

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE ACARREO CON EQUIPO MECANIZADO EN  
LA UNIDAD MINERA TAMBOMAYO CIA. DE MINAS BUENAVENTURA  
AREQUIPA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:  
Bach. WILFREDO QUISPE MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2017**



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



**“OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE ACARREO CON EQUIPO MECANIZADO EN  
LA UNIDAD MINERA TAMBOMAYO CIA. DE MINAS BUENAVENTURA  
AREQUIPA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR :**

**Bach. WILFREDO QUISPE MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO - PERÚ**

**2017**

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

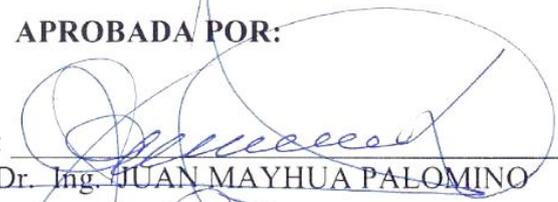
**TESIS**

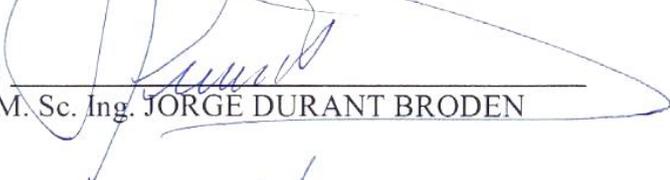
“OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE ACARREO CON EQUIPO MECANIZADO EN LA UNIDAD MINERA TAMBOMAYO CIA. DE MINAS BUENAVENTURA AREQUIPA”

**PRESENTADA POR:** Bach. WILFREDO QUISPE MAMANI

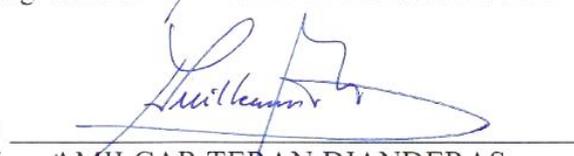
A la Dirección de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, como requisito para optar el título de Ingeniero de Minas

**APROBADA POR:**

PRESIDENTE DEL JURADO :   
Dr. Ing. JUAN MAYHUA PALOMINO

PRIMER MIEMBRO :   
M. Sc. Ing. JORGE DURANT BRODEN

SEGUNDO MIEMBRO :   
Ing. ARTURO R. CHAYÑA RODRIGUEZ

DIRECTOR :   
Ing. AMILCAR TERAN DIANDERAS

ASESOR :   
Ing. MATEO U. CONDORI ALEJO

Área: Ingeniería de minas

Tema: Análisis de costos mineros y comercialización de minerales

## DEDICATORIA

A Dios, por su gran bendición en mi vida diaria. Con todo cariño a mis padres, Santos Quispe Huayta y Maria Mamani Alejo, por su dedicación y apoyo incondicional hacia mi persona, por haber culminado mis estudios universitarios y lograr mi anhelo de ser Ingeniero de Minas y desarrollar mi vida profesional.

A mis hermanos: Emiliano, Gilver y mi hermana Vilma quienes con su apoyo desinteresado me alentaron en cada etapa de vida estudiantil hasta concluir mis estudios profesionales.

A mí querida novia Brisayda por su apoyo perseverante, quien con su paciencia supo entender las dificultades y circunstancias de la vida hasta culminar mi carrera profesional y lograr el título de Ingeniero de Minas.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios infinitamente por darme la vida para continuar mis estudios en sus diferentes etapas hasta culminar mi vida profesional.

A la Universidad Nacional del Altiplano, mi Alma Mater del saber universitario y la oportunidad de concederme sus aulas y haber realizado y adquirido los conocimientos para lograr mi título profesional.

Al personal docente y administrativo de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por impartir sus conocimientos y orientación vocacional hacia mi persona para lograr los anhelos de mi vida profesional.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
ÍNDICE .....	iii
RESUMEN .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad del problema .....	2
1.2 Formulación del problema .....	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problema específicas.....	3
1.3 Objetivos de la investigación .....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
1.4 Justificación de la investigación .....	4
1.5 Limitaciones de la investigación.....	4
1.6 Viabilidad de la investigación.....	5

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación .....	6
2.2 Bases teóricas.....	8
2.3 Definición de costos y gastos.....	10
2.4 Clasificación de costos según su grado de variabilidad .....	11
2.4.1 Costos fijos.....	11

2.4.2	Costos variables .....	13
2.5	Equipo LHD (Scoop) .....	14
2.5.1	Limpieza de un frente .....	15
2.5.2	Grado de fragmentación.....	16
2.5.3	Acarreo.....	16
2.5.4	Estado de las vías .....	16
2.5.5	Área de carguío .....	17
2.6	Productividad del equipo LHD .....	17
2.6.1	Estudio de tiempos del equipo LHD .....	17
2.6.2	Elementos básico para el estudio de tiempos .....	18
2.6.3	Factores que afectan la productividad del equipo LHD.....	19
2.6.4	Disponibilidad.....	19
2.6.5	Utilización efectiva .....	20
2.6.6	Rendimiento.....	20
2.7	Definiciones conceptuales.....	20
2.8	Formulación de hipótesis .....	23
2.8.1	Hipótesis general.....	23
2.8.2	Hipótesis específicas .....	23
2.9	Operacionalización de variables .....	23
2.9.1	Variable independiente .....	23
2.9.2	Variable dependiente.....	24

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

3.1	Diseño metodológico .....	25
3.2	Tipo de investigación .....	26
3.3	Nivel de investigación.....	26
3.4	Método .....	27
3.5	Población.....	27
3.6	Muestra .....	27
3.7	Instrumento .....	27
3.8	Técnicas para el procedimientos de datos .....	28
3.9	Tratamiento estadístico para el análisis de los datos.....	28

## CAPÍTULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INVESTIGACIÓN

4.1	Unidad de estudio.....	29
4.2	Ubicación .....	29
4.3	Accesibilidad.....	30
4.4	Propiedad minera .....	31
4.5	Fisiografía .....	31
4.6	Topografía.....	32
4.7	Clima.....	32
4.8	Hidrología .....	32
4.9	Requerimiento de mano de obra .....	32
4.10	Geología.....	33
4.11	Reserva de mineral.....	33
4.12	Producción de mineral .....	34
4.13	Laboreos subterráneos.....	34
4.14	Métodos de explotación .....	34

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS Y RESULTADOS DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE ACARREO CON EQUIPO MECANIZADO

5.1	Determinación de costo unitario del equipo LHD 4.2yd <sup>3</sup> (Scoop 3m <sup>3</sup> ).....	35
5.1.1	Cálculo de costo de posesión .....	36
5.1.2	Cálculo de costo de operación .....	39
5.1.3	Cálculo de costo por hora del equipo LHD (Scoop).....	42
5.2	Rendimiento anterior del equipo LHD (Scoop) en el crucero 339 -NW.....	42
5.2.1	Características de la labor crucero 339-NW .....	42
5.2.2	Características del equipo LHD (Scoop) en el crucero 339-NW .....	45
5.2.3	Cálculo del ciclo de limpieza anterior en el crucero 339-NW .....	45
5.3	Rendimiento optimizado del equipo LHD (Scoop) en el crucero 339-NW .....	51
5.3.1	Parámetros de la labor en el crucero 339-NW .....	51
5.3.2	Parámetros del equipo LHD (Scoop) en el crucero 339-NW.....	54

5.3.3	Calculo del ciclo de limpieza optimizado con equipo LHD (Scoop) en el cruce 339-NW ..	55
5.4	Mantenimiento del estado de vía de la labor.....	59
5.5	Seguimiento y control operativo .....	59
5.6	Control de tiempo de trabajo del equipo LHD (Scoop) .....	60
5.7	Contrastación de hipótesis y análisis de resultados.....	62
5.7.1	Primera hipótesis.....	62
5.7.2	Segunda hipótesis.....	63
5.8	Resultados comparativos de tiempos y rendimiento del equipo LHD (Scoop) .....	65
5.8.1	Análisis de resultados.....	65
CONCLUSIONES .....		69
RECOMENDACIONES .....		70
BIBLIOGRAFIA .....		71

## ANEXOS

ANEXOS .....	73
<b>Anexo A-1</b> Matriz de consistencia.....	73
<b>Anexo B-1</b> Características del equipo LHD (Scoop).....	74
<b>Anexo B-2</b> Ciclo hidráulico del equipo LHD (Scoop) .....	74
<b>Anexo B-3</b> Limpieza del equipo LHD en interior mina .....	75
<b>Anexo B-4</b> Carguío del equipo al dumper .....	75
<b>Anexo C-1</b> Plano de ubicación de la Unidad Mienra Tambomayo .....	76
<b>Anexo D-1</b> Estudio de tiempo inicial .....	77
<b>Anexo D-2</b> Cálculo de tiempo de acarreo y rendimiento.....	78
<b>Anexo D-3</b> Estudio de tiempo optimizado.....	79
<b>Anexo D-4</b> Cálculo de tiempo de acarreo y rendimiento optimizado.....	80
<b>Anexo D-5</b> Valorización del equipo de acarreo y rendimiento optimizado .....	81
<b>Anexo D-6</b> Cuadro de valorización del año 2014.....	82
<b>Anexo D-7</b> Ilustración de limpieza de un frente antes de optimizar.....	83
<b>Anexo D-8</b> Transporte con carga del equipo .....	83
<b>Anexo D-9</b> Evacuación de carga del equipo.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1	Periodo de depreciación .....	12
TABLA N° 2	Operacionalización de variables.....	24
TABLA N° 3	Acceso a la mina Tambomayo .....	30
TABLA N° 4	Recursos medidos indicados e inferidos.....	33
TABLA N° 5	Conformación de costo horario .....	36
TABLA N° 6	Periodo de depreciación equipo .....	38
TABLA N° 7	Sección de la labor sin optimizar .....	43
TABLA N° 8	Factor de esponjamiento.....	43
TABLA N° 9	Factor de llenado .....	45
TABLA N° 10	Sección de la labor optimizada.....	52
TABLA N° 11	Factor de esponjamiento.....	52
TABLA N° 12	Factor de llenado .....	54
TABLA N° 13	Utilización del equipo LHD (Scoop).....	60
TABLA N° 14	Interrupciones del scoop durante el trabajo.....	61
TABLA N° 15	Costo horario del equipo .....	62
TABLA N° 16	Tiempo comparativo de limpieza del equipo .....	64
TABLA N° 17	Tiempo comparativo de retorno (con carga) .....	65
TABLA N° 18	Tiempo comparativo de ida sin carga.....	66
TABLA N° 19	Rendimiento comparativo del equipo.....	67
TABLA N° 20	Resumen de tiempos de limpieza y rendimiento del equipo .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1	Perfil del equipo LHD (Scoop R-1300) .....	15
Figura N° 2	Limipieza del scoop 4.2 yd <sup>3</sup> .....	16
Figura N° 3	Imagen de la mina. ....	30
Figura N° 4	Tiempo de retorno (con carga). ....	46
Figura N° 5	Tiempo de ida (sin carga).....	47
Figura N° 6	Tiempo total de limpieza.....	50
Figura N° 7	Rendimiento del equipo LHD. ....	51
Figura N° 8	Tiempo Total de limpieza optimizado. ....	58
Figura N° 9	Rendimiento del equipo LHD (Scoop) optimizado.....	59
Figura N° 10	Interrupción del equipo LHD. ....	61
Figura N° 11	Tiempo comparativo de acarreo del equipo. ....	63
Figura N° 12	Tiempo comparativo de limpieza del equipo. ....	64
Figura N° 13	Tiempo comparativo de traslado con carga scoop. ....	66
Figura N° 14	Tiempo comparativo de ida sin carga.....	67
Figura N° 15	Tiempo comparativo de rendimiento de scoop. ....	68

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Optimización de costos de acarreo, con equipo mecanizado en la unidad minera Tambomayo. Cia. de Minas Buenaventura”. La mina se encuentra ubicado en el anexo de Puna Chica y Tocallo distrito de Tapay provincia de Caylloma departamento de Arequipa, el objetivo del trabajo de investigación es optimizar el costo de acarreo del equipo mecanizado en las labores de exploración de la unidad minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura.

