



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE CARGUÍO Y ACARREO  
MEDIANTE EL CONTROL DE TIEMPOS Y EL RENDIMIENTO  
DE EQUIPOS EN LA EMPRESA MINERA YANAQUIHUA S.A.C. –  
AREQUIPA.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. BALAN CRUZ FLORES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO - PERÚ**

**2020**



## DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, por acompañarme y guiarme todos los días de mi vida y por haberme regalado la vida que es lo más hermoso en este mundo.

A mis padres: Teófilo y Genoveva, por el amor incondicional que siempre me brindaron, por la confianza que me tienen, por hacer de mí una persona muy honesta y por inculcarme todos los buenos valores y darme el regalo máspreciado que es la vida, gracias a ustedes queridos padres culmine exitosamente mi carrera profesional.

A mi hermano: Edy, por el apoyo constante a mi persona porque siempre estuvo a mi lado para darme ánimos, derribar obstáculos y seguir adelante.

A mi tía y tío: Judith y Néstor, por ser como unos padres para mí, por el cariño y aprecio brindado, por su apoyo que me brindaron en todo momento.

A mi tío: Juan, por sus los consejos que me brindo siempre, y por enseñarme que la unión hace la fuerza.

***Balan.***



## AGRADECIMIENTO

A la Carrera Profesional de Ingeniería de Minas, a la ´plana docente y administrativo quienes impartieron sus sabias enseñanzas y orientación vocacional hacia mi persona para lograr mi formación académica.

Mi agradecimiento a la Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa, a los ingenieros del área de Mina quienes orientaron para realizar mi estudio de investigación.

***Balan.***



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**RESUMEN ..... 12**

**ABSTRACT..... 13**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 14**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 15**

1.2.1. Problema general..... 15

1.2.2. Problemas específicos ..... 15

**1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS ..... 15**

1.3.1. Hipótesis general ..... 15

1.3.2. Hipótesis específicas ..... 15

**1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 16**

1.4.1. Objetivo general ..... 16

1.4.2. Objetivos específicos..... 16

**1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 16**

**1.6. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO ..... 17**

1.6.1. Ubicación ..... 17



1.6.2. Accesibilidad .....	18
1.6.3. Clima y vegetación.....	18
1.6.4. Geología regional .....	19
1.6.5. Geología local .....	20
1.6.5.1. Complejo bella unión.....	20
1.6.5.2. Formación huaylillas.....	20
1.6.5.3. Grupo barroso .....	20
1.6.5.4. Depósitos aluviales .....	21
1.6.6. Geología estructural .....	21
1.6.7. Geología económica.....	23
1.6.7.1. Mineral de mena .....	23
1.6.7.2. Minerales de ganga .....	23

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2. BASES TEÓRICAS .....</b>	<b>27</b>
2.2.1. Carguío y acarreo en minería subterránea.....	27
2.2.2. Estudio de performance de carguío .....	28
2.2.2.1. Performance de la máquina.....	28
2.2.2.2. Producción .....	28
2.2.2.3. Tasa de producción .....	29
2.2.2.4. Productividad .....	29
2.2.2.5. Eficiencia .....	29
2.2.2.6. Disponibilidad.....	30



2.2.2.7. Utilización.....	30
2.2.2.8. Capacidad.....	30
2.2.2.9. Capacidad nominal .....	31
2.2.2.10. Factor de esponjamiento .....	31
2.2.2.11. Factor de llenado del cucharón .....	31
2.2.3. Limpieza.....	31
<b>2.3. CICLO DE OPERACIÓN .....</b>	<b>32</b>
2.3.1. Estudio de tiempos .....	33
2.3.2. Estudio de tiempos del equipo .....	33
2.3.3. Disponibilidad .....	36
2.3.4. Demoras o tiempos no productivos.....	42
<b>2.4. RENDIMIENTO .....</b>	<b>42</b>
2.4.1 Parámetros a tener en cuenta para mejor rendimiento en la limpieza. ....	43
<b>2.5. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....</b>	<b>43</b>
<b>2.6. EQUIPO LHD (SCOOPTRAM) .....</b>	<b>45</b>
<b>2.7. TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN .....</b>	<b>47</b>

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2. POBLACIÓN .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3. MUESTRA .....</b>	<b>49</b>
<b>3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>49</b>
3.4.1. Variable Independiente .....	49
3.4.2. Variable Dependiente.....	49



<b>3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>50</b>
3.5.1. Instrumentos de recolección de datos.....	50
<b>3.6. METODOLOGÍA .....</b>	<b>51</b>
3.6.1. Método a desarrollarse para Objetivo A .....	51
3.6.2. Método a desarrollarse para Objetivo B.....	52
<b>3.7. DISEÑO DE RAMPA.....</b>	<b>52</b>
3.7.1. Parámetros de diseño.....	52
3.7.2. Gradiente o pendiente.....	53
3.7.3. Radio de curvatura .....	54
3.7.4. Elección del equipo de carguío .....	54
3.7.5. Selección del tamaño del scooptram .....	55
<b>3.8. CÁLCULO DE CICLO DE LIMPIEZA .....</b>	<b>55</b>
3.8.1. Cálculo de tiempo neto de limpieza .....	55
3.8.2. Calculo tiempo total de limpieza (TL) .....	55
3.8.3. Rendimiento del equipo LHD (Rs) .....	56
<b>3.9. CALCULO COSTO HORARIO SCOOPTRAM.....</b>	<b>56</b>
3.9.1. Cálculos de costo de posesión.....	56
3.9.2. Cálculo de costo horario de depreciación (\$/hr) .....	57
3.9.3. Costo de mantenimiento y reparación.....	57
3.9.4. Cálculo de costo de combustible.....	58
3.9.5. Cálculo de costo de lubricantes.....	58
3.9.6. Cálculo de costo de llantas .....	58
3.9.7. Cálculo de costo horario total de operación (COp).....	58
3.9.8. Costo total horario de equipo (CT) .....	59



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>60</b>
<b>4.2. CONTROL DE TIEMPOS DE SCOOP</b> .....	<b>60</b>
<b>4.3. CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS</b> .....	<b>60</b>
<b>4.4. CONTROL DE TIEMPO DE CARGUÍO ANTERIOR</b> .....	<b>61</b>
<b>4.5. CONTROL DE TIEMPO DE CARGUÍO OPTIMIZADO</b> .....	<b>62</b>
<b>4.6. CONTROL DE TIEMPO DE ACARREO ANTERIOR</b> .....	<b>63</b>
4.6.1. Tabla de toma de periodo de tiempo con una gradiente de 10% .....	63
<b>4.7. CONTROL DE TIEMPOS DE ACARREO OPTIMIZADO</b> .....	<b>64</b>
4.7.1. Tabla de control de tiempos con una gradiente de 12% .....	64
<b>4.8. CÁLCULO DE NÚMERO DE VIAJES REALIZADOS POR HORA, Y SU PRODUCCIÓN HORARIA</b> .....	<b>64</b>
<b>4.9. CONTRASTACIÓN DE OBJETIVOS</b> .....	<b>66</b>
4.9.1. Objetivo A .....	66
4.9.1.1. Costos de carguío Anterior .....	66
4.9.1.2. Costos de carguío Optimizado .....	67
4.9.1.3. Comparación de resultados de control de tiempo y costo .....	67
4.9.2. Objetivo B .....	67
4.9.2.1. Costos de acarreo Anterior .....	67
4.9.2.2. Costos de acarreo Optimizado .....	67
4.9.2.3. Resultados comparativos de control de tiempos y costos .....	68
<b>4.10. COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS DE EQUIPOS</b> .....	<b>68</b>
4.10.1. Discusión .....	69





<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>74</b>

**ÁREA:** Ingeniería de minas.

**LÍNEA:** Análisis de costos mineros y comercialización de minerales.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 10 de enero del 2020



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Cuadro de accesibilidad .....	18
<b>Tabla 2.</b> Tiempo de Posicionamiento.....	39
<b>Tabla 3.</b> Tiempo según el tipo de descarga.....	41
<b>Tabla 4.</b> Operacionalización de variables .....	50
<b>Tabla 5.</b> Control de tiempo de viaje del scooptram- periodo anterior .....	61
<b>Tabla 6.</b> Control de periodo de tiempo de viaje del scooptram – periodo optimizado..	62
<b>Tabla 7.</b> Control de periodo de acarreo con dumper – periodo anterior .....	63
<b>Tabla 8.</b> Control de tiempo de acarreo con dumper – periodo optimizado.....	64
<b>Tabla 9.</b> Comparación de Control de Tiempos Carguío .....	67
<b>Tabla 10.</b> Comparación de Control de Tiempos Acarreo .....	68
<b>Tabla 11.</b> Comparación de Rendimiento .....	68



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Orientación de las fallas chiuca y piñog.....	22
<b>Figura 2.</b> Equipo lhd scooptram, 2 yd3.....	45
<b>Figura 3.</b> Rendimiento de scooptram viajes/hora .....	65
<b>Figura 4.</b> Rendimiento de scooptram T/H .....	65
<b>Figura 5.</b> Tiempo de ciclo de scooptram. ....	66



## RESUMEN

La ubicación política de la Compañía Minera Yanaquihua S.A.C.-Arequipa es el Distrito de Yanaquihua, Provincia de Condesuyos, Región y Departamento de Arequipa. La ubicación del yacimiento mineral se encuentra entre los 2210 y 2320 metros sobre el nivel del mar. La empresa minera está construyendo la Galería San Bartolomé con una longitud estimada de 320 metros lineales y una porción de 3 m por 2.9 m. Al evaluar el sistema de carga y acarreo de mineral a una distancia de 80 metros de avance lineal, se descubrió que los costos incrementados se debían principalmente a los períodos más largos. El objetivo principal de esta investigación es optimizar los gastos de carga y acarreo limitando los tiempos de carga y acarreo y mejorando el rendimiento de los equipos frente a la Galería San Bartolomé de Minera Yanaquihua S.A.C.-Arequipa. En el paso inicial del desarrollo de la técnica de investigación, se evaluaron las operaciones del antiguo sistema de carga y acarreo frente a la Galería San Bartolomé. Esta revisión tuvo en cuenta la distancia recorrida, el equipo utilizado, el tiempo de carga, el tiempo de transporte y el rendimiento del equipo. Estas medidas se aplicaron durante doce días, lo que equivale a veinticuatro guardias. En el proyecto de investigación posterior, se regularon estrictamente los tiempos de carga y transporte del mineral. Estos controles se realizaron durante doce días, lo que equivale a veinticuatro guardias. Durante este periodo, se analizó la distancia recorrida por el equipo, el tiempo de carga y transporte, el equipo utilizado y el rendimiento del equipo, entre otros factores.

**Palabras claves:** Disminuir, identificar, minimizar, costos, tiempo, rendimiento.



## ABSTRACT

The political location of Compañía Minera Yanaquihua S.A.C.-Arequipa is the District of Yanaquihua, Province of Condesuyos, Region and Department of Arequipa. The location of the ore deposit is between 2210 and 2320 meters above sea level. The mining company is building the San Bartolomé Gallery with an estimated length of 320 linear meters and a 3 m by 2.9 m portion. When evaluating the ore loading and haulage system at a distance of 80 meters of linear advance, it was found that the increased costs were mainly due to the longer periods. The main objective of this research is to optimize the loading and haulage costs by limiting the loading and haulage times and improving the performance of the equipment in front of the San Bartolomé Gallery of Minera Yanaquihua S.A.C.-Arequipa. In the initial step of the development of the research technique, the operations of the old loading and hauling system in front of the San Bartolomé Gallery were evaluated. This review took into account distance traveled, equipment used, loading time, hauling time and equipment performance. These measures were applied for twelve days, which is equivalent to twenty-four guards. In the subsequent research project, the ore loading and haulage times were strictly regulated. These controls were carried out for twelve days, which is equivalent to twenty-four guards. During this period, the distance traveled by the equipment, the loading and hauling time, the equipment used and the performance of the equipment, among other factors, were analyzed.

**Keywords:** Decrease, identify, minimize, costs, time, performance.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El sistema de carguío y acarreo es crucial para las operaciones mineras del metro. Teniendo en cuenta estos fundamentos, la presente tesis titulada "Optimización de los gastos de carga y acarreo a través del control de tiempos y rendimiento de los equipos en la empresa minera Yanaquihua S.A.C." está diseñada con el fin de obtener mejores resultados para poder seguir continuando de manera satisfactoria con el desarrollo de la galería San Bartolomé.

En el desarrollo de la galería de San Bartolomé existen inconvenientes de gastos de carga y acarreo, por este motivo se ha considerado como objetivo optimizar los costos de carga y acarreo para la actividad exploratoria de la empresa minera.

