combustible en todos los meses del año 2019 con un consumo horario promedio anual de combustible del 87,03%

con respecto al camión minero Volvo BAS, incrementando los costos de operación y emitiendo más cantidades de gases de efecto invernadero y siendo menos amigable con el medio ambiente.

### **3.8 Análisis del consumo de combustible en Galones/Tonelada**

En la Tabla 3.7 se muestra el promedio de consumo de combustible en galones/tonelada transportada del camión minero CAT 775 D en los 12 meses del año 2019, presentando un consumo promedio anual de 0,041 gal/t, así mismo en la Tabla 3.8 se puede observar el cálculo del promedio de galones/tonelada transportada del camión minero Volvo BAS 10x4, presentando un consumo promedio anual de 0,003 gal/t. Finalmente, según la tabla 3.9 el camión minero CAT tiene alrededor de un 80% mayor consumo de galones/tonelada de combustible en todos los meses del año 2019, con un consumo promedio anual de galones de combustible del 92,25% por tonelada transportada con respecto al camión minero BAS, incrementando los costos de operación y emitiendo más cantidades de gases de efecto invernadero y siendo menos amigable con el medio ambiente.

### **3.9 Análisis de los costos de posesión**

En la Tabla 3.14 se muestran los costos de adquisición de los camiones mineros CAT y BAS. El camión minero CAT presenta un costo de adquisición de 0,43664 \$/t, mientras que el camión BAS un costo de 0,26092 \$/t, siendo el costo de adquisición del camión CAT un 40,24% mayor que el camión BAS, la cual se debe a su gran dimensionamiento, como a su alto costo de importar el camión y su ensamblaje en el país. El costo de depreciación del camión CAT es de 0,03930 \$/t y del camión Volvo BAS de 0,02348 \$/t, presentando un 40,24% mayor costo de depreciación del camión CAT con respecto al camión BAS, mostrando relación con el costo de adquisición de ambos y la vida útil de los camiones mineros. El costo de mantenimiento y reparación del camión minero CAT es de 0,30565 \$/t, mientras que el camión Volvo BAS presenta un costo de 0,18265 \$/t, teniendo en cuenta que dentro del costo de mantenimiento y reparación está considerado el costo de mano de obra y los costos de repuestos, presentando un 40,24% mayor el costo de mantenimiento y reparación del camión CAT con respecto al costo del camión BAS. Finalmente, los costos de posesión del Dumper rígido CAT 775 D es 0,79469 \$/t,

mientras que los costos del camión BAS es 0,47488 \$/t, presentando un 40,24% mayor los costos de posesión del camión CAT 775 D con respecto a los costos del camión Volvo BAS 10x4.

### **3.10 Análisis de los costos de operación**

En la Tabla 3.23 se muestran los costos de operación obtenidos para cada maquinaria expresada en \$/t. El costo de combustible del camión minero CAT es 0,26041 \$/t, mientras que el camión BAS presenta un costo de 0,04036 \$/t, donde el camión CAT tiene un 84,50 % mayor costo de combustible que el camión BAS, esto se debe al gran consumo que tiene el motor del camión CAT, representando un consumo promedio de galones de combustible de 4,97 gal/h y el camión BAS de 0,64 gal/h. El costo de cambio de neumático del camión minero CAT es de 0,19649 \$/t y del camión BAS es de 0,09589 \$/t, presentando un 51,20% mayor costo de cambio de neumáticos del camión minero CAT con respecto al camión Volvo BAS. La variación de costos de cambio de neumático que existen entre estos dos camiones es por el precio de los neumáticos, además que el camión minero CAT no se puede reutilizar los neumáticos mediante el reencauche. El costo de cambio de aceite del camión minero CAT es 0,03684 \$/t y el del camión BAS es 0,02446 \$/t, siendo el costo de cambio de aceite del camión CAT un 33,60% mayor que el camión BAS. El costo de cambio de refrigerante del camión minero CAT es 0,00653 \$/t, mientras que el camión BAS presenta un costo de 0,00157 \$/t, siendo el costo de cambio de aceite del camión CAT un 76,03% mayor que el camión BAS. El cambio de refrigerante y aceite del camión CAT presentan mayores costos debido a su capacidad de almacenamiento de estos lubricantes y al consumo de estos por hora. Finalmente, los costos de operación del Dumper rígido CAT 775 D es 50027 \$/t, mientras que los costos del camión Volvo BAS es 0,16228 \$/t, presentando un 67,56% mayor los costos de operación del camión CAT 775 D con respecto a los costos del camión Volvo BAS 10x4.