Para la realización del presente trabajo de investigación, en su etapa inicial se ha analizado el costo del equipo, el ciclo de acarreo del equipo utilizado en las operaciones del Nivel 4590 Crucero 339 NW, y se ha determinado el rendimiento del equipo, antes de realizar la investigación y posterior a ella.

Se ha logrado determinar los tiempos óptimos tales como: tiempo de limpieza de un frente, tiempo de ida (sin carga), tiempo de retorno (con carga), rendimiento del equipo LHD 3.2 yd<sup>3</sup> (Scoop) en el crucero 339 NW del Nivel 4590. Los resultados alcanzados son: Tiempo de ida sin carga de 2.5 a 2.3 minutos, el tiempo de retorno con carga se ha optimizado de 3.5 a 2.7 minutos, determinándose como resultado que el tiempo de limpieza de un frente de disparo se ha optimizado de 1.98 a 1.60 horas, para una distancia de 200 m, Se ha tomado esta distancia por recomendaciones de los fabricantes quienes en sus manuales indican que el desplazamiento óptimo de esta máquina es el señalado. Mayor a esta distancia el rendimiento de la maquina se reduce. Además se ha optimizado la productividad del scoop 4.2yd<sup>3</sup> que aumento de 25.98m<sup>3</sup>/h a 30.44m<sup>3</sup>/h en lo referido al rendimiento del equipo, siendo esto de suma importancia, ya que con la disponibilidad de la máquina, se realiza otros trabajos en acarreo y limpieza de mas frentes de avance.

**Palabras claves:** Optimización, costo de acarreo, rendimiento del scoop, ciclo de acarreo, productividad, carguío, depreciación.

## INTRODUCCIÓN

En la Unidad Minera Tambomayo el sistema de acarreo es de mucha importancia en labores mineras subterráneas, para alcanzar los mejores resultados en el desarrollo del crucero 339 NW, considerando estos fundamentos se desarrolla la presente tesis titulada “Optimización de costos de acarreo, con equipo mecanizado en la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura”.

En el desarrollo del Crucero 339 NW se tiene problemas de costos de limpieza y acarreo por lo que se ha planteado como objetivo. Optimizar el costo de acarreo del equipo mecanizado en las labores de exploración de la unidad minera.

En minería subterránea las actividades de optimización de costos de acarreo constituyen una de las etapas más importantes, por lo que es necesario poner énfasis en el control de tiempo de acarreo, limpieza y mantenimiento de vía, para ejecutar las labores de desarrollo y alcanzar los mejores rendimientos al menor costo posible.

El trabajo de investigación se divide en cinco capítulos, en el Capítulo I se desarrolla el planteamiento del problema, el Capítulo II se describe el marco teórico analizando las bases teóricas y definiciones conceptuales para realizar el trabajo de investigación, en el Capítulo III se realiza la metodología de investigación y la operacionalización de variables, en el Capítulo IV se considera la caracterización del área de estudio y en el Capítulo V se muestra las discusiones y análisis de resultados en el frente del Crucero 339 NW de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura-Arequipa.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción de la realidad del problema

Actualmente la Unidad Minera Tambomayo, viene ejecutando las labores de exploración en los diferentes niveles del yacimiento. Durante las evaluaciones realizadas en su etapa inicial se ha encontrado deficiencias en el sistema de acarreo con el equipo mecanizado como scoop 4.2 yd<sup>3</sup> (1 minutos de exceso por ciclo de limpieza), utilizando mayor tiempo en el ciclo de acarreo. Como consecuencia ha ocasionado altos costos de acarreo del material producto de la perforación y voladura.

En un turno de 8 horas el scoop 4.2 yd<sup>3</sup> transporta 240 m<sup>3</sup> de mineral, recorriendo una distancia de 200 m desde el frente de la labor hasta la cámara de acumulación, el mismo que es de suma importancia para la limpieza del frente para continuar el avance lineal.

Se deben tener cámaras cada 200 m para tener un rendimiento de 30.44 m<sup>3</sup>/h sin embargo se tienen distancias de acarreo ( llamada distancia de limpieza) de 250 hasta 350, teniendo un rendimiento ineficiente.

Actualmente no se cuenta con los costos unitarios de los equipos por hora de trabajo realizado en las labores de exploración de la unidad minera, por tanto es necesario definir los costos unitarios del equipo de acarreo, para optimizar la rentabilidad de la empresa minera.

También no se tiene el control de tiempo en el sistema de acarreo del equipo mecanizado, por tanto es necesario realizar el control de tiempo del equipo utilizado en la empresa minera.

Con todos estos factores negativos, no se llega a cumplir con el planeamiento semanal de las operaciones de minado como consecuencia genera altos costos en el sistema de acarreo. Como resultado de la evaluación y análisis se encontraron altos costos en las labores de acarreo, los mismos que requiere minimizar los costos de acarreo.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo optimizamos el costo de acarreo, con equipo mecanizado en las labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas. Buenaventura- Arequipa?

### **1.2.2 Problema específicas**

- a) ¿Cuál es el costo unitario del equipos mecanizado en labores de Exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas. Buenaventura- Arequipa?
- b) ¿Cuál es el tiempo del ciclo de acarreo del equipo mecanizado en las labores de Exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura- Arequipa?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

¿Optimizar el costo de acarreo, del equipo mecanizado en las labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura- Arequipa?

### 1.3.2 Objetivos específicos

- a) Determinar el costo unitario del equipo mecanizado en labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura- Arequipa.
- b) Determinar el tiempo de acarreo del equipo mecanizado en labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura- Arequipa.

### 1.4 Justificación de la investigación

La ejecución de los trabajos de optimización de costo de acarreo con equipo mecanizado en labores de exploración es de mucha importancia para la mina. Por ejemplo no se tiene un adecuado control de tiempo del equipo, de la misma forma el tiempo de acarreo desde el frente de la labor hasta la cámara de acumulación; dichos controles servirán para determinar la rentabilidad de la empresa minera.