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al evaluar el sistema de carga y acarreo de mineral en la ejecución de 80 metros de avance lineal, se detectó el inconveniente de los altos costes, debidos sobre todo a los mayores retrasos. El coste de carga previa era de 3,3 dólares por metro cúbico, y el de acarreo de 11 dólares por metro cúbico. El tiempo de carga era de 3 minutos por viaje, mientras que el tiempo de transporte era de 21 minutos por viaje.

Si la situación persiste, tendrá un impacto negativo en el presupuesto y afectaría drásticamente el programa de producción que ya se tiene realizado en la empresa. El propósito principal del proyecto de estudio es optimizar los gastos de carga y acarreo limitando los tiempos de carga y acarreo y aumentando el rendimiento de los equipos frente a la Galería San Bartolomé de Minera Yanaquihua S.A.C.-Arequipa. Como objetivo primordial de este estudio es reducir el costo de carga y acarreo en un 25% y aumentar la eficiencia del equipo en un 20%.



## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo optimizamos los costos de carguío y acarreo de mineral mediante el control de tiempos y análisis del rendimiento de equipos en la Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cómo minimizamos los costos de carguío de mineral mediante el control de tiempos en el frente de la Galería San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa?

¿Cómo minimizamos los costos de acarreo de mineral, mediante el control de tiempos en el frente de la Galería San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa?

## **1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Hipótesis general**

Mediante el control de tiempos y el análisis de rendimiento de equipos se identificarán los parámetros principales que afectan los costos de desarrollo en el frente de la Galería San Bartolomé en la Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

### **1.3.2. Hipótesis específicas**

Mediante el control de tiempos se minimizará los costos de carguío en el frente de la Galería San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

Mediante el control de tiempos y rendimiento de equipo se minimizará los costos de acarreo en el frente de la Galería San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.



## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

Optimizar los costos de carguío y acarreo de mineral mediante el control de tiempos y análisis del rendimiento de equipos en la Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Minimizar los costos de carguío de mineral en US\$/m<sup>3</sup>, mediante el control de tiempos en minutos/viaje en el frente de la Galería San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

Minimizar los costos de acarreo de mineral en US\$/m<sup>3</sup>, mediante el control de tiempos en el frente de la Galería San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La Empresa Minera Yanaquihua S.A.C, - Arequipa, mediante el estudio de cubicación de reservas de mineral tiene 386 224 TM de mineral probado y 193 112 TM de mineral probable, con una ley promedio de 8,54 gr Au/TM. La galería San Bartolomé servirá para recuperar el mineral valioso y para explotar la veta principal de la Empresa Minera.

Actualmente la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C., en el desarrollo de la galería San Bartolomé, tiene problemas de elevados costos en el sistema de carguío y acarreo del mineral, ocasionado principalmente por los mayores tiempos de carguío y acarreo del mineral, por lo que es necesario realizar el control de tiempos de carguío y acarreo en el frente de la galería San Bartolomé de la Empresa.

Los costos de desarrollo incidirán en los costos de explotación y por ende en el cálculo de Cut – Off.





La Minera Yanaquihua S.A.C - Arequipa, para optimizar los costos de producción aurífera, requiere reducir los costos de carguío y acarreo de mineral mediante el control de tiempos de carguío, acarreo y rendimiento de equipos, evaluando las operaciones unitarias del sistema de carguío y acarreo.

El presente estudio de investigación justifica su ejecución, será de mucha importancia para la Minera Yanaquihua S.A.C. y será favorable para realizar en otras labores subterráneas similares, a bajos costos del sistema de carguío y acarreo de mineral y lograr mayor beneficio económico para la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C.- Arequipa.

## **1.6. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

### **1.6.1. Ubicación**

El yacimiento de oro de la mina Yanaquihua está situado en el Paraje Alpacay, dentro del distrito de Yanaquihua, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa y región de Arequipa.

Sus coordenadas geográficas son:

- Longitud oeste  $72^{\circ} 56' 50''$
- Latitud Sur  $15^{\circ} 48' 25''$

En coordenadas UTM:

- Este 714000; 727000.
- Norte 8248000; 8257000.
- Cota 2625.

### 1.6.2. Accesibilidad

**Tabla 1.** Cuadro de accesibilidad

TRAMO	DISTANCIA (km)	TIEMPO	OBSERBACIONES
Arequipa - Aplao	154	3,0	Carretera Asfaltada
Aplao – Chuquibamba	73	2,0	Carretera Asfaltada
Chuquibamba - Yanaquihua	61	2,0	Carretera Asfaltada
Yanaquihua – mina	30	1,40	Carretera Afirmada

FUENTE: Elaboración propia

### 1.6.3. Clima y vegetación

“Yanaquihua presenta un clima árido y templado con tendencia a semiárido. Se alternan periodos secos y lluviosos, característicos de la región puna y cordillera. La temperatura varía entre los 13°C y - 10°C entre el día y la noche”. (Bateman, 2003).

El clima está dividido en dos estaciones marcadamente diferentes durante el año.

- Periodo seco con temperaturas de hasta 30° C entre los meses de mayo a octubre.
- Periodo de lluvia con temperaturas de hasta 12° C entre los meses de noviembre a abril.

La mayor parte de los pobladores de la región se dedican a la agricultura, minería y en menor proporción a la ganadería.

La producción agrícola produce papas, maíz, trigo, alfalfa, etc., y la ganadería crían ganado lechero, lanar y porcino.

No se puede dejar de mencionar la carencia de agua por la que atraviesa la región, es así que se encuentran muchas zonas agrícolas eriazas, limitándose la crianza de ganado por falta de este elemento



Flora. - Se han identificado 40 especies de plantas que pertenecen a la flora de la región.

El ichu, la tola, la yareta, el eucalipto y varios arbustos de queua son plantas que destacan por su uso y como indicaciones de ciertas cualidades definatorias de la flora de la región. Destaca la presencia de especies de cactus.

Fauna. - Las vizcachas, los ratones y las ratas son los principales representantes animales de la comunidad del campamento minero de Yanaquihua. También hay águilas, chihuancos, tórtolas, cernícalos y otros camélidos como llamas, alpacas, guanacos y zorros.

#### **1.6.4. Geología regional**

El contexto geológico regional está compuesto por rocas intrusivas del batolito de la costa (cretáceo superior-terciario inferior) sobre el cual yacen secuencias sedimentarias del grupo Moquegua (terciario superior plioceno), volcánicos piroclásticos de la formación Sencca (plioceno medio) y andesitas del grupo barroso (plioceno superior a pleistoceno inferior).

En la mina Alpacay, el intrusivo es de composición granodiorítica a tonalita de grano medio a grueso y de textura porfirítica cubriendo el 80 % del área.

Numerosos diques cloritizados de composición ácida y básica de grano fino intruyen en diversas direcciones a la granodiorita e incluso siguiendo la dirección de las fallas.

En el sector de “Encarna” sobreyaciendo al intrusito se observan horizontes de areniscas tufaceas de color gris de grano medio a fino poco consolidadas, estas rocas se correlacionan con el grupo Moquegua del terciario superior



Así mismo, en los sectores de Encarna, Cerro Rico y quebrada Chiuca cubriendo al intrusito afloran rocas piroclásticas de composición dacítica y rioclástica de color blanco amarillento a rosado, correspondiente a los volcánicos Sencca del plioceno medio.

Por las características mineralógicas de las rocas y el paleoclima; el intrusito ha sido fuertemente meteorizado provocando materiales cuaternarios recientes coluviales y deluviales, que en su mayoría cubren los afloramientos de las estructuras. (Bateman, 2003).

### **1.6.5. Geología local**

La geología local se caracteriza por los afloramientos o las unidades litoestratigráficas reconocidas, que incluyen:

#### **1.6.5.1. Complejo bella unión**

“Se compone de andesitas, la contrapartida volcánica de la diorita, que se correlaciona con un grupo hipabisal del Cretácico inferior del mismo nombre. Esta roca es la receptora local de filones o vetas”. (Catalan, 2004).

#### **1.6.5.2. Formación huaylillas**

“Se compone de piroclastos, tobas dacíticas y ríolíticas de color entre gris y blanco amarillento y se sitúa sobre las rocas gris verdosas del complejo Bella Unión”. (Catalan, 2004).

#### **1.6.5.3. Grupo barroso**

“Se sitúa en la cima del volcán Huallillas. Litológicamente se compone de estratos estratiformes de cinco metros de espesor que han seguido la pendiente del terreno. Se componen de minerales andesíticos, traquiandesíticos y dacíticos, tienen una estructura porfídica e incluyen muchos cristales de feldespato”. (Catalan, 2004).



#### **1.6.5.4. Depósitos aluviales**

En las laderas y en las pequeñas terrazas, hay coluviones cuaternarios recientes. Incluyen una gran variedad de elementos, como pequeñas partículas, grava, arena e incluso piedras. (Catalan, 2004).

#### **1.6.6. Geología estructural**

Uno está marcado con un N70-80W, otro con un N70-80E conjugado y el tercero con un N45E.

Los dos primeros están conjugados y se ven en Teresita. Según el modelo de Riedel (1929), la presencia de dos sistemas estructurales en forma de X es comparable a la aparición de fallas conjugadas entre dos grandes fallas de deslizamiento.

“El fuerte cizallamiento del intrusivo generó estos sistemas en las fallas principales, dando lugar a estructuras secundarias mineralizadas de alto ángulo como fracturas de tensión, jogs, flexiones, splayes y colas de caballo”. (Catalan, 2004).

SISTEMA NE-SW: El sistema consiste en fracturas, fallas y vetas con tendencias que van de N70 a 80 Oeste con buzamientos pronunciados hacia el NO. El sistema de vetas más expuesto de toda la región es económicamente significativo ya que contiene las mejores vetas (Arauro, El Rey, Solimana, Victoria, La Poderosa, La Gemela, Jhovana, Consuelo Vilca, Huáscar, etc.).

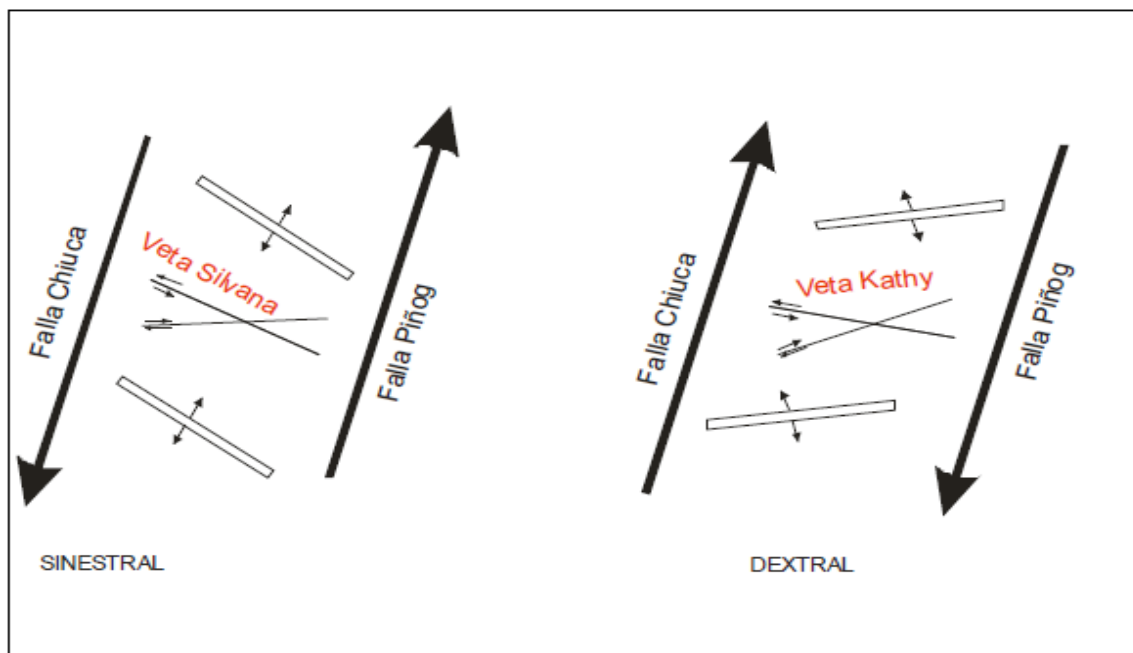
SISTEMA NW-SE: son estructuras con rumbos que oscilan entre N60°W a N70°W con buzamientos altos al NE.

Las vetas ramal piso San Antonio y B-1, son las estructuras de este sistema por su importancia económica.