### **3.11 Análisis de los costos de transporte de material**

El costo de transporte de material de cada camión minero es la suma de la correspondiente de los costos de posesión y operación de cada uno. En la Tabla 3.32 se muestra los costos de posesión y operación respectivos del camión minero CAT y BAS,

donde se aprecia que el costo de tonelada transportada del camión CAT es 1,29496 \$/t, mientras que el costo del camión BAS es 0,63716 \$/t, siendo mayor los costos de transporte de material del camión CAT 775 D con un 50,80% de los costos del camión Volvo BAS 10x4, evidenciando el gran gasto económico que puede tener una empresa en la etapa de transporte si se trabaja con el camión minero Dumper Rígido, así mismo el beneficio económico y ambiental del camión minero Volvo BAS.

### **3.12 Análisis de la evaluación económica**

En la Tabla 3.35 se muestra el resultado obtenido de la evaluación económica de la adquisición del camión minero Dumper rígido durante un periodo de inversión de 10 años con una tasa de descuento del 12%, donde se tiene que la tasa interna de retorno (TIR) es de -17,22%, indicando que el proyecto de adquisición del camión minero CAT no es rentable, con un valor actual neto (VAN) de - \$ 795.149,64, perdiendo esta cantidad de dólares al finalizar los 10 años en la adquisición de este camión y finalmente se tiene un índice de rentabilidad (IR) de -0,994, permitiendo conocer que por cada dólar invertido en el proyecto se tendrá una pérdida de \$ 0,99 .Así mismo, en la Tabla 3.34 se muestra el resultado obtenido de la evaluación económica de la adquisición del camión minero Volvo BAS durante un periodo de inversión de 10 años con una tasa de descuento del 12%, donde se tiene que la tasa interna de retorno (TIR) es de 33,14%, indicando que el proyecto de adquisición del camión minero CAT es rentable, con un valor actual neto (VAN) de \$ 450.514,85 , ganando esta cantidad de dólares al finalizar los 10 años en la adquisición de este camión y finalmente se tiene un índice de rentabilidad (IR) de 1,126 , permitiendo conocer al inversionista que por cada dólar invertido en el proyecto se tendrá una ganancia de \$1,13. Finalmente, el camión minero más óptimo para la etapa de acarreo son los camiones Volvo BAS 10x4.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se logró identificar la situación actual de la flota de camiones Dumper CAT rígidos, los cuales presentan mayores costos operativos, presentando costos de posesión de 0,79469 \$/t, costos de operación de 0,50027 \$/t y costos por tonelada movida de 1,29496 \$/t. Así mismo, se identificaron los costos operativos del camión Volvo BAS, presentado costos de posesión de 0,47488 \$/t, costos de operación de 0,16228 \$/t y costos por tonelada movida de 0,63716 \$/t.
- Se identificó que la inversión en la adquisición de camiones BAS 10x4, es mejor para el inversionista o empresa, recuperando su inversión en el tercer año, para empezar a obtener beneficios económicos. Así mismo, la rentabilidad del camión minero al terminarse la vida útil será de un valor neto actual (VAN) de \$ 450.514,88 con una tasa de descuento del 12%.
- Se identificó que el Dumper Rígido presenta (en la mayoría de sus características) un mayor dimensionamiento que el camión Dumper Rígido, volviéndolo un camión pesado, necesitando carreteras construidas específicamente para la circulación de estos dentro de la cantera, presentando desventajas al momento de mantenerlos en funcionamiento. Así mismo, se identificó que el consumo de combustible del Dumper Rígido es de 4,97 gal/h, generando mayores gases de efecto invernadero, ocasionando un impacto negativo al ambiente, mientras que el camión BAS presenta un consumo de combustible de 0,64 gal/h, disminuyendo en un 87,03% el consumo de combustible. Finalmente, en el camión Dumper no se puede reutilizar los neumáticos, generando en la cantera pila de neumáticos abandonado con un impacto ambiental y visual negativo. Los dos camiones mineros son a combustible generando huella de carbono.
- Se seleccionó el camión BAS 10x4, como el óptimo para la migración de flotas de Dumper rígidos hacia camiones mineros multiejes para la reducción de costos por tonelada transportada, además de presentar mejores características físico-