El presente proyecto de investigación se justifica plenamente en su ejecución y es de mucha importancia, ya que servirá como modelo para realizar la optimización de costos de acarreo con equipos mecanizados en la Unidad Minera Tambomayo.

### 1.5 Limitaciones de la investigación

El presente trabajo de investigación no tiene limitación en el proceso de su ejecución, ya que se cuenta con el apoyo de la empresa minera para realizar las actividades de control de tiempos de carguío y acarreo con los equipos mecanizados.

En la ejecución del presente trabajo se ha tenido el apoyo de los operadores de los equipos (Scoop 3m<sup>3</sup>) para que realicen reportes diarios de los trabajos a realizar durante la guardia. El presente trabajo se realizara en el Nivel 4590 Crucero 339NW. Posteriormente realizar el proceso de los datos en gabinete.

Ver el resumen en el (Anexo A-1)

### **1.6 Viabilidad de la investigación**

El presente trabajo de investigación contó con el suficiente apoyo y facilidades de parte de los responsables de la empresa ya que el tema de investigación, “Optimización de costos de acarreo, con equipo mecanizado en la Unidad Minera Tambomayo. Cia. de Minas Buenaventura”, aportará a la empresa con los resultados obtenidos; por lo que fue plenamente viable tanto en su concepción como en su ejecución. Además el tema investigado está íntegramente relacionado con la actividad minera. Y aportara nuevos métodos y avances de la tecnología minera, para su ejecución se contó con recursos económicos y recursos humanos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

Baldeón Quispe, Zoila I. (2011), En su tesis “Gestión en las Operaciones de Transporte y Acarreo para el incremento de la Productividad en Cia. Minera Condestable S.A.” Pontificia Universidad Católica del Perú. En su conclusión menciona. Conociendo el ciclo de las operaciones (acarreo y transporte), se puede calcular la flota o equipos requeridos a mínimo costo unitario y/o máxima producción en la unidad de tiempo, así como en Compañía Minera Condestable, este método puede ser aplicado en otras empresas mineras con similares problemas.

Carguío y acarreo constituyen los componentes más gravitantes en el costo de minado de una operación minera.

Es importante contar con un departamento de productividad, para la mejora de los procesos y procedimientos establecidos; de lo contrario, la operación se hará rutinaria disminuyendo de esta manera su valor a través del tiempo.

Alva Alva, Ismael (2004), en su tesis “Estudio de Optimización de Costos de Operación de una flota de scooptrams en una Mina Subterránea” Universidad Nacional de Ingeniería. En su conclusión menciona. El presente trabajo tiene como objetivo optimizar el costo total de la flota de scooptrams de la empresa Consorcio Minero Horizonte S.A., formada por 16 unidades con una potencias comprendidas entre 47 y 147 HP mediante la elaboración de un PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y REEMPLAZO DE EQUIPOS DE LA FLOTA DE SCOOPTRAMS, con el que se obtenga el costo anual mínimo. El estudio será una herramienta de orientación para optimizar el costo de operación de la flota de equipos trackless, considerando los costos de operación, mantenimiento, repotenciación y reemplazo.

La aplicación del método propuesto optimiza el costo operativo de la flota, porque el 100 % de los scooptrams de la flota tiene un menor costo operativo que cualquier otro equipo similar disponible en el mercado.

Zapata D. Monica P. (2002), en su Tesis “Control de Costos de una Operación Minera mediante el Método del Resultado Operativo”, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El objetivo general del estudio fue aumentar la productividad y la calidad a través del mejoramiento continuo de la eficiencia y la efectividad en las operaciones. Como instrumento de investigación utilizo los programa de actividades, curva”S”, informes de producción y el resultado económico.

El resultado operativo nos permite saber si estamos adelantados o atrasados respecto al tiempo, evaluar si estamos ganando o perdiendo y porque, el método del resultado operativo es una herramienta de control que nos permite identificar y evaluar los costos operativos en los procesos productivos.

Jáuregui Aquino, Alberto (2009), en su tesis “Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la optimización de los Estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura.” En su conclusión menciona. En la limpieza-acarreo la

reducción de los costos es 0.09US\$/TM es decir una reducción de costo de 81000US\$ al año, debiéndose a que se optimizó el rendimiento del scoop de 23m<sup>3</sup>/h a 24m<sup>3</sup>/h en labores de producción y de 21.7m<sup>3</sup>/h a 24.4 m<sup>3</sup>/h en labores de desarrollo. Este aumento de rendimiento se concretó con la realización de vías o caminos con pendientes no mayores a 12% y cámara de acumulación que permitan distancias de recorrido no mayores a 200 m.

Velarde Ochoa, Stive S. (2013), en su tesis “Optimización de Costos Unitarios de las Operaciones Mineras Subterráneas lineales en la Mina Tambomayo CIA. Buenaventura” Universidad Nacional del Altiplano, en su conclusión menciona que el método que se utiliza en el proyecto de investigación es el método de costo detallado, hacen que se puedan llevar un buen control de los costos unitarios que se emplean en las operaciones mineras.

Los costos unitarios fueron optimizados en un 2.62% para la galería 2.40 x 2.40 m (8´x 8´), y en 1.42% para la Chimenea 1.50 x 2.40 m (5´x 8´), Al haberse optimizado los costos unitarios se tuvo un aumento de producción en las galerías, chimeneas, estocadas.

Curo Peralta, David A. (2009), en trabajo asignado por la modalidad de Suficiencia profesional. “Evaluación del ciclo de Acarreo y Transporte en Mina Subterránea” Con scoop 1yd<sup>3</sup> para distancias de 75-200 m. En labores de desarrollo y preparación en secciones de 2.10 x 2.40 m (7´x8´) con un déficit de 236 Kg. En transporte, con un motor diésel de 68.75 HP, con una producción real que dependerá de la disponibilidad mecánica y eficiencia de trabajo, a un costo horario de 25.05 US\$/h. Con scoop de 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 30m<sup>3</sup>/h.