SISTEMA E-W; estructuras con rumbo predominante N45E con buzamientos altos. Las mejores representaciones de este sistema lo conforman las vetas Niño Jesús y La Reyna

De la distribución espacial y de las observaciones de campo, se deduce que las fallas Chiuca y Piñog han actuado como un “corredor tectónico” de movimiento dextral y cuyos esfuerzos de compresión N-S Y E-W habrían girado hacia el Este y al Norte respectivamente durante su historia tectónica. “Se tiene 2 fallas de rumbo principales que controlan el depósito Alpacay, serían las fallas Chiuca y Piñog (actuando como corredor tectónico). Entre ellas se forman las vetas conjugadas en forma de X.”

Es probable que se hayan descuidado zonas importantes de estructuras que deben estudiarse con la perforación diamantina como resultado de este hallazgo.



**Figura 1.** Orientación de las fallas chiuca y piñog

Fuente: Elaboración propia



### **1.6.7. Geología económica**

El yacimiento de tipo filoniano está relacionado con las rocas volcánicas intrusivas del batolito de Conde suyos. En las vetas de cuarzo y en los sulfuros, el oro aparece como inclusiones en piritas y calcopiritas, así como en los contactos galena-pirita-esfalerita. La composición mineralógica de las vetas es una típica combinación mesotérmica (250-350oC) de cuarzo-calcopirita-pirita-oro. La mineralización se produce por el relleno hidrotermal de las grietas de las rocas volcánicas intrusivas y se observa a menudo en las proximidades del batolito granodiorítico. Como parte de esta etapa principal de mineralización, los sulfuros tienden a rellenar los huecos dejados por el cuarzo en las vetas de sulfuro.

Al recolectar una muestra de interior mina presenta cuarzo aurífero blanco a gris claro rojizo, con inclusiones de Hematita, limonita y a veces calcita, en general la mineralización es irregular a lo largo de la estructura, presentando tramos estériles y tramos de alta ley. La mineralogía de las vetas es bastante simple ya que no hay gran variedad de minerales. (Bateman, 2003).

#### **1.6.7.1. Mineral de mena**

El oro se encuentra en forma de inclusiones, principalmente en el cuarzo, y en la hematina-limonita a veces se observa a simple vista, generalmente en el cuarzo hialino con unas dimensiones que van de 1 a 2 mm.

#### **1.6.7.2. Minerales de ganga**

Estos minerales de ganga se encuentran asociados al oro, Cuarzo, Calcita, Pirita, Calcopirita, galena, Chalcocita, Covelita, Hematita, Limonita.

### **PARAGÉNESIS**

Se entiende por paragénesis al orden en que los minerales se han depositado en este yacimiento.



Basada en observaciones hechas en el terreno, se piensa que hubo dos etapas en la deposición de los minerales. En la primera etapa se depositó el cuarzo, que cubrió los espacios adyacentes a las cajas. Este hecho se prueba en consideración, que cuando la fractura es angosta (menos de 10 cm), solo la veta consta de cuarzo.

En una segunda etapa se inyectaron los sulfuros-cuarzo. Al mismo tiempo se depositó el oro, así como la calcita. (Bateman, 2003)





## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

**Alva, A. (2009)**, En su tesis “sobre la optimización de los gastos de explotación de una flota de scooptrams en una mina subterránea, el autor estima que con el scooptram 1 yarda para longitudes de 75 m a 200 m. en trabajos de desarrollo y preparación en secciones de trabajo de 2,6 m x 2,7 m, hay un déficit de 236 Kg. En transporte, con un motor diésel de 68.75 HP y una eficiencia de trabajo, a un costo horario 25.05 us \$/hr. Con scooptram 1yd<sup>3</sup>, el material es limpiado desde el frente de la labor y acarreado hasta el ore – pass principal con una productividad de 30 m<sup>3</sup>/hr”

**Alvarez, H. (2014)**, En su tesis titulada “Cálculo de la productividad de los equipos de acarreo y transporte-Unidad Minera de Arcata”, “constata que, determinando los ciclos totales de acarreo y transporte, se puede calcular la verdadera productividad horaria de las unidades de acarreo y transporte de la Unidad Operativa de Arcata. El tiempo, la eficiencia de los equipos y los trabajadores, y la carga que hay que mover tienen un impacto directo en el cálculo de la productividad horaria.”

**Arango, T. y Bellido, C. (2015)**, En su tesis sobre el “rendimiento de la maquinaria en el acarreo y transporte de minerales en Cia. Minera Huancapet S.A.C.- Ancash”, concluye, “como primer punto, que se mejoró el rendimiento de la maquinaria y equipos en el acarreo eliminando las horas muertas y reduciendo los costos de producción. En segundo lugar, se regularon los parámetros de acarreo y transporte, teniendo en cuenta los tiempos de los equipos y maquinaria en las distintas distancias. Pudimos controlar y minimizar los gastos al mismo tiempo que se reducían los tiempos muertos. En función del objetivo de producción diario, se pudo determinar la cantidad de equipos y maquinaria necesarios para el acarreo y el transporte del mineral”.



**Becerra E. (2013)**, “En cuanto a los costes de producción, se discute la teoría de los costes y la estimación de los costes de explotación, indicando que el coste de explotación depende del sistema de minería, el tamaño del yacimiento, su forma, la resistencia del mineral, la resistencia del cajón, el método de acceso, el tamaño de la producción, la perforación de la roca, los explosivos utilizados en las voladuras, el corte del mineral, la carga, el acarreo, el factor de dilución del mineral, etc.”

**Curo, P. (2014)**, “En su tesis estudió el ciclo de acarreo y transporte en la minería subterránea. Constata que los frentes de exploración y desarrollo se limpian con una pala neumática de 0,14 m de capacidad, con una presión de aire de 90 psi y un consumo de aire de 180 cfm, y que la duración de la limpieza para una sección de 7 x 8 pies es de 2,5 horas.”

**Martinez, S. (2016)**, En su tesis titulada “Incremento de la producción a partir de la gestión de tiempos en el transporte de mineral en el sector Nicole, Concesión Minera Esperanza II, Compañía Minera Minecsa, Zaruma-Ecuador”, el autor concluye que: primero, “la eliminación de los tiempos muertos a partir del plan de gestión de tiempos incrementó la tasa de producción y la cantidad de mineral extraído a la superficie. Con la ejecución de un plan de mantenimiento como parte del plan de gestión del tiempo, ya sea mecánico, eléctrico o de las condiciones de trabajo minero, se evitaron los retrasos operativos o el tiempo improductivo no planificado, ayudando así a mantener un ritmo de trabajo constante y sin problemas. El seguimiento continuo de las operaciones de acarreo y transporte contribuirá a la mejora gradual de la eficacia del plan de gestión, que servirá de modelo para aplicarlo a otros sectores con el fin de aumentar el rendimiento en el mayor número posible de áreas. Tercero: Sobre la base de la cantidad de material extraído antes de la investigación (30 toneladas al día), se alcanzó un aumento del 20% de la producción añadiendo 2 vagones o 3 toneladas al día, 6 toneladas al día y 180 toneladas



al mes”.

**Pomayay, L. (1999)**, En su tesis “sobre el rendimiento de los equipos y las normas de producción en Cia. Minera Raura”, el autor constata, “en primer lugar, que el mantenimiento de los equipos pesados debe realizarse a tiempo y a un alto nivel para disminuir los gastos asociados a las paradas no programadas. De este modo, se prolongará la vida útil de los equipos. Además de evitar los cortes de los neumáticos y la degradación prematura, el mantenimiento de las vías de acceso es esencial para lograr una mayor tasa de producción y prolongar la vida útil del equipo. En cuanto al rendimiento del scooptram, varía en función de la distancia recorrida. Así, en las cámaras de extracción, una pala de 3,5yd<sup>3</sup>- para 85mt rinde 41Tm/hora, mientras que una pala de 1yd<sup>3</sup> rinde 12,0Tm/hora. La pala de 5yd<sup>3</sup> para 100mt. produce 59Tm/hora para el trabajo de desarrollo, mientras que la pala de 3,5yd<sup>3</sup> da 26,0Tm/hora”.

**Quispe, M. (2017)**, En su tesis Optimización de los costos de acarreo con equipos mecanizados en la Unidad Minera Tambomayo de la Cia. de Minas Buenaventura Arequipa, el autor concluye que para la optimización de los costos de acarreo y el control de los tiempos de los equipos LHD (Scoop), se recomienda realizar un buen mantenimiento de la vía, mantenimiento de cunetas y raspado de la vía para el recorrido del equipo, eliminando así los tiempos muertos que se pueden generar con el tiempo en la limpieza del material.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Carguío y acarreo en minería subterránea**

El cargador y el medio de transporte o acarreo debe ser seleccionados de tal manera que cumplan con los requisitos de las operaciones. La industria minera está acostumbrada a tratar con grandes volúmenes de material. En el proceso de selección de



equipos para carguío y acarreo, inicialmente es necesario determinar los requisitos de producción del sistema. Generalmente, estos requisitos se expresan en unidades de peso o volumen por unidad de tiempo.

Una vez que se conocen los requisitos de producción, pueden desarrollarse varias combinaciones de equipos y secuencias de operación, las que son diseñadas para producir el volumen requerido de material. Los sistemas más simples de manipuleo de materiales involucran volúmenes discretos de material producidos por una sola máquina en un ciclo de tiempo bien definido.

El ingeniero necesita de bastante criterio para desarrollar los planes iniciales de carguío y acarreo ya que es imposible evaluar cada sistema que puede satisfacer los requerimientos de producción. La selección de un sistema de carguío y acarreo se basa en consideraciones de seguridad y en una evaluación económica dirigida a la consecución de producción a un costo mínimo por unidad producida.

## **2.2.2. Estudio de performance de carguío**

### **2.2.2.1. Performance de la máquina**

Normalmente, las mediciones horarias del rendimiento de la máquina incluyen la productividad de la máquina, la posición de la máquina y los gastos de funcionamiento. Para obtener el mejor rendimiento de la máquina, la fórmula es el menor coste por tonelada = (mínimo coste horario factible) / (máxima productividad horaria posible).

### **2.2.2.2. Producción**

La cantidad total de material que se va a manipular durante un determinado procedimiento. Puede referirse al mineral comercial que se va a extraer o a la roca estéril. Normalmente, la producción de mineral se representa en términos de peso, mientras que



la roca estéril se mide en unidades de volumen. Es habitual hablar de producción diaria, mensual y anual.

### **2.2.2.3. Tasa de producción**

Volumen o masa teórica de la producción de una máquina por unidad de tiempo. Puede expresarse en términos de horas u otras unidades de tiempo, como turnos o días. El rendimiento es la tasa de movimiento de material por hora.

En la mayoría de las aplicaciones de movimiento de tierras, el rendimiento se determina multiplicando la cantidad de material movido en cada ciclo por el número de ciclos por hora.

$$\text{Producción} = \text{carga/ciclo} \times \text{ciclo/hora}$$

### **2.2.2.4. Productividad**

Es la producción real por unidad de tiempo cuando se tienen en cuenta todos los elementos de eficiencia y gestión. También puede expresarse como tasa neta de producción o rendimiento por unidad de trabajo y tiempo, como, por ejemplo, toneladas por hora-hombre.

### **2.2.2.5. Eficiencia**

Es la proporción de la tasa de producción prevista que una máquina realmente maneja. Las disminuciones de la tasa de producción pueden ser atribuibles a la propia máquina, a los empleados o al entorno de trabajo. El factor de eficiencia puede calcularse dividiendo el número medio de minutos realmente trabajados en una hora entre sesenta.

$$\text{Utilización productiva (\%)} = \text{horas trabajadas/horas totales} \times 100$$



#### 2.2.2.6. Disponibilidad

A la hora de programar los equipos, la disponibilidad de las unidades es un aspecto crucial. Un factor de disponibilidad habitual para programar una pala, por ejemplo, es del 80%. Esto se traduce en 80 turnos productivos y 20 turnos de reparación por cada 100 turnos. Con este factor de disponibilidad, es prudente planificar los nuevos equipos con mayor disponibilidad en las regiones con mayor prioridad. Es la parte del periodo operativo previsto de una máquina durante la cual está mecánicamente lista para funcionar. Existen dos técnicas estándar para calcular la disponibilidad de los equipos:

**La disponibilidad mecánica.** Es el elemento que indica la disponibilidad del equipo, excluyendo el tiempo de inactividad causado únicamente por problemas mecánicos.

**Disponibilidad física.** Se trata de la disponibilidad operativa completa, que tiene en cuenta todos y cada uno de los tiempos de inactividad.

#### 2.2.2.7. Utilización

La fracción de tiempo disponible durante la cual la máquina está operativa.