técnicas y ambientales que se ajustan a los requerimientos de la empresa, por lo que su adquisición repercutirá positivamente en las operaciones mineras.

## **RECOMENDACIONES**

Con base en la realización de este proyecto, se recomienda:

- Mantener o establecer una base de datos de las características y consumos del camión minero durante sus actividades mineras para la constante evaluación de su eficiencia.
- Es importante tener en cuenta el mantenimiento preventivo en los camiones mineros para evitar deterioro prematuro de estos camiones.
- Se recomienda actualizar la evaluación económica de la adquisición del camión minero cuando se aumente o disminuya considerablemente la producción que se tenga en la cantera, con la finalidad de conocer el nuevo periodo de recuperación y beneficio económico.
- Se recomienda realizar estudios periódicos del mercado con relación a camiones mineros que presenten tecnología innovadora como hidrogeno verde.

# BIBLIOGRAFÍA

- Alarie, S., & Gamache, M. (2002). Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 16(1), 59–76. <https://doi.org/10.1076/ijsm.16.1.59.3408>
- BAS. (2022, June 25). *BAS Mining Trucks specs. BAS 10x4*. [https://www.basminingtrucks.com/wp-content/uploads/2020/06/Flyer-A4\\_FMX-tipper-10x4\\_NIEUW.pdf](https://www.basminingtrucks.com/wp-content/uploads/2020/06/Flyer-A4_FMX-tipper-10x4_NIEUW.pdf)
- Belizario, R. (2017). *EVALUACIÓN ECONÓMICA - FINANCIERA PARA REEMPLAZAR CAMIONES DE ACARREO DE MINERAL Y DESMONTE EN LA UNIDAD CORIHUARMI - MINERA I.R.L. YAUYOS - LIMA*. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6635/Belizario\\_Amanqui\\_Richard.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6635/Belizario_Amanqui_Richard.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Camiones rígidos y articulados - Construcción Latinoamericana*. (2020, March). <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/camiones-rigidos-y-articulados/4144925.article>
- Coello, J. J. (2012). *UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES ESCUELA DE GEOLOGÍA Y AMBIENTAL Título de tesina: SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LAS CANTERAS DEL CANTÓN GUAYAQUIL. TITULO A OBTENER INGENIERA AMBIENTAL Nombre de autora*.
- Ficha Técnica de Caterpillar 775D. Volquete De Cantera*. (2022). <http://maquqam.com/tecnicas/construccion-7129/caterpillar/775d.html>
- Gransberg, D. D., & O' Connor, E. P. (2015). *Major Equipment Life-cycle Cost Analysis*. <http://www.lrrb.org/pdf/201516.pdf>
- Parra, A. (2015). *Sistemas de Transportes en Minería a Cielo Abierto*.
- Ramírez, V. (2007, July). *Apuntes de formulación y evaluación de proyectos de inversión*. <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/vicente/Docencia/EvaProyectos.pdf>

# Anexos

## Anexo 1 Datos del consumo de galones de diésel de los camiones mineros Dumper CAT Rígidos

### *Consumo gal. Diesel – Rígidos 775D – 2019*

Equipos (775B)	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
<b>D-20</b>	1033	856	1088	815	1424	1243	1165	653	1207	666	1157	0	11307
<b>D-21</b>	1120	736	1081	997	1606	888	1163	619	1259	1158	1317	1021	12965
<b>Total</b>	2153	1592	2169	1812	3030	2131	2328	1272	2466	1824	2474	1021	24272