## 2.2 Bases teóricas

**Métodos del costo detallado.** Los costos de operación deben deducirse a partir de los principales. Para ello, es necesario conocer índices tales como consumos de

combustible por hora de operación, vida útil de equipos, consumos específicos de explosivo, accesorios de voladura empleados y otros muchos datos.

En primer lugar, se fijan los criterios básicos de organización relativos a días de trabajo al año, relevos al día y horas de trabajo por relevo. Seguidamente, para los niveles de producción previstos, se establecen los coeficientes de disponibilidad y eficiencia, con los cuales se determinan la capacidad de los equipos necesarios y el número de estos. Por último, para cada grupo de máquinas se elabora una tabla detallada indicando las distintas partidas que engloba el costo horario de funcionamiento: personal, materiales, consumos, desgastes, mantenimiento, servicios, etc. Conociendo el número de horas necesarias para una determinada producción y el costo horario de la máquina que interviene en dicho proceso se obtiene; de manera inmediata, el costo de operación. Este procedimiento constituye el único método seguro para estimar los costos de operación de un proyecto.

**Método de la relación costo capacidad.** Este método se basa en el empleo de gráficos o fórmulas en los que se han correlacionado los costos con las capacidades de producción de diferentes explotaciones. Esencialmente, es el mismo método que se utiliza en la estimación de los costos de capital.

La base estadística de la que se parte si no es homogénea, amplia y fiable puede dar lugar a la introducción de errores con este procedimiento de estimación. Los datos que han servido para la elaboración de tales relaciones deben estar referidos a un método de explotación específico y particularmente, con condiciones geográficas y geológicas semejantes.

**Teoría del factor de acoplamiento (Fa)** Un proyecto de movimiento de tierras implica la ejecución de una serie de actividades repetitivas (como excavación, carguío y transporte), las cuales son realizadas con distintos tipos de equipos. Para llegar al grado deseado de eficiencia, es indispensable una muy buena coordinación entre los equipos, sobre todo para las actividades de carga y transporte de material.

**Método de ajuste exponencial de la capacidad** Este método se conoce, también como la "Regla de WILLIAMS" y se utiliza en aquellos casos en los que sólo se desea obtener un "orden de magnitud" de las inversiones, con una precisión tan solo del  $\pm 25\%$ .

La inversión necesaria para un proyecto varía con la capacidad o tamaño del mismo, de tal forma que puede estimarse con una expresión similar a la siguiente:

$$C(Q) = K(Q)^x$$

Donde:

$C(Q)$  : Es el costo total de una instalación de  $Q$  unidades de capacidad.

$K$  : Es una constante que representa el costo de capacidad unitaria.

$X$  : Es el factor exponencial o de economía de escala.

**Método de la mesa redonda.** Es un procedimiento de estimación subjetivo que proporciona un simple valor y que se basa en la experiencia o en la comparación directa con otros proyectos similares.

Consiste generalmente a reunir a técnicos representantes de diferentes departamentos involucrados y entorno a una mesa, discuten el costo total del proyecto.

### 2.3 Definición de costos y gastos

De acuerdo con Cruz Lezama Ozain (2007) en su libro Manejo de Costos y Producción, que los costos representan una porción de precio de adquisición de artículos, propiedad o servicios, que ha sido deferida o que todavía no se ha aplicado a la realización de ingresos. El costo se puede definir como “el sacrificio económico que hace una organización para obtener objetivos a futuro”

Los costos de producción son el conjunto de esfuerzos y recursos que se invierten para obtener un bien o servicio. Por esfuerzos se quiere indicar la intervención del hombre (mano de obra), el denominado “capital humano”. Los recursos se refieren a las inversiones necesarias, “capital monetario” que en cierto tiempo hacen posible la producción de un bien o servicio.

Costo También se puede definir como “La cantidad desembolsada para comprar o producir bien”. O la prestación de un servicio teniendo como elementos: Materia Prima, mano de obra y gastos indirectos. (J. Durant, 2005).

## **2.4 Clasificación de costos según su grado de variabilidad**

Esta clasificación es importante para la realización de estudio de planificación y control de operaciones, son de uso general está referido a la variación de los costos, según los niveles de producción.

- Costos fijos
- Costos variables

### **2.4.1 Costos fijos**

Son aquellos costos cuyo importe permanece constante al volumen de producción de la empresa. Se pueden identificar y llamar como estos de “Mantener la empresa abierta” de manera tal que se realice o no la producción, se venda o no la mercadería o servicio, dichos costos igual deben ser solventados por la empresa. (I. Alva, 2004).

Son los que permanecen inalterables independientemente de los aumentos o disminuciones de la producción, dentro de ciertos límites.

#### **a) Costo de inversión**

Se cotizan los equipos disponibles en el mercado para seleccionar la marca y modelo más conveniente. Hasta hace poco tiempo los proveedores de equipo pesado para minería eran pocos y de calidad reconocida, pero en la actualidad están apareciendo nuevos proveedores, especialmente de origen asiático, con equipos de calidad y precio muy competitivos que se deben tener en cuenta en la selección de los equipos de reemplazo. Fuente (I. Alva, 2004).

**b) Costo de posesión**

Costo incurrido por la propiedad del equipo y ocurre en todo momento, trabaje o no el equipo, es el gasto que incurre una persona al comprar o adquirir un equipo. (Z. Baldeón, 2011).

**c) Costo horario**

El costo horario de operación (Ch.) de cada scooptram se determina con el costo total de operación y el número de horas anuales hora en que ha operado el scooptram. (I. Alva, 2004)

**d) Periodo de depreciación**

Ley del Impuesto a la Renta, señala que para el cálculo de la depreciación, los demás bienes afectados a la producción de rentas gravadas de la tercera categoría, se depreciarán aplicando el porcentaje que resulte de la (Tabla N° 1).