#### 2.2.2.8 Capacidad

La cantidad de material que un equipo de carga o transporte puede manejar en un momento dado (por ejemplo, el volumen de un cubo o de una tolva). el volumen del cubo de un equipo de carga o de la tolva de un vehículo. La capacidad puede separarse en las dos categorías que se indican a continuación:

La capacidad a ras de suelo se refiere a la cantidad de material contenida en el interior de una unidad de carga o transporte cuando está totalmente cargada, sin que el material rebose por los lados o sea transportado por equipos adicionales.



Cuando el material se carga por los bordes de una unidad de carga o acarreo, la cantidad máxima de material que se puede mover es la capacidad de llenado. Mientras que la capacidad de llenado es idéntica en todas las unidades, la capacidad de apilado varía en función de la calidad del material y de la forma de la unidad.

#### **2.2.2.9 Capacidad nominal**

El peso de la carga que puede soportar una máquina. La mayoría de las máquinas se construyen para manipular un peso determinado y no un volumen. Por lo tanto, la cantidad de material que se puede transportar depende de su densidad, al igual que la cantidad de material que puede mover cada máquina. El peso máximo, en cambio, no varía y depende de la resistencia de los componentes de la máquina.

#### **2.2.2.10. Factor de esponjamiento**

Es el aumento fraccionario de volumen que resulta cuando el material se fragmenta y se saca de su estado nativo (volumen almacenado) y se coloca en un estado suelto (volumen suelto). Puede expresarse como fracción decimal o como porcentaje.

#### **2.2.2.11. Factor de llenado del cucharón**

Es un ajuste de la capacidad de la cuchara de una máquina de carga. Suele expresarse como un decimal y corrige la capacidad de la cuchara para determinar el volumen real transferido. Lo consigue teniendo en cuenta cómo se apila el material, el ángulo de reposo y la capacidad del operario para llenar el cazo.

#### **2.2.3. Limpieza**

Una vez ventilado el frente, el jefe de sector, en este caso el maquinista de guardia y el capataz, deben proceder a inspeccionar su estado. Durante los trabajos de saneamiento, se debe inspeccionar minuciosamente el techo del frente y los laterales de la excavación para ver si están en excelente estado y si ha explotado alguna barrena.



Se comprobará el estado del macizo rocoso golpeándolo con una barretilla y retirando la roca suelta de las paredes laterales y del techo. Si hay un cartucho sin explotar, el capataz o el barrenista, si está presente, debe eliminarlo. Una de las estrategias utilizadas en este caso es perforar en paralelo al agujero sin explotar, a unos 30 centímetros de distancia, uno o dos agujeros cargados y detonados. Una vez que se ha determinado que todo está en orden, se permite que el taladro de limpieza proceda.

La carga o limpieza de la roca es uno de los aspectos más laboriosos del ciclo de producción, ya que supone hasta un 38% del tiempo cuando se realiza manualmente. Si la carga tiene que realizarse manualmente, este procedimiento puede llevar hasta el 55-60% del tiempo.

En la actualidad, la carga manual es aceptable cuando la cantidad de roca que hay que cargar es mínima y como complemento a la carga mecanizada. La carga manual puede dividirse en dos etapas: la separación de la roca y la introducción de la roca separada en el vehículo.

La separación de la roca consiste en:

- Rompimiento de los pedazos grandes.
- Limpieza de las paredes y techo de la excavación
- Mullido de la roca antes de su carga.

Este procedimiento de separación puede llevarse a cabo con pasadores y picos o vibradores neumáticos.

### **2.3. CICLO DE OPERACIÓN**

Es el proceso de minado que se describe con un ciclo de operación unitaria. La operación unitaria de carguío y transporte que puede ser dividida en una rotación ordenada de pasos o sub operaciones. Los componentes más comunes de una unidad de transporte que son de Carga, transporte, descarga y retorno. Desde punto de vista de selección de





equipo o planteamiento de producción, la duración de cada componente de este ciclo de vital importancia. La suma de los tiempos para un ciclo completo es denominada el tiempo de ciclo.

### **2.3.1. Estudio de tiempos**

A fin de determinar la producción, se debe determinar el número de viajes completos que una unidad realiza en una hora. Primero se optimiza el ciclo de operación de la unidad con la ayuda de un cronómetro, se toma el tiempo de varios ciclos completos a fin de llegar a un promedio del tiempo de ciclo. Al permitir que el cronómetro que corra continuamente, se pueden registrar por cada ciclo diferentes segmentos del tiempo, con el tiempo de carga, tiempo de espera. Al conocer los segmentos individuales del tiempo proporciona una buena oportunidad de evaluar el balance de distribución y la eficiencia del trabajo. Los números en las columnas blancas significan lecturas al para el cronómetro, en las columnas sombreadas son valores calculados. Esto puede ser fácilmente extendido para incluir otros segmentos del ciclo tales como.

Tiempo de acarreo, tiempo de descarga. Se pueden desarrollar formatos similares para otros equipos. El tiempo de espera es el tiempo que una unidad debe esperar, de tal manera que ambas puedan realizar el trabajo conjuntamente. El tiempo de demora es cualquier otro tiempo que no sea de espera cuando una máquina que no está desarrollando su tiempo de trabajo. El tiempo de ciclo puede o no incluir los tiempos de espera y /o demoras.

### **2.3.2. Estudio de tiempos del equipo**

Los tiempos asociados al ciclo son básicamente los siguientes:

Tiempo de carga ( $T_c$ )

Tiempo de descarga ( $T_d$ )



Tiempo maniobra ( $T_m$ );

Tiempo de viaje con el balde lleno ( $T_{vc}$ )

Tiempo de viaje con el balde vacío ( $T_{vv}$ ).

Sólo los dos primeros se consideran tiempos fijos que dependen exclusivamente del equipo. Mientras que los tiempos restantes son variados ya que dependen de las condiciones de la carretera, la distancia de transporte, la carga del equipo (tipo de mineral), la pendiente, la experiencia del operador y la visibilidad, entre otros factores. La obtención de datos precisos sobre el tiempo de ciclo es un método eficaz para estimar el rendimiento de estos equipos. El tiempo de ciclo (Cycle T.) de un LHD se mide en minutos como sigue:

$$T_{ciclo} = T_c + T_d + T_m + T_{vc} + T_{vv}$$

El rendimiento del equipo LHD se usa la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ ciclo (ciclo/hora)} = 60 / (T_c + T_d + T_{vc} + T_{vv} + T_m)$$

Elementos básicos para el estudio de tiempos

Tiempo productivo.

Tolerancias.

Tiempo improductivo.

#### a) **Tiempo productivo**

**Productivo neto:** La cantidad de tiempo que una máquina realiza el trabajo para el que fue diseñada.

**Demoras operativas:** Momentos antes y después de la utilización del aparato, se llevan a cabo estos procedimientos.

Inspección de labor.



Cambio de labor a otra labor

Traslado de equipo al refugio.

Verificación de equipo.

#### **b) Tolerancia**

Demoras inevitables: Demoras que se dan por el personal antes de realizar su trabajo en la labor, se toman en cuenta en el análisis si se encuentran dentro de las horas de la jornada laboral.

Refrigerio.

Cambio de guardia.

Recojo y/o devolución de lámpara.

#### **c) Tiempo improductivo**

Improductivo inevitable: Son las actividades que debe hacer el personal sea por necesidad o procedimiento de trabajo pero que no contribuyen directamente al tiempo productivo.

Reparto de guardia e inducción de seguridad.

Traslado de superficie a refugio.

Traslado de labor a superficie.

Improductivo evitable: Demoras no operativas que el personal asume para continuar con su labor.

Espera de scoop.

Habilitación de vía.



Reparaciones mecánicas y/o eléctricas.

### **Factores que afectan la productividad del equipo LHD**

Iluminación.

Granulometría del material a cargar (colpas muy grandes disminuyen factor de llenado).

Vías de tránsito y tráfico.

Áreas de carga y descarga.

- Ventilación (polvo y falta de oxígeno).
- Interferencias con otras operaciones mineras, tales como voladura secundaria.

### **2.3.3. Disponibilidad**

La disponibilidad de un equipo o sistema es una métrica que indica el tiempo que ese equipo o sistema operativo está disponible en relación con la duración total para la que se proyectó su funcionamiento. Normalmente, se indica en forma de porcentaje.

*Uso de disponibilidad (%) = ((horas trabajadas / (horas trabajadas + horas stanby)) x 100*

#### **Utilización efectiva**

La utilización efectiva se determina como se indica a continuación: (J. Durant, 2005)

*Utilización efectiva (%) = (horas trabajadas / horas totales) x 100*

#### **Factores que afectan a la productividad en el transporte y acarreo**

Se debe considerar que la eficiencia y el costo operativo se verán afectados por dos tipos de factores: positivos y negativos.

#### **Factores positivos**

Algunos factores que ayudan a mejorar la productividad son:

- Personal altamente capacitado.



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

### **Factores negativos**

Algunos factores que provocan pérdidas:

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

### **Productividad teórica**

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

$$Productividad\ teorica\ (TM / h) = \left(\frac{Q}{CICLO}\right) * \left(\frac{CICLO}{HORA}\right)$$

Dónde:

Q: Capacidad nominal del equipo (TM).

Ciclo: Tiempo de ciclo de acarreo (min).

### **Productividad promedio**

La productividad media es el peso o el volumen generado por hora y por unidad de operación, teniendo en cuenta los retrasos fijos y variables. Esta tasa de producción debe aplicarse al periodo de tiempo elegido (turno, día) para estimar la producción global.



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

Donde:

T: Duración del periodo de tiempo total (min).

R: Retrasos fijos (min).

e: Eficiencia de trabajo (Retrasos variables, en %).

Q: Capacidad nominal del equipo (TM).

Tc: Tiempo de ciclo de transporte (min).

### **Productividad máxima por hora**

La productividad máxima se refiere al peso o al volumen generado por hora por una unidad operativa, teniendo en cuenta los retrasos variables. Este índice de producción debe utilizarse para establecer el número de unidades de transporte que deben asignarse a una cuchara para satisfacer un determinado requisito de producción necesaria para alcanzar un determinado nivel de producción. Se determina de la siguiente manera:

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

Dónde:

e: Eficiencia de trabajo (retrasos variables en %).

Q: Capacidad nominal del equipo (TM).

Tc: Tiempo de ciclo de transporte (min).

### **Tiempo total de operación**

Es la cantidad real de tiempo que el dumper ejecuta las tareas relacionadas con la producción. Se define como el total de todos los tiempos del ciclo de transporte (tiempo

de giro y posicionamiento, tiempo de carga, tiempo de transporte, tiempo de descarga y tiempo de retorno).

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

El tiempo necesario para que el camión volquete se disponga en el lugar de carga, este tiempo depende del tipo de equipo de transporte y de las circunstancias operativas. Los errores de posicionamiento en el punto de carga pueden suponer importantes pérdidas de tiempo operativo. Una colocación adecuada de los volquetes reduce el tiempo de giro de la pala y aumenta su rendimiento.

### **Tiempos de posicionamiento en punto de carguío según condiciones de operación**

**Tabla 2.** *Tiempo de Posicionamiento.*

<b>TIEMPO DE POSICIONAMIENTO (min)</b>			
Condiciones de operación	INFERIOR	TRASERA	LATERAL
Favorable	0.15	0.15	0.15
Promedio	0.5	0.3	0.5
Desfavorable	1	0.5	1

FUENTE: Manual de cálculos de rendimientos de maquinaria pesada, Jiménez (2005).

### **Tiempo de carguío (Tc)**

Es el tiempo necesario para que el dumper se cargue desde el contenedor o la pala, el tiempo de carga depende del número de líneas necesarias para llenar la capacidad del dumper (o unidad de transporte). Se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

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

Dónde:

Te: Tiempo de ciclo del scoop (min).

N: Número de pases.



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

$$N^{\circ} = \frac{Q}{(C * f * e * P.e.)}$$

Dónde:

Q: Capacidad nominal del equipo (TM).

C: Capacidad nominal de la cuchara (m<sup>3</sup>).

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

e: Esponjamiento del material (en %).

P.e.: Peso específico del material in situ (TM/m<sup>3</sup>).

Según Jiménez (2005) “el porcentaje del factor de llenado dependerá del tipo de material a ser cargado, así se tiene”:

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

Así también Jiménez (2005) “indica que el porcentaje de esponjamiento de material a ser cargado, será”:

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



### **Tiempo de acarreo y transporte ( $T_a$ )**

Ahora es el momento de que el dúmper cargado recorra la distancia actual hasta su destino. Depende de la distancia de transporte "D" y de la velocidad del dúmper cargado.

$$T_a = D / V_c$$

Por lo tanto:

D: Distancia del acarreo.