## Anexo 2 Datos de las horas reales de los camiones mineros Dumper CAT Rígidos

### *Horas reales Dumper Rígidos 775D - 2019*

Equipos (775B)	ene	feb	mar	abr	may	jun	Jul	ago
<b>D-20</b>	105,67	84,67	113,67	94,82	131,49	117,66	120,34	67,75
<b>D-21</b>	107,33	71,08	121,99	92,86	146,84	103,98	126,08	64,33
<b>Total</b>	213	155,75	235,57	187,68	278,33	221,64	246,42	132,08

### Anexo 3 Datos de las horas reales de los camiones mineros Dumper CAT Rígidos

#### *Horas reales Dumper Rígidos 775D – 2019*

Equipos (775B)	sep	oct	nov	dic	Total
<b>D-20</b>	126,68	90,91	123,59	0	1177,16
<b>D-21</b>	117,33	89,43	121,84	101,66	1264,75
<b>Total</b>	244,01	180,34	245,43	101,66	2441,91

### Anexo 4 Datos de las toneladas transportadas de los camiones mineros Dumper CAT Rígidos

#### *Toneladas transportadas – Dumper Rígido 775D - 2019*

TON_DR	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
<b>D-20</b>	7920	8800	20130	20570	14575	12650	12320	7645	14685	10340	13640	0	143275
<b>D-21</b>	7810	7920	19800	20515	15840	12760	13365	7590	13915	10120	13585	11770	154990
<b>Total</b>	15730	16720	39930	41085	30415	25410	25685	15235	28600	20460	27225	11770	298265

### Anexo 5 Datos del consumo de galones de diésel de los camiones mineros Volvo BAS

#### *Consumo gal. Diesel – BAS - 2019*

Equipos	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
<b>VQ – 405</b>	99	110	57	229	157	187	306	239	197	94	207	237	2119
<b>VQ – 406</b>	163	206	135	292	198	222	239	317	274	121	253	191	2611
<b>VQ – 407</b>	156	216	122	234	150	183	283	199	256	165	93	261	2318
<b>VQ – 408</b>	167	153	128	257	261	243	388	266	257	145	269	227	2761
<b>Total</b>	585	685	442	1012	766	835	1216	1021	984	525	822	916	9809

### Anexo 6 Datos de las horas reales de los camiones mineros Volvo BAS

#### *Horas reales – BAS - 2019*

Equipos	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
<b>VQ – 405</b>	49	66	17	99	55	74	106	122	58	37	98	138	919
<b>VQ – 406</b>	113	102	73	92	86	88	72	113	88	39	92	58	1016
<b>VQ – 407</b>	89,5	88	77	75	73	54,5	104	82	97	40	50	82	912
<b>VQ – 408</b>	59	61,5	75	96,5	83	87	103	92	89	35,5	99	77	957,5
<b>Total</b>	310,5	317,5	242	362,5	297	303,5	385	409	332	151,5	339	355	3804,5

**Anexo 7 Datos de las toneladas transportadas de los camiones mineros Volvo BAS**

***Toneladas transportadas – BAS - 2019***

Equipos	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
<b>VQ – 405</b>	9405	13420	1980	16555	9790	17050	17545	23430	9130	5445	16335	19030	159115
<b>VQ – 406</b>	25520	19140	15345	19030	19085	18865	14410	24255	15895	6765	16830	11605	206745
<b>VQ – 407</b>	18810	19140	17545	16225	17545	11110	22605	19195	20570	7645	9130	16665	196185
<b>VQ – 408</b>	12375	12375	18040	23265	20240	20790	23705	22440	19800	7425	18040	17105	215600
<b>Total</b>	66110	64075	52910	75075	66660	67815	78265	89320	65395	27280	60335	64405	777645

## Anexo 8 Retroexcavadora DOOSAN SOLAR 500