TABLA N° 1  
PERIODO DE DEPRECIACIÓN

BIENES	PORCENTAJE ANUAL MÁXIMO DE DEPRECIACIÓN
1. Vehículos de transporte terrestre (excepto ferrocarriles); hornos en general (5 AÑOS)	20%
2. Maquinaria y equipo utilizados por las actividades minera, petrolera y de construcción, excepto muebles, enseres y equipos de oficina (5 AÑOS)	20%
3. Equipos de procesamiento de datos (5 AÑOS)	25%
4. Otros bienes del activo fijo (10 AÑOS)	10%

Fuente: Alva Alva, Ismael 2004.

### 2.4.2 Costos variables

Son aquellos costos que varían en forma proporcional, con el nivel de producción o actividad de la empresa. Son costos por “producir” o “vender.”

Varían proporcionalmente a los cambios experimentados en el volumen de la producción. (I. Alva, 2004)

#### a) Valor depreciable

La depreciación es el mecanismo mediante el cual se reconoce el desgaste que sufre un equipo por el uso que se haga de él. Cuando un equipo es utilizado para generar ingresos, este sufre un desgaste normal durante su vida útil que al final lo lleva a ser inutilizable. El ingreso generado por el equipo usado, se le debe incorporar el gasto correspondiente desgaste que ese equipo ha sufrido para poder generar el ingreso, puesto que como según señala un elemental principio económico, no puede haber ingreso sin haber incurrido en un gasto, y el desgaste de un equipo por su uso, es uno de los gastos que al final permiten generar un determinado ingreso. (O. Jáuregui, 2009)

#### b) Valor de rescate

Representa el valor que se estima que puede obtenerse de la venta de un equipo fijo ya fuera de servicio. En otras palabras puede decirse que, valor de rescate, es el valor que se estima que va a tener un bien al estar totalmente depreciado. (I. Alva, 2004)

#### c) Costo de combustible

Estos se obtienen de los registros de mantenimiento, los que tienen el inconveniente de consignar datos de horas de trabajo y consumos de combustibles, aceites y lubricantes en forma global, sin detallar la actividad específica a la que se destinaron. Pues además del acarreo de material los scooptrams también realizan transportes de maderas, agua, equipos pesados y otros, pero porcentualmente estos transportes no son significativos. Fuente (I. Alva, 2004)

**d) Materiales e insumos**

Estos dependen del tipo de mantenimiento realizado, pero generalmente es.

En este rubro se consideran, en el caso de aceites, filtros, el aceite hidráulico para equipos pesados como los convertidores de par, mientras que los lubricantes están destinados para el motor y sus componentes.

**e) Aceites y lubricantes**

En este rubro se consideran, en el caso de aceites, el aceite hidráulico para equipos pesados como los convertidores de par, mientras que los lubricantes están destinados para el motor y sus componentes. (I. Alva, 2004)

**2.5 Equipo LHD (Scoop)**

La pala cargadora de minería subterránea (Scoop R-1300) se ha diseñado para la carga y el transporte de grandes cargas a un bajo costo por tonelada en trabajos mineros subterráneos. Su diseño compacto, gran rendimiento, construcción sólida y mantenimiento sencillo garantizan una productividad excelente y una larga vida útil con bajos costos de operación. Creada para el máximo rendimiento, diseñada para el confort, fabricada para durar. (Ferreyros Manual de Operación y Mantenimiento 2015) las características del equipo se muestra en: ver (Anexo B-1 y Figura N° 1)



Figura N° 1: Perfil del equipo LHD (Scoop R-1300)  
Fuente: Ferreyros manual de operación y mantenimiento

El equipo LHD 3.2 yd<sup>3</sup> (Scoop) está capacitado para cargar camiones de bajo perfil y camiones convencionales de altura adecuada, puede también descargar sobre piques de traspaso o sobre suelo para que otro equipo continúe con el carguío.

Estos equipos cargan, acarrear y vacían el mineral de forma discreta, por lo que se caracteriza por tener un tiempo de ciclo asociado a cada operación. Ver (Anexo B-3)

### 2.5.1 Limpieza de un frente

La limpieza del material roto, se efectúa mediante el equipo LHD (Scoop) 3.2 yd<sup>3</sup> de capacidad, en la figura dos representa claramente el trabajo de este equipo, el cual es utilizado una vez que se ha realizado la voladura en el frente de trabajo. El trabajo de este equipo consiste en el retiro de este material desde el frente hasta un punto de acopio de marina o bien a piques de vaciado. También se puede ver en el (Anexo B-3 y Figura N° 2)



Figura N° 2: Limpieza del scoop 4.2 yd<sup>3</sup>  
Fuente: Toma de imagen propia.

### 2.5.2 Grado de fragmentación

El material disparado o el tamaño promedio requerido de los fragmentos depende del trabajo en que se van a emplear, pero por lo general la fragmentación demasiado gruesa o demasiado menuda son inconvenientes. Debe observarse el porcentaje de pedrones grandes que tendrán que ser reducidos posteriormente.

### 2.5.3 Acarreo

Se denomina acarreo al traslado corto de material roto en la mina, es decir que el transporte tiene limitaciones, o tiene un determinado radio de acción y estarán ubicados en los frentes de operación.

Consiste en el transporte de materiales desde los sitios de excavación o producción, hasta los sitios de disposición o aplicación.

### 2.5.4 Estado de las vías

Derrame de carga, impacto en componentes mecánicos, impacto sobre el operador, disminución de velocidad, desgaste de neumáticos que deberían durar 2000-2500 horas según catálogo 3000 horas y puede bajar a 1800 horas).

### 2.5.5 Área de carguío

Debe tener piso firme para que no se entierre el balde y no genere esfuerzos que puedan dañar el equipo, por ejemplo al cilindro central de volteo ver (Anexo B-4).

## 2.6 Productividad del equipo LHD

La productividad es la capacidad de producir más con menos recursos. Esto redundará en un costo bajo, mediante la cantidad adecuada de equipos ya sea de carguío como de transporte que permita presupuestos menores. El acarreo y transporte de mineral es uno de los rubros importantes en la estructura de costos en la operación de la mina y uno de los aspectos que muchas veces no se toma en cuenta es el de la distribución de equipo.

### 2.6.1 Estudio de tiempos del equipo LHD

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 ( $T_{vv}$ ).