Vc: Velocidad cuando esta con carga.

### **Tiempo de descarga y maniobras ( $T_d$ )**

Este plazo depende de las circunstancias operativas y del tipo de equipo que se esté descargando. Hay que tener en cuenta que no debe haber ningún equipo en acción en la zona de descarga, para que el camión volquete pueda entrar, desplazarse hacia atrás una distancia determinada, descargar el material utilizando las operaciones de aceleración y desaceleración adecuadas, y luego volver a su destino.

Tenga siempre en cuenta las circunstancias de la zona de trabajo al determinar el tiempo de descarga. La tabla 2.2 se proporciona como una guía basada en el tipo de descarga.

### **Tiempo promedio según el tipo de descarga**

**Tabla 3.** *Tiempo según el tipo de descarga.*

<b>TIEMPO SEGÚN EL TIPO DE DESCARGA (min)</b>			
Condiciones de operación	INFERIOR	TRASERA	LATERAL
Favorable	0.3	0.15	0.7
Promedio	0.6	0.3	1.0
Desfavorable	1.5	1.5 – 2.5	1.5

FUENTE: Manual de cálculos de rendimientos de maquinaria pesada, Jiménez.



### **2.3.4. Demoras o tiempos no productivos**

Se incluyen en la investigación las interrupciones del ciclo de trabajo que duran más de 10 minutos.

**Hay tres categorías de interrupciones del ciclo de trabajo:**

#### **a) Retrasos en las operaciones o en el funcionamiento**

Son los casos esporádicos en los que los movimientos o fallos de la organización del sitio detienen la operación en curso.

Interfiere con las actividades en curso Falta de trabajo en el frente, mantenimiento de la vía, congestión en los puntos de descarga, etc.

#### **b) Retrasos personales o no operativos**

Incluyen los periodos en los que el operador se toma un descanso, así como los incidentes provocados por el operador.

Los incidentes relacionados con el clima que crean retrasos no operativos se denominan igualmente retrasos no operativos. Se trata, por ejemplo, de los descansos y las pausas, los cambios de guardia, la lluvia o la niebla, etc.

#### **c) Retrasos mecánicos**

Son los retrasos que se producen cuando el ciclo de extracción se detiene debido a una avería mecánica del equipo. Ejemplo: fugas de aire, cambio de herramientas y pinchazo de neumáticos. Rotura de muelles, etc.

## **2.4. RENDIMIENTO**

“Se considera como rendimiento  $N$  al peso  $W$  toneladas transportados en la unidad de tiempo en horas”. (J. Durant, 2005)

$$N = W/H$$



“El peso transportado depende muchas variables: De los scooptrams dependen la capacidad de cuchara  $V_c$ ,  $m^3$  y la velocidad de transporte, la densidad. Del material promedio  $\delta$  es de 2,8  $TM/m^3$  y por ser dinamitado el coeficiente de llenado de la cuchara  $\phi$  es del 0,85”. (J. Durant, 2005)

$$W = \delta \phi V_c$$

#### **2.4.1 Parámetros a tener en cuenta para mejor rendimiento en la limpieza.**

##### **a. Grado de fragmentación**

El material disparado o el tamaño medio necesario de los trozos varía en función de la aplicación, aunque una fragmentación demasiado gruesa o demasiado fina suele ser perjudicial. Anote la proporción de rocas grandes que será necesario reducir en el futuro.

##### **b. Acarreo**

El transporte es el traslado breve de material roto en la mina, es decir, el transporte tiene restricciones o un radio de acción limitado y se situará en los frentes de explotación.

##### **c. Estado de las vías**

Derrame de la carga, efecto sobre los componentes mecánicos, impacto del operador, reducción de la velocidad, desgaste de los neumáticos, etc.

##### **d. Área de carguío**

Debe tener un fondo sólido para que el cubo no se entierre y no provoque fuerzas que puedan dañar el equipo, como el cilindro central que gira.

#### **2.5. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

##### **1. Subterráneo**

Excavación natural o hechas por el hombre debajo de la superficie de la tierra.



## **2. Frente**

Es el lugar en donde se emplaza personal y máquina de perforar para realizar el avance de una galería o crucero, mediante perforación y voladura.

## **3. Parámetros**

Esta es la palabra que designa las numerosas ratios que pueden verse en el lugar de trabajo.

## **4. Macizo rocoso**

Es el conjunto de trozos de matriz de roca y discontinuidades.

## **5. Acarreo**

El transporte de materiales rotos en la mina es breve, lo que significa que el transporte tiene restricciones o un radio de acción limitado y se situará en los frentes de operación.

Transporte de materiales desde los lugares de extracción o producción hasta las zonas de eliminación o aplicación.

## **6. Estado de las vías**

Derrame de la carga, impacto en los componentes mecánicos, impacto en el operador, reducción de la velocidad, desgaste de los neumáticos.

## **7. Área de carguío**

Debe tener un suelo robusto para que la cuchara no se entierre y no estrese el equipo, como el cilindro central giratorio.

## **8. Productividad del equipo**

La capacidad de generar más con menos recursos es la productividad. Esto hace que los precios se mantengan bajos, ya que hay suficientes equipos para el transporte y el

acarreo, lo que permite que los presupuestos se mantengan bajos. El acarreo y el transporte del mineral es uno de los componentes más esenciales de la estructura de costes de una explotación minera; sin embargo, a menudo se pasa por alto la distribución del equipo.

## 2.6. EQUIPO LHD (SCOOPTRAM)

La cargadora minera de metro Scooptram está pensada para cargar y transportar grandes cargas en operaciones mineras de metro a un bajo coste por tonelada. Su pequeño diseño, su alto rendimiento, su construcción robusta y su sencillo mantenimiento proporcionan una productividad excepcional, una larga vida útil y unos gastos de funcionamiento mínimos. Diseñado para el rendimiento, construido para la comodidad, y hecho para durar.



**Figura 2.** Equipo lhd scooptram, 2 yd3

El equipo LHD 2 yd3 (Scooptram) está preparado para poder cargar a los camiones de bajo perfil también a los carros mineros Shuttle car y carros GB-140, también realiza descarga sobre los piques que son de traspaso o sobre suelo para así pueda en este caso otro equipo complete el ciclo de carga.



### **Estado de las vías**

Ocasiona el derrame de carga, trae consecuencias en los elementos mecánicos, impactos en los operadores, reducción de la velocidad, desgaste temprano de neumático que según el fabricante debería durar 2000-2500 horas y por catálogo 3000 horas que suele bajar a 1800 horas).

### **Gradiente**

La distancia siempre va estar ligada a la variación de una magnitud, se toma en cuenta desde la línea donde la variación es máxima en cuanto a la magnitud y esto da valores diferentes en los distintos puntos que existen en una región del espacio.

### **Peralte**

Su función principal de un peralte es que no haiga volcamiento de vehículos, nos facilita la compensación de fuerza centrífuga causado por los equipos que transitan en las curvas. Para realizar dicho cálculo de peralte son necesarios la fuerza centrífuga y gravitacional; de tal modo tendremos que aplicar la siguiente formula:

$$h = \frac{V^2 \times a}{R \times g}$$

Dónde se tiene:

h: Peralte (m).

V: Velocidad (m/s).

R: Radio de curvatura (m).

g: Aceleración de la gravedad (m/s)

a: Ancho (m).

### **Radio de curvatura**

Contamos con dos tipos:

a. Radio de curvatura interno.



b. Radio de curvatura externo.

Cuando deseamos elegir un radio de curvatura adecuado en mina, se toma en cuenta su radio interno de equipo del que va ser grande en su longitud, que se está usando. En este caso para nuestros cálculos tomaremos en cuenta el radio promedio de curvatura obtenido de la siguiente formula planteada:

$$R_p = \frac{RI + RE}{2}$$

Dónde:

RE: Radio externo

RI: Radio interno

Rp: Radio promedio

### **Resistencia al movimiento**

Son fuerzas no manejables que están presentes en los movimientos que se tienen en las vías y están opuestas al movimiento, tenemos dos tipos de resistencia; la primera es la resistencia normal al movimiento, la segunda es la resistencia suplementaria.

## **2.7. TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN**

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



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

Según las características del proyecto de investigación es de tipo descriptivo y experimental, el estudio se refiere a la optimización de costos de carguío y acarreo de mineral mediante el control de tiempos y el análisis del rendimiento de equipos en el frente de la Galería San Bartolomé en la Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

La metodología para desarrollar el proyecto de investigación, en su primera etapa consistió en realizar la evaluación de las operaciones del sistema de carguío y acarreo anterior en el frente de la Galería San Bartolomé.

En dicha evaluación se considerará la distancia recorrida, equipo utilizado, tiempo de carguío, tiempo de acarreo, rendimiento de los equipos, estos controles se realizarán durante 12 días equivalente a 24 guardias. Los datos se recopilarán en sus respectivas fichas de control.

Posteriormente en el proyecto de investigación se ha realizado el control estricto de tiempos de carguío y acarreo de mineral, estos controles se han realizado durante 12 días, equivalente a 24 guardias, en dicho periodo se ha evaluado la distancia recorrida de los equipos, tiempo de carguío y acarreo, equipo utilizado, rendimiento de los equipos.

En el estudio de investigación se ha minimizado el tiempo de carguío mediante el control de tiempo total utilizado para limpiar todo el volumen acumulado en el frente de la galería, y se ha reducido el tiempo de acarreo mediante el mantenimiento de la vía de recorrido en una distancia de 80 metros desde el frente de la Galería hasta la cámara de carguío.

Finalmente, con los resultados obtenidos se ha realizado el análisis comparativo de los tiempos de carguío y acarreo anterior y actual en el frente de la Galería San





Bartolomé de la Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa

### **3.2. POBLACIÓN**

En este proyecto de investigación seleccionamos la mina San Bartolomé y San Ignacio que contienen roca granodiorita y andesita ambas rocas tienen como densidad de 2,6 MT/m<sup>3</sup>. Estas minas son administradas por la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C.- Arequipa.

### **3.3. MUESTRA**

La Empresa Minera Yanaquihua S.C.-Arequipa proporcionó una muestra de andesita y granodiorita de la fachada de la Galería San Bartolomé para el estudio de investigación. Su tamaño es de 3 por 2,91 por 320 metros de longitud.

El período de muestreo durará doce días, con dos guardias cada día, para un total de veinticuatro guardias.

### **3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **3.4.1. Variable Independiente**

Tiempo de carguío, acarreo (min/viaje) y rendimiento de equipos (TM/guardia) en la Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

#### **3.4.2. Variable Dependiente**

Costos de carguío y acarreo de mineral (\$/t) en el frente de la Galería San Bartolomé en la Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

**Tabla 4.** Operacionalización de variables.

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable independiente:</b>		
Tiempo de carguío, acarreo (min/viaje) y rendimiento de equipos (TM/guardia) en la Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.	Tiempo de carguío Tiempo de traslado Tiempo de descarga Tiempo de retorno	Minutos/viaje Minutos/viaje Minutos/viaje Minutos/viaje
<b>Variable dependiente:</b>		
Costos de carguío y acarreo de mineral ( \$/t) en el frente de la Galería San Bartolomé en la Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.	Costo de equipo Costo de carguío Costo de acarreo	US\$ US\$/m <sup>3</sup> US\$/m <sup>3</sup>

Fuente: Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

### 3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Como estrategias de recogida de datos se tienen en cuenta los procesos y acciones necesarios para adquirir los datos pertinentes para el tema de investigación. La muestra se realizó en 24 turnos a lo largo de 12 días.

#### 3.5.1. Instrumentos de recolección de datos

La investigación utiliza la liquidación mensual para comprobar los gastos, también son considerados informes diarios y mensuales de la operación, el control diario de la producción, el control del tiempo de transporte y carga, el control de costes, las notas de campo, los formularios de control de datos, las cámaras y el equipo de oficina.



### **Reporte diario y mensual de operación.**

- Capacidad de mineral.
- Tonelada de mineral.
- Numero de equipo.
- Rendimiento de equipo.
- Periodo de carga.
- Periodo de acarreo.
- Cantidad de horas por equipo.

## **3.6. METODOLOGÍA**

### **3.6.1. Método a desarrollarse para Objetivo A**

Los tiempos de carga de mineral en la entrada de la Galería San Bartolomé de la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. - Arequipa deben ser gestionados para reducir los gastos en minutos de cada viaje y, por lo tanto, en dólares por tonelada métrica de mineral cargado.

- Para conocer los costos de carguío se analizó los datos recogidos de campo y la información programada que se tiene en la base de datos como es diaria, semanal y mensual del proceso de carguío de limpieza de la galería san Bartolomé.
- Se procedió con la toma de datos de tiempos en lo que respecta a carguío, también lo concerniente a producción horaria del equipo.
- Se llevo a cabo el indujo de dato de tiempo de carguío y producción de equipo.
- Se generó la nueva base de datos con la información obtenida y nuevos datos recolectados.
- Se realizo una comparación de resultados anteriores vs optimizado.



- Se ha obtenido resultados de todas las muestras realizadas, con lo cual se puede obtener una conclusión final.

### **3.6.2. Método a desarrollarse para Objetivo B**

Disminuir los precios de acarreo de mineral en US\$/m<sup>3</sup>, mediante el control de tiempos en el frontis de la Galería San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

- Para conocer los costos de carguío se analizó los datos recogidos de campo y la información programada que se tiene en la base de datos como es diaria, semanal y mensual del proceso acarreo de la galería san Bartolomé.
- Se tomó datos de tiempos de acarreo.
- Se recopiló todos los datos necesarios obtenidos en campo para luego ser procesado y realizar el estudio y su respectivo análisis.
- Evaluar si la reducción del tiempo de transporte minimiza los gastos y mejora la producción.
- Se ha obtenido resultados de todas las muestras realizadas, con lo cual se puede obtener una conclusión final.

### **3.7. DISEÑO DE RAMPA**

La función principal de las rampas es aprovechar o adquirir altura; también suelen denominarse desarrollos o galerías inclinadas.

Debido al elevado coste del mineral necesario para su mantenimiento, suelen realizarse lejos de la veta.

#### **3.7.1. Parámetros de diseño**

La sección, la pendiente, el radio de curvatura y la longitud son las principales variables.



La pendiente y el peralte son elementos opcionales.

El tamaño de la maquinaria utilizada depende de varios factores, como la capacidad de producción que tiene dicho equipo y también juega un papel fundamental las características geotécnicas que se van a tener en dicho lugar o terreno.

	ANCHO	ALTURA
RAMPAS PRINCIPALES	3.2 – 6.0 m	3.0 – 4.0 m
RAMPAS AUXILIARES	2.5 – 3.5 m	2.5 – 3.0 m

La anchura tiene que ser de 1,75 a 2,0 metros más ancha que la pieza de equipo, y se debe contar con una altura de 0,50 metros ósea superior a la anchura y la altura combinadas de las piezas de maquinaria seleccionadas.

Una estrategia alternativa es que la altura de trabajo sea entre 1 y 3 metros más alta que la maquinaria seleccionada.

Se recomienda que la coherencia de la anchura y altura de la labranza no supere los 2,0 metros.

### **3.7.2. Gradiente o pendiente**

Los gastos de fabricación, evolución o desarrollo, así como los costes de explotación, definen la pendiente óptima de cada rampa.

Para un rendimiento óptimo, se recomienda un gradiente del 8-10%, con un rango del 5%-15%; en la actualidad, el gradiente medio en nuestras operaciones mineras es del 12%.



El gradiente anterior era del 10%, pero se recomendó uno nuevo del 12% para proporcionar una mayor optimización de los costes, y ya se está aplicando con resultados positivos.

Como ejemplo extremo, las rampas auxiliares pueden incluir breves tramos con una pendiente del 17-20%.

### 3.7.3. Radio de curvatura

Las vías de los transportadores deben ser tan rectos como sea posible, o al menos tener un radio de curvatura más alto cuando sean necesarias las curvas. Los requisitos del equipo dictan qué radios se utilizan. En los catálogos figuran dos curvaturas diferentes:

- a) Primero el Radio de curvatura interna
- b) Segundo el Radio de curvatura externa.

Los RE de los transportadores deben ser tan rectos como sea posible, o al menos tener un radio de curvatura más alto cuando sean necesarias las curvas.

Los requisitos del equipo dictan qué radios se utilizan. En los catálogos figuran dos curvaturas diferentes.

### 3.7.4. Elección del equipo de carguío

#### 1.-Datos generales:

Sección de labor	: 2.9 m. x 3.0 m.
Avance real / disparo	: 1.33 m.
Roca	: Granodiorita
Densidad de Roca “insitu”	: 2.6 TM / m. <sup>3</sup>
Factor de esponjamiento	: 35 %
Pendiente de Rampa	: 12 %



Factor de carguío	: 85 %
Eficiencia del tiempo de operación	: 70 %
Disponibilidad mecánica	: 80 %
Horas disponibles de trabajo/guardia	: 4 hr

### 3.7.5. Selección del tamaño del scooptram

Se tienes 4 horas para completar la limpieza frontal, así que por favor elige la talla S/T adecuada. Se utilizarán los catálogos de WAGNER.

### 3.8. CÁLCULO DE CICLO DE LIMPIEZA

$$T_c = T_{cg} + T_i + T_d + T_r \text{ (mm: ss)}$$

$$T_c = 00: 43 + 00: 57 + 00: 22 + 00: 49 \text{ (mm: ss)}$$

$$T_c = 02: 53 \text{ (mm: ss)}$$

#### 3.8.1. Cálculo de tiempo neto de limpieza

$$T_l = \sum(T_c) : (\text{hh: mm: ss})$$

Donde:

$\sum(T_c)$ : sumatoria de todos los ciclos que se realizaron

$$T_l = 2: 55: 00 ; (\text{hh: mm: ss})$$

#### 3.8.2. Calculo tiempo total de limpieza (TL)

$$T_l = T_l + d : (\text{hh: mm ; ss})$$

Donde:

T<sub>l</sub>: tiempo neto de limpieza (hh:mm:ss)

d: demoras operativas (min)

$$T_l = 2: 55: 00 + 00 31: 48; (\text{hh: mm: ss})$$

$$T_l = 3: 26: 12; (\text{hh: mm: ss})$$



### 3.8.3. Rendimiento del equipo LHD (Rs)

Cálculo para rendimiento del equipo LHD

$$Rs = Ve / Tl$$

Donde

Rs: Rendimiento del equipo LHD

Ve: Volumen Esponjado (m<sup>3</sup>)

Tl: Tiempo total de limpieza (h)

$$Rs = Ve / Tl$$

$$Rs = 45.15 / 2.53$$

$$Rs = 114.22 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 3.9. CALCULO COSTO HORARIO SCOOPTRAM

### 3.9.1. Cálculos de costo de posesión

Valor de adquisición (Va)

Completo: US\$ 310000

Sin llantas: US\$ 306540

**Valor de rescate (Vr)**

Porcentaje: 10%

$$Vr = \% * Va$$

$$Vr = 10\% * 310000$$

$$Vr = 31000 \text{ US\$}$$

**Vida económica útil (VEU)**

Años: 6 años

Horas: 12000 horas





### 3.9.2. Cálculo de costo horario de depreciación (\$/hr)

$$cd = \frac{(Va - Vr)}{n}$$

Se tiene:

Cd: Depreciación (\$/hr)

Va: Valor de adquisición

Vr: Valor de rescate

n: Vida económica

$$cd = \frac{(310000 - 31000)}{12000}$$

$$cd = 24 \$/hr$$

### 3.9.3. Costo de mantenimiento y reparación

Trabajo duro = 80 – 100 %

Trabajo normal = 60 – 90%

Trabajo suave = 50 – 80%

Se asume para trabajo normal 60%

$$CM = \frac{pt * Va}{N}$$

Donde:

Pt: porcentaje según trabajo que realiza equipo

Va: valor de adquisición equipo (\$)

N: vida económica de equipo (hr)

$$Cm = \frac{(60\% * 310000)}{12000}$$

$$Cm = 15.5 \$/hr$$



### 3.9.4. Cálculo de costo de combustible

Consumo de combustible por hora: 4.8 gl/hr

Costo de combustible: 4.50 \$/gl

Costo horario combustible = 4.8\*4.50

Cc = 21.6 \$/hr

### 3.9.5. Cálculo de costo de lubricantes

Consumo de lubricantes por hora: 0.30 gl/hr

Costo de lubricantes: 8.00 \$/gl

Costo horario combustible = 0.30\*8.00

Cl = 2.4 \$/hr

### 3.9.6. Cálculo de costo de llantas

$$CU = \frac{C_{tll}}{VU} (\$/hr)$$

Costo de una llanta: 2500 \$

Vida útil: 1300 hr

Se tiene:

Ctll: costo total juego de llantas (\$)

Vll: vida útil de llantas (hr)

$$Cll = \frac{10000}{1300} \left(\frac{\$}{hr}\right)$$

Cll = 7.69 \$/hr

### 3.9.7. Cálculo de costo horario total de operación (COp)

COp = CM + Cc + Cl + Cf + Cg + CH (\$/hr)

COp = 15.5 + 21.6 + 2.4 + 6.95 + 3.0 + 7.96 (\$/hr)

COp = 57.41 \$/hr



### 3.9.8. Costo total horario de equipo (CT)

$$CT = Cd + S + I + Cop \text{ (\$/hr)}$$

Se tiene:

Cd: costo de depreciación (\\$/hr)

S: costos seguros (\\$/hr)

I: costo de interés (\\$/hr)

COp: costo horario operación (\\$/hr)

$$COp = 24 + 14.93 + 3.00 + 57.41 \text{ \$/hr}$$

$$COp = 99.34 \text{ \$/hr}$$



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En una mina subterránea el funcionamiento que se tiene, necesariamente se tiene que ajustarse a los procedimientos operativos estándar, estar estructurado para reducir los gastos de explotación y así se podrá brindar un entorno seguro para nuestro personal, en el trabajo que se está realizando.

#### 4.2. CONTROL DE TIEMPOS DE SCOOP

Los Factores que se deben considerar para poder realizar las mediciones de control de tiempo en la productividad de las cucharas:

Ti: periodo de ida.

Tc: periodo de carga.

Tr: periodo de regreso.

Td: periodo de descarga.

#### 4.3. CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

##### HIPÓTESIS 1.

Mediante el control de tiempos se minimizará los costos de carguío en el frontis de la Galería San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

##### DATOS DEL DUMPER

MARCA : ATLAS COPCO

POTENCIA DE MOTOR : 250 HP

VIDA ÚTIL : 14000 HORAS

CAPACIDAD : 6 Ton

##### DATOS DEL SCOOPTRAM LHD

MARCA : SANDVIK LH 203E



MODELO : LH 203E

CAPACIDAD DE CUCHARA : 2 yd<sup>3</sup>

MOTOR : Diesel

**VARIABLES FIJAS**

PESO ESPECÍFICO INSITU : 2.5 ton / m<sup>3</sup>

FACTOR DE ESPONJAMIENTO : 35%

PESO ESPECÍFICO SUELTO : 2.37 ton / m<sup>3</sup>

Volumen de mineral en el frente: 23 m<sup>3</sup>, Distancia frente – cámara de transferencia: 70 mts

**4.4. CONTROL DE TIEMPO DE CARGUÍO ANTERIOR**

**Tabla 5.** Control de tiempo de viaje del scooptram- periodo anterior.

<b>TOMA DE PERIODO DE TIEMPO DE VIAJE DE SCOOPTRAM DE 2 yd<sup>3</sup>- PERIODO ANTERIOR</b>					
<b>N.º DE VIAJES</b>	<b>PERIODO DE CUCHAREO (seg)</b>	<b>PERIODO DE IDA CARGADO (seg)</b>	<b>PERIODO DE DESCARGA (seg)</b>	<b>PERIODO DE REGRESO VACÍO (seg)</b>	<b>TOTAL (seg)</b>
1	26	61	25	55	167
2	23	59	20	60	162
3	27	63	18	59	167
4	35	61	25	57	178
5	36	60	26	55	177
6	37	60	24	58	179
7	40	61	28	55	184
8	30	65	30	60	185
9	35	66	27	59	187
10	35	63	26	63	187
11	31	64	25	58	178
12	34	62	28	57	181
13	38	69	26	56	189
14	30	67	28	60	185
15	25	62	24	59	170
16	26	60	30	60	176
17	34	63	28	61	186



18	31	67	29	65	192
Total (seg)	573	1133	467	1057	3230
Tiempo Promedio	31.8	62.9	25.9	58.7	179.4

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.5. CONTROL DE TIEMPO DE CARGUÍO OPTIMIZADO

**Tabla 6.** Control de periodo de tiempo de viaje del scooptram – periodo optimizado.

<b>TOMA DE PERIODO DE TIEMPO DE VIAJE DE SCOOPTRAM DE 6 yd<sup>3</sup>- PERIODO OPTIMIZADO</b>					
<b>N.º DE VIAJE</b>	<b>PERIODO DE CUCHAREO (seg)</b>	<b>PERIODO DE IDA CARGADO (seg)</b>	<b>PERIODO DE DESCARGA (seg)</b>	<b>PERIODO DE REGRESO VACÍO (seg)</b>	<b>TOTAL, (seg)</b>
1	23	57	22	49	152
2	20	57	19	50	148
3	24	56	17	49	149
4	29	57	22	48	160
5	32	55	20	48	160
6	32	56	23	47	164
7	33	57	25	50	172
8	38	54	24	50	174
9	36	55	23	51	174
10	32	55	22	50	169
11	30	56	22	51	170
12	29	58	21	51	171
13	30	57	23	50	173
14	28	55	23	49	169
15	30	57	22	51	175
16	30	56	20	51	173
17	28	58	19	53	175
18	27	57	20	49	171
Total (seg)	531	1013	387	897	2999



Tiempo Promedio	29.5	56.27	21.5	49.83	166.61
-----------------	------	-------	------	-------	--------

FUENTE: Elaboración propia

## HIPÓTESIS 2.

Los gastos de transporte frente a la galería de San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. - Arequipa serán disminuidos a través del monitoreo del tiempo y del rendimiento de los equipos.