Solo los dos primeros son considerados como tiempos fijos, que dependen exclusivamente del equipo en sí. Mientras que los restantes son considerados como tiempos variables, pues dependen del estado del camino, distancia de acarreo, carga del equipo (tipo de mineral), pendiente, experiencia del operador, visibilidad, entre otros. Una buena manera de estimar el rendimiento de estos equipos es contar con buena información, fidedigna, del tiempo de ciclo. El tiempo de un ciclo ( $T_{ciclo}$ ), medido en minutos, de un LHD queda definido como sigue:

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

El rendimiento del equipo LHD se usa la siguiente ecuación:

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

### 2.6.2 Elementos básico para el estudio de tiempos

- Tiempo productivo.
- Tolerancias.
- Tiempo improductivo.

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

- Productivo neto: Es el tiempo en que la maquina realiza su trabajo para el que está hecho.
- Demoras operativas: Son las realizadas momentos antes del uso del equipo y después de acabada la operación.
  - Inspección del área o labor.
  - Traslado en interior mina (de labor a labor con el equipo).
  - Traslado equipo a refugio.
  - Revisión e inspección del equipo (engrase, etc.).

#### 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.

**2.6.3 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.

**2.6.4 Disponibilidad**

La disponibilidad de un equipo o sistema es una medida que nos indica cuánto tiempo está ese equipo o sistema operativo respecto de la duración total durante la que se hubiese deseado que funcionase. Típicamente se expresa en porcentaje.

$$\text{Uso de disponibilidad (\%)} = \left( \frac{\text{horas Trabajadas}}{\text{horas trabajadas} + \text{horas stanby}} \right) \times 100$$

### 2.6.5 Utilización efectiva

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

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

### 2.6.6 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  $2,8 \text{ TM}/m^3$  y por ser dinamitado el coeficiente de llenado de la cuchara  $\varphi$  es del 0,85. (J. Durant, 2005)

$$W = \delta \varphi V_c$$

## 2.7 Definiciones conceptuales

- Valor de rescate: Representa el valor que se estima que puede obtenerse de la venta de un equipo fijo ya fuera de servicio. En otras palabras puede decirse que, valor de rescate, es el valor que se estima que va a tener un bien al estar totalmente depreciado.
- Periodo de depreciación: Ley del Impuesto a la Renta, señala que para el cálculo de la depreciación, los demás bienes afectados a la producción de rentas gravadas de la tercera categoría, se depreciarán aplicando el porcentaje.
- Depreciación: Es el mecanismo mediante el cual se reconoce el desgaste que sufre un bien por el uso que se haga de él. Cuando un activo es utilizado para generar ingresos, este sufre un desgaste normal durante su vida útil que el final lo lleva a ser inutilizable.

- Costo de posesión: Costo incurrido por la propiedad del equipo y ocurre en todo momento, trabaje o no el equipo, es el gasto que incurre una persona al comprar o adquirir un equipo.
- Scoop: es un equipo de bajo perfil diseñado sobre todo para realizar trabajos en mina subsuelo o en zonas confinadas. El scoop se diseña para levantar cargas pesadas. Los scoops son principalmente necesarios en labores de subsuelo, debido al tamaño limitado de las labores. Debido a la posición del asiento del operario, puede viajar en marcha adelante así como en un marcha reversa.
- Costo de inversión: Valor que puede traducirse como el costo del dinero invertido considerando la vida útil de la maquinaria. La fórmula para el cálculo es la siguiente.
- Vida útil: Es la duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para el cual ha sido creado. Normalmente se calcula en horas de duración.
- Carguío: Consiste en la carga de material mineralizado del yacimiento para conducirlo a los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril.
- Costo de producción: El costo de producción expresa la magnitud de los recursos materiales, laborales y monetarios necesarios para alcanzar un cierto volumen de producción con una determinada calidad.
- Costos variables: Varían proporcionalmente a los cambios experimentados en el volumen de la producción.
- Costos fijos: Son los que permanecen inalterables independientemente de los aumentos o disminuciones de la producción, dentro de ciertos límites.
- Costos directos: Conocidos como costos variables, son los costos primarios en una operación minera en los procesos productivos de perforación, voladura, carguío y acarreo y actividades auxiliares mina, definiéndose esto en los costos de personal de producción, materiales e insumos, equipos.
- Costos indirectos: Conocidos como costos fijos, son gastos que se consideran independiente de la producción. Este tipo de costos puede variar en función del nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida.

- Costo de producción: Incluye los gastos incurridos en el proceso productivo, ya sean directos o indirectos, hasta la terminación del producto en condiciones de encontrarse listo para su entrega.
- Costos generales: gastos generales relacionados con la producción, ventas, distribución, y administrativos.
- Costo total: Incluye el costo de producción más los gastos incurridos en su proceso de transporte y venta. Es el resultado de la suma de los costos variables y fijos.
- Costos estimados: Son costos que se calculan sobre bases de conocimiento y experiencia, antes de iniciarse el proceso productivo. Mediante el costo estimado se obtienen aproximaciones de lo que se debe gastar.
- Costos unitarios: Son el resultado de dividir los costos totales de un determinado periodo entre el número de unidades producidas.
- Acarreo: Se denomina acarreo al traslado corto de material roto en la mina, es decir que el transporte tiene limitaciones, o tiene un determinado radio de acción y estarán ubicados en los frentes de operación.
- Operador del equipo de carguío: Es la persona que está directamente a cargo de la operación de carga de su equipo. Además, es responsable de definir la posición de los camiones para la carga y de evitar que la carga caiga en forma brusca sobre la tolva del camión, lo que puede dañar el equipo de transporte y/o al operador de éste.
- Productivo neto: Es el tiempo en que la maquina realiza su trabajo para el que está hecho.
- 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.
- 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.
- Rendimiento: En un contexto empresarial, el concepto de rendimiento hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza

la actividad, donde el término unidad puede referirse a un individuo, un equipo, un departamento o una sección de una organización.

- Productividad: La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

## **2.8 Formulación de hipótesis**

### **2.8.1 Hipótesis general**

Determinando el costo unitario y el tiempo de acarreo del equipo mecanizado se optimizará el costo de acarreo en las labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura- Arequipa.