### 4.6. CONTROL DE TIEMPO DE ACARREO ANTERIOR

#### 4.6.1. Tabla de toma de periodo de tiempo con una gradiente de 10%

**Tabla 7.** Control de periodo de acarreo con dumper – periodo anterior.

<b>TOMA DE PERIODO DE ACARREO DUMPER DE 6TM – PERIODO ANTERIOR</b>					
<b>Nº DE VIAJE</b>	<b>POSICIÓN DE CARGA (seg.)</b>	<b>RECORRIDO CARGADO (seg.)</b>	<b>POSICIÓN DE DESCARGA (seg.)</b>	<b>RETORNO VACÍO (seg.)</b>	<b>TOTAL (seg.)</b>
1	358	450	76	365	1249
2	367	457	78	384	1286
3	375	460	82	345	1262
4	379	461	83	410	1333
5	325	458	82	395	1260
6	315	467	85	410	1277
7	350	480	84	400	1314
8	348	472	83	410	1313
9	390	473	81	415	1359
Total (Seg)	3207	4178	734	3534	11653
Tiempo Total	356.33	464.22	81.55	392.66	1294.77

FUENTE: Elaboración propia



#### 4.7. CONTROL DE TIEMPOS DE ACARREO OPTIMIZADO

##### 4.7.1. Tabla de control de tiempos con una gradiente de 12%

**Tabla 8.** Control de tiempo de acarreo con dumper – periodo optimizado.

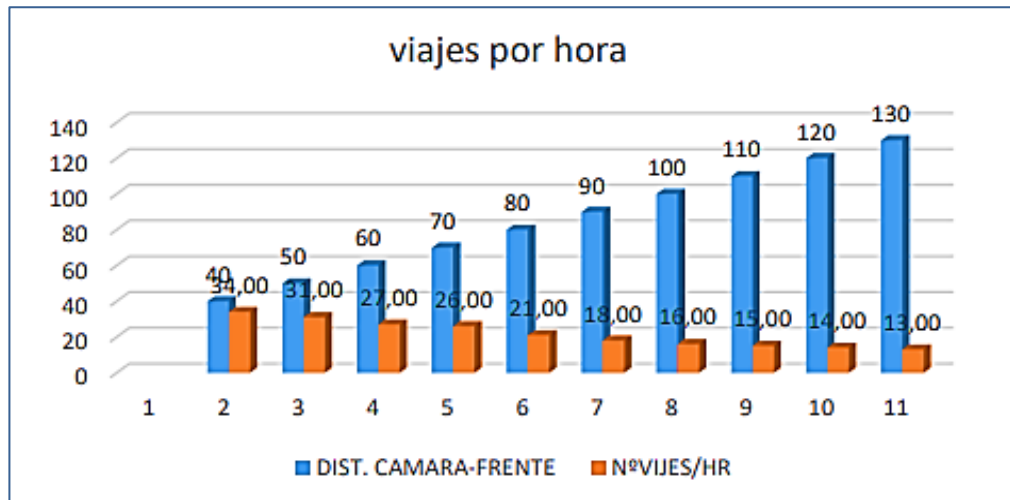
<b>TOMA DE PERIODO DE ACARREO DE DUMPER DE 6 TM – PERIODO OPTIMIZADO</b>					
<b>N° DE VIAJE</b>	<b>POSICIÓN PARA EL CARGA (Seg.)</b>	<b>RECORRIDO CARGADO (Seg.)</b>	<b>POSICIÓN DE DESCARGA (Seg.)</b>	<b>RETORNO VACÍO (Seg.)</b>	<b>TOTAL (Seg.)</b>
1	240	352	69	268	930
2	310	348	67	270	997
3	280	353	78	287	1001
4	312	358	79	374	1127
5	289	337	71	315	1017
6	250	360	129	380	1125
7	305	330	79	355	1076
8	298	340	70	370	1086
9	320	345	69	375	1118
<b>TOTAL (Seg)</b>	2604	3123	711	2994	9477
Tiempo promedio	289.33	347	79	332.66	1053

FUENTE: Elaboración propia.

#### 4.8. CÁLCULO DE NÚMERO DE VIAJES REALIZADOS POR HORA, Y SU PRODUCCIÓN HORARIA

Seguidamente, se aprecia una tabla con resultados obtenidos durante 10 días de datos recogidos cuando el frente estaba a unos diez metros más lejos que en la toma anterior.

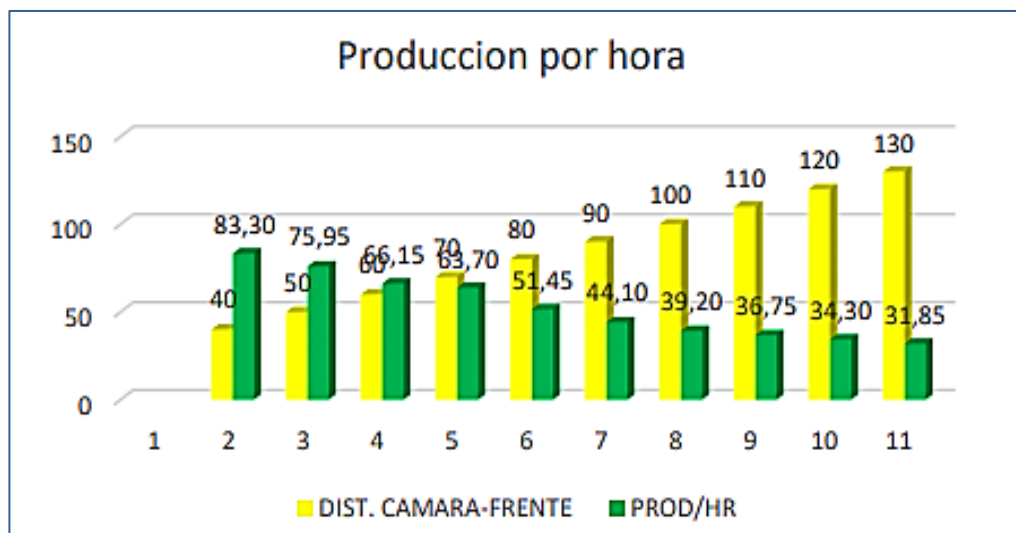




**Figura 3.** Rendimiento de scooptram viajes/hora

Fuente: Propia

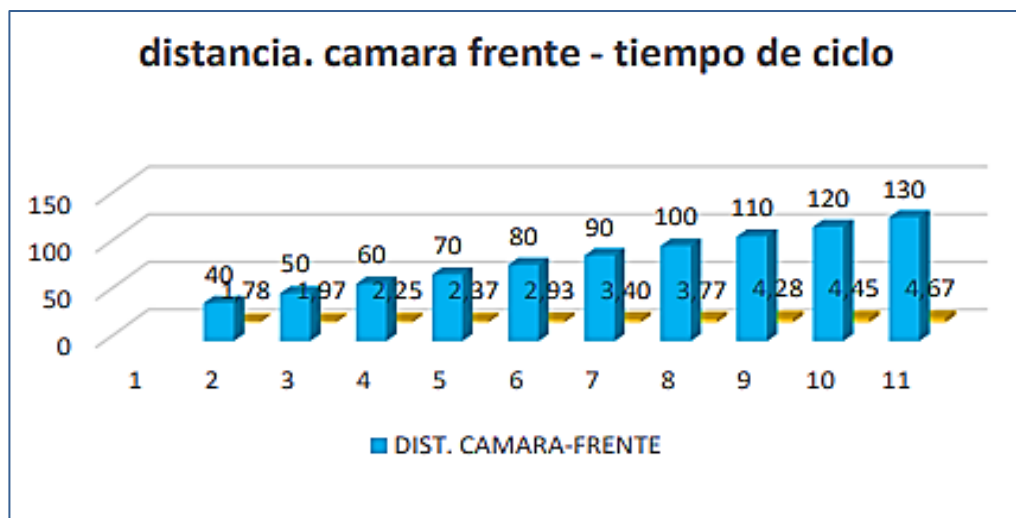
El gráfico demuestra que a medida que aumenta la distancia desde la parte delantera de la cámara, disminuye su eficiencia y a la vez el rendimiento del equipo se ve afectado en términos de viajes que se realiza por un determinado tiempo, que en este caso sería por hora. En otras palabras, el número de viajes por hora disminuirá gradualmente a medida que aumente la distancia.



**Figura 4.** Rendimiento de scooptram T/H

Fuente: Propia

En términos de toneladas extraídas por hora, la producción por hora que se obtiene nos da a conocer que cuan mayor sea la distancia desde la cara frontal de la cámara en este caso es de transferencia, se va tener una menor producción por hora de dicho equipo. En otras palabras, a medida que se desarrolla los avances, también vamos recorriendo mayor distancia de la cámara de transferencia, la producción horaria disminuirá gradualmente.



**Figura 5.** Tiempo de ciclo de scooptram.

Fuente: Propia.

El tiempo del ciclo es proporcional a la distancia entre el frente de ataque que se tiene en la cámara de transferencia y la cámara de transferencia.

## 4.9. CONTRASTACIÓN DE OBJETIVOS

### 4.9.1. Objetivo A

Mediante el control de tiempos en el frente de la Galería San Bartolomé de la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. - Arequipa, se redujeron los gastos de carga de mineral en 0,40 dólares americanos por metro métrico.

#### 4.9.1.1. Costos de carguío Anterior

3230 seg = 53.8 minutos

Costo de limpieza/hr = 85 US\$



Costo de limpieza:  $53.8 \text{ minutos} \times 85 \text{ US\$} / 60 \text{ min} = 76.21$

$76.21 \text{ US\$} / 23 \text{ m}^3 = 3.3 \text{ US\$} / \text{m}^3$

#### 4.9.1.2. Costos de carguío Optimizado

2999 seg = 49.9 min

Costo de limpieza/hr = 85 US\$

Costo de limpieza =  $49.9 \text{ min} \times 85 \text{ US\$} / 60 \text{ min} = 70.6$

$70.6 \text{ US\$} / 23 \text{ m}^3 = 3 \text{ US\$} / \text{m}^3$

#### 4.9.1.3. Comparación de resultados de control de tiempo y costo

**Tabla 9.** Comparación de Control de Tiempos Carguío.

COMPARACIÓN DE CONTROL DE TIEMPOS Y COSTOS ANTERIOR Y OPTIMIZADO CON SCOOP TRAM DE 6 yd <sup>3</sup>						
N° de controles de tiempo	Tiempo anterior (min)	Tiempo optimizado (min)	Costo anterior US\$/m <sup>3</sup>	Costo optimizado US\$/m <sup>3</sup>	Diferencia de tiempo (min)	Diferencia de costos US\$/m <sup>3</sup>
18	53.8	49.9	3.3	2.9	3.9	0.4

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.9.2. Objetivo B

Gracias a la gestión del tiempo frente a la Galería San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C.-Arequipa, los gastos de acarreo de mineral se redujeron en 1,7 dólares por tonelada métrica.

##### 4.9.2.1. Costos de acarreo Anterior

11653 seg = 194 min

Costo de acarreo/hr = 82 US\$

Costo de acarreo =  $194 \text{ minutos} \times 82 \text{ US\$} / 60 \text{ min} = 265.1$

$265.1 \text{ US\$} / 23 \text{ m}^3 = 11. \text{ US\$} / \text{m}^3$

##### 4.9.2.2. Costos de acarreo Optimizado

9477 seg = 157.9 min



Costo de acarreo/= 82 US\$

Costo de acarreo = 157.9 minutos x 82 US\$ / 60 min = 215.7

$215.7 \text{ US\$} / 23 \text{ m}^3 = 9.3 \text{ US\$/m}^3$

#### 4.9.2.3. Resultados comparativos de control de tiempos y costos

**Tabla 10.** *Comparación de Control de Tiempos Acarreo.*

<b>COMPARACION DE CONTROL DE TIEMPOS Y COSTOS ANTERIOR Y OPTIMIZADO DE ACARREO CON DUMPER</b>						
N° de controles de tiempo	Tiempo anterior (Min)	Tiempo optimizado (Min)	Costo anterior US\$/m3	Costo optimizado US\$/m3	Diferencia de tiempo (Min)	Diferencia de costos US\$/m3
9	194	157.9	11	9.3	36.1	1.7

FUENTE: Elaboración propia.

#### 4.10. COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS DE EQUIPOS

**Tabla 11.** *Comparación de Rendimiento.*

<b>RENDIMIENTO COMPARATIVO DEL EQUIPO</b>			
Distancia	Rendimiento Anterior (m3/h)	Rendimiento Optimizado (m3/h)	Diferencia
50	60.01	72.12	12.11
70	53.13	61.3	8.17
90	46.06	53.18	7.12
110	39.1	47.5	8.4
130	35.8	42.6	6.8
150	29.8	36.15	6.35
170	28.5	32.42	3.92
190	27.7	32.15	4.45
210	26.75	31.11	4.36
230	23.66	27.25	3.59
250	22.16	27.18	5.02
270	20.16	23.85	3.69
290	19.4	22.35	2.95

FUENTE: Elaboración propia.



#### 4.10.1. Discusión

Alva (2009), en su tesis estudio de optimización de costos de operación de una flota de scooptrams en una mina subterránea, concluye que con scoop 1 yd<sup>3</sup> para distancias de 75 m – 200 m. en labores de desarrollo y preparación en secciones de labor de 2.6m x 2.7m con un déficit de 236 kg. En transporte, con un motor diésel de 68.75 HP y una eficiencia de trabajo, a un costo horario 25.05 \$/hr. Con scoop 1yd<sup>3</sup>, el material es limpiado desde el frente de la labor y acarreado hasta el ore – pass principal con una productividad de 30 m<sup>3</sup>/hr, haciendo la comparación con la tesis de Alva, la productividad es mayor en un promedio de 99.34 \$/hr.



## V. CONCLUSIONES

Los costos de carguío anterior fueron 3.3 US\$/m<sup>3</sup>, costo de carguío optimizado 2.9 US\$/m<sup>3</sup> y se ha minimizado en 0.4 US\$/m<sup>3</sup>, mediante el control de tiempos en el frontis de la Galería San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.

El costo de acarreo anterior fue de 11 US\$/m<sup>3</sup>, costo de carguío optimizado 9.3 US\$/m<sup>3</sup> y se ha minimizado en 1.7 US\$/m<sup>3</sup>, mediante el control de tiempos en el frontis de la Galería San Bartolomé en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa.



## VI. RECOMENDACIONES

Para la ruta del Scooptram, se recomienda educar a los operadores de los equipos y ejecutar el mantenimiento adecuado de la vía, el mantenimiento de las zanjas y el raspado de la vía para así poder evitar el periodo de tiempo de inactividad producido por las malas condiciones de la vía.

Se sugiere coordinar el trabajo para que el equipo tenga un rendimiento óptimo, y el operador del equipo LHD (Scooptram) cumple un papel fundamental ya que es la persona que inspecciona el equipo y brinda los reportes de estado en el que se encuentra para así poder realizar un mantenimiento adecuado y oportuno del equipo también este encargado de raspar y/o limpiar la vía por la que se desplaza el equipo para mantener la vía en excelente estado siempre.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva, I. A. (2009). *Estudio de optimización de costos de operación de una flota de scooptrams en una mina subterránea*. LIMA, PERU: UNI.
- Alvarez, h. (2014). *Calculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte Unidad Minera de Arcata*. UNSA
- Arango, T. F., & Bellido, C. W. (2015). *Rendimiento de maquinarias en acarreo y transporte de minerales en la Cia. Minera Huancapite S.A.C*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA.
- Baldeon Q. Z. L. (08 de 11 de 2011). *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cía. Minera Condestable S.A*. LIMA: PUCP.
- Becerra e. (2013). Costos de producción
- Bateman, A. M (2003) *Yacimientos minerales de rendimiento económico*
- Catalan, C. (2004) *Geología estructural, de minerales*.
- Condori, C. (1992). *Estudio de Carguío y Transporte de Mineral en Zona I, Unidad de Producción Cobriza CENTROMIN Perú*. PERU: UNA.
- Curo, P. (2014). *Evaluación del ciclo de acarreo y transporte en minería subterránea*
- Gustavo A, G. S. (2010). *Optimización del sistema de minado empleando raise boring para reducir los costos en el tajeo 270 de la zona jimena – Cia. Minera Raura SA*. PERU: UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA.
- Jhony, B. E. (2013). Costos de producción y la teoría de costos de operación en una mina subterránea. PERU.
- Jorge, D. B. (2005). *Manual de acarreo y transporte*. Puno: FIM UNA.
- Jorge, D. B. (2005). *Manual de ingeniería de costos* . Puno: FIM UNA.





- Josue E. M. C. (14 de 11 de 2011). *Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera a tajo abierto*. PERU: PUCP.
- Juan, D. C. (2001). *Selección de equipos de limpieza y carguío en la zona Cuatro Amigos - Corporación Minera Ananea S.A.* PUNO: FIM UNA.
- Kim, C. J. (2009). *Diseño y evaluación técnico económica de un nuevo sistema de carguío y transporte para la minería de hundimiento. Santiago de Chile*: Universidad de Chile .
- Magno, A. (2011). *Mejoramiento continuo en el control de carguío y acarreo con camión en mina Cia Condestable S.A.* PERU: UNI.
- Ozain, C. L. (2007). *Manejo de Costos y Producción*. PERU.
- Pomayay, L. (1999) *Rendimiento de equipos y estándares de producción en la Cia Minera Raura*
- Quispe, M. (2017). *Optimización de costos de acarreo con equipo mecanizado en la Unidad Minera Tambomayo Cia de minas Buenaventura Arequipa.*
- Roger H, R. V. (2011). *Mejoramiento de operaciones unitarias en labores de desarrollo en minería subterránea convencional - unidad minera el cofre*. PUNO, PERU: FIM UNA.
- Técnica, N. (2015). *Elementos para la determinación de costo horario de los equipos y maquinarias* . Ministerio de construcción .



## ANEXOS



## ANEXO 1

### Características del Scooptram Sandvik LH 203E

**MARCA:** SANDVIK

**MODELO:** LH 203E-04

**Main dimensions**

Total length	6 995 mm (275")
Width without bucket	1 420 mm (56")
Maximum width	1 480 mm (58")
Height with safety canopy	1 840 mm (72")

**Weights**

Operating weight	9400 kg (20 700 lb)
Total loaded weight	12900 kg (28 400 lb)
Shipping weight	8700 kg (19 180 lb)
<b>Axle weights without load</b>	
front axle	3700 kg (8 200 lb)
rear axle	5700 kg (12 600 lb)
<b>Axle weights with load</b>	
front axle	8950 kg (19 700 lb)
rear axle	3950 kg (8 700 lb)

Unit weight is dependent on the selected options

**Bucket motion times**

Raising time	6.0 s
Lowering time	3.0 s
Tipping time	3.0 s

**Driving speeds forward and reverse**

1st gear	3.3 km/h (2.0 mph)
2nd gear	5.7 km/h (3.5 mph)
3rd gear	10.3 km/h (6.4 mph)

**Standard converter and gearbox**

Dana 13.6HR 24421-1 (50 Hz) Dana 12.6 HR 24421-1(60 Hz)	One-stage transformation ratio 2.13:1, power shift (mechanical gear shift control) transmission, three gears forwards and reverse
---	--

**Capacities**

Tramming capacity	3500 kg (7 716 lb)
Breakout force, lift	61 kN (6 220 kg) (13 710 lb)
Breakout force, tilt	75 kN (7 650 kg) (16 860 lb)
Tipping load	9600 kg (21 200 lb)
Bucket std.	1,65 m <sup>3</sup> (2.20yd <sup>3</sup> )HB500/400

**Driving speeds forward and reverse**

1st gear	3.3 km/h (2.0 mph)
2nd gear	5.7 km/h (3.5 mph)
3rd gear	10.3 km/h (6.4 mph)

**Frame**

Rear and front frame	Welded steel construction
Central hinge	Box constructed, adjustable

**Standard motor**

**Single-motor operated**

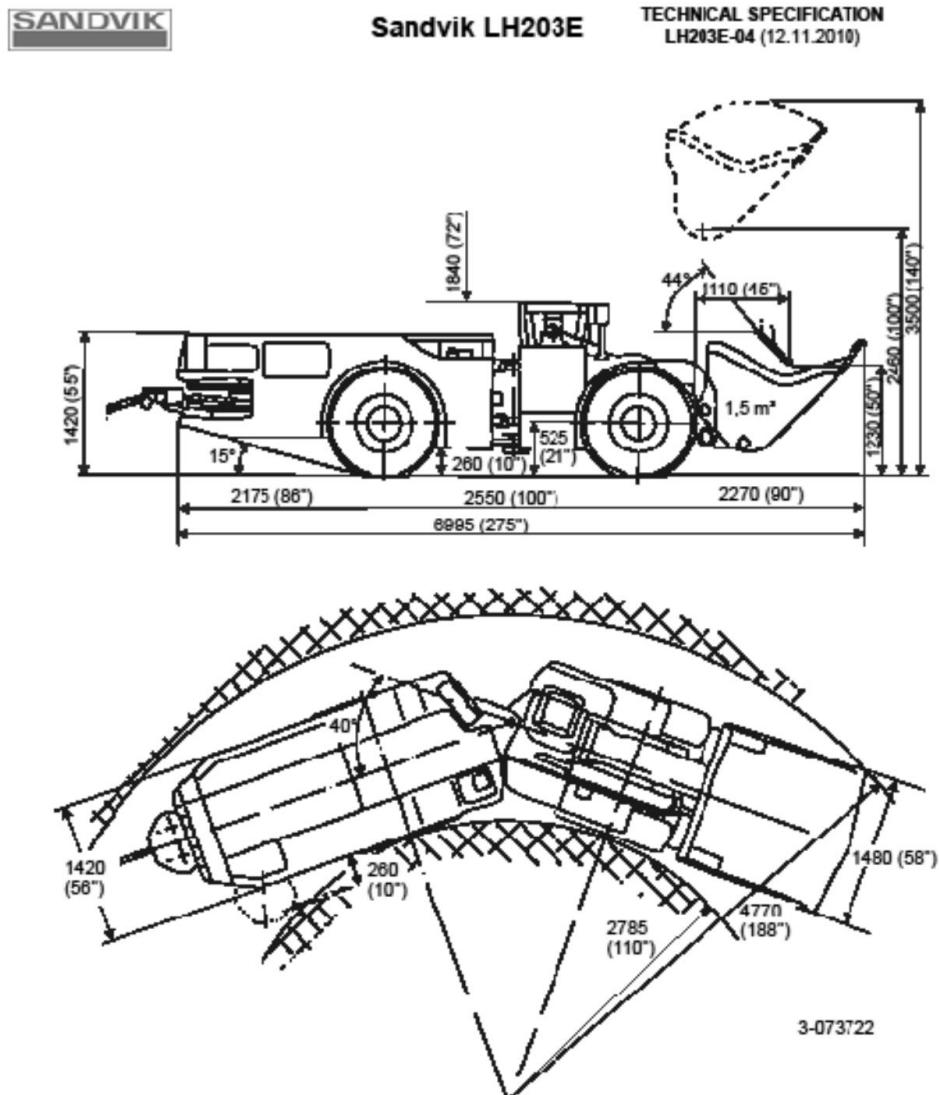
Drive motor	VEM, three-phase
Output	55 kW
Voltage	400 V
Frequency	50 Hz
Speed	1500 rpm
Insulation class	F
Degree of protection	IP 65

**Standard axles**

Front axle	Dana 14D 1441 LCB No-Spin differential, fixed
Rear axle	Dana 14D 1441 LCB oscillating $\pm 10^\circ$

## ANEXO 2

### Dimensiones del Scooptram Sandvik LH 203E



Note: Dimensions subject to bucket options

### ANEXO 3

#### Distancia optima de acarreo