### **2.8.2 Hipótesis específicas**

- a) Determinando el costo unitario del equipo mecanizado se optimizará el costo de acarreo en labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura- Arequipa
- b) Determinando el tiempo de acarreo del equipo mecanizado se optimizará el costo de acarreo en labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura- Arequipa

## **2.9 Operacionalización de variables**

### **2.9.1 Variable independiente**

Costos unitarios del equipo mecanizado de acarreo en las labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura. El resumen se observa en la (Tabla N° 2).

### 2.9.2 Variable dependiente

Los tiempos de acarreo logrados con el equipo mecanizado por el control de los mismos, en las labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura. El resumen se observa en la (Tabla N° 2)

TABLA N° 2  
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable independiente:</b> Costo unitario del equipo mecanizado de acarreo en las labores de exploración de la mina Tambomayo Cia. de minas Buenaventura.	Equipo LHD (Scoop)	m <sup>3</sup> /h
	Volumen de material	m <sup>3</sup>
	Tiempo	horas
	Estado de vía de acarreo	%
<b>Variable dependiente:</b> Los tiempos de acarreo logrados con el equipo mecanizado por el control de los mismos, en las labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura.	Costo de acarreo	US\$/h
	Costo del Equipo LHD	US\$
	Tiempo de acarreo	Minutos/viaje
	Tiempo de limpieza	horas

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Diseño metodológico

De acuerdo a la naturaleza del trabajo de investigación y por las características de estudio es de tipo descriptivo, ya que se refiere a la optimización de costos con equipo mecanizado en labores de acarreo en la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura – Arequipa.

En la Unidad Minera Tambomayo actualmente se está realizando las labores de exploración en el crucero 339 NW nivel 4590.

Anteriormente en el crucero 339 NW de la mina Tambomayo de sección es de 3.30x3.30 m (11x11 pies), las operaciones de acarreo del mineral se realizó con scoop 4.2 yd<sup>3</sup>, ocasionando altos costos en el ciclo de acareo.

El control de las operaciones se realizara en 21 días, en donde se analizará el costo unitario del equipo, el tiempo del ciclo de acarreo y el mantenimiento de vía. Posteriormente en el trabajo de investigación se determinara el ciclo y el tiempo de acarreo del equipo.

Finalmente se realizara el análisis de costos de acarreo de los equipos mecanizados para encontrar la optimización de costos.

La metodología consiste en desarrollar los procesos de acarreo con equipo mecanizado en las labores de la Unidad Minera Tambomayo, analizando y evaluando todos los factores que influyen en la optimización de costos, orientando a mejorar y minimizar los costos de acarreo, así mismo el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación básica en razón utilizaran los conocimientos de la las ciencias geológicas y minera a fin de garantizar su viabilidad de un análisis adecuado de los costos de acarreo para lograr los objetivos trazados, teniendo en cuenta las condiciones del macizo rocoso y las características del yacimiento minero.

### **3.2 Tipo de investigación**

El presente trabajo de investigación, es del tipo descriptivo, explicativo.

- Estudios descriptivos. Sirven para analizar cómo es y cómo se manifiestan los fenómenos y sus componentes.
- Estudios explicativos. Buscan encontrar las razones o causas que provocan ciertos fenómenos.

### **3.3 Nivel de investigación**

La mayor parte del trabajo se realizó en campo con la ayuda del personal y de los mismos operadores del equipo, con el objetivo de recolectar información en el lugar de estudio y también la toma de muestras que junto con sus ensayos serán datos de gran importancia.

Para realizar la investigación fue necesario utilizar bibliografías tomando muestras en campo, control de tiempos, datos actuales en función a la realidad. Con estos datos se determinó la elaboración de los costos unitarios en la Unidad Minera Tambomayo.

### 3.4 Método

En el presente trabajo de investigación se ha utilizado el método adecuado siendo este el método de costo detallado, puesto que refiere al conjunto de procedimientos que, valiéndose de los instrumentos o las técnicas necesarias, examina y soluciona un problema o conjunto de problemas de investigación, y se ha tenido la siguiente secuencia:

- Definición del problema.
- Revisión de bibliografías.
- Formular hipótesis.
- Desarrollar el diseño de investigación.
- Recolección de datos.
- Análisis de datos.
- Conclusiones.

### 3.5 Población

La población para este trabajo de investigación está constituido por las labores de exploración del Nivel 4590 y todos los equipos de acarreo constituidos en ese nivel.

### 3.6 Muestra

La muestra está constituido por el Crucero 339 NW del Nivel 4590, el equipo LHD (Scoop 4.2 yd<sup>3</sup>).

### 3.7 Instrumento

Es el material base, resultado de la operacionalización de las variables que contienen items ya sean abiertos (inestructurados) o cerrados (estructurados) o ambos (semiestructurados) y se van a aplicar ya sea a la población, muestra o a pequeños grupos, se han considerados los siguientes.

Los instrumentos usados en el crucero 339 NW Nivel 4590 han sido:

- Formatos de avance por guardia.
- Reportes diario de operación por guardia.
- Comparaciones estadísticas de rendimientos.
- Análisis de costos de acarreo.
- Toma de fotografías para evaluar la granulometría.

### **3.8 Técnicas para el procedimientos de datos**

Los procedimientos de recolección de datos estará en función al ciclo de avance, primero se tomaran los datos del tiempo de ciclo de acarreo, control de tiempo de limpieza de carga. Se aplicaron los procedimientos de la siguiente manera:

- Revisión de los datos obtenidos.
- Elaboración de la tabla dinámica para el control de tiempos.
- Cuadros estadísticos.
- Presentación gráfica.

### **3.9 Tratamiento estadístico para el análisis de los datos**

Se utilizó el programa. Excel para calcular.

- Teniendo en cuenta las actividades en el desarrollo de costos se Realizara la representación de diagrama.
- Cálculos de eficiencias, rendimientos costos unitarios, y avances.

## CAPÍTULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INVESTIGACIÓN

#### 4.1 Unidad de estudio

El estudio se ha realizado en la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura en las labores de exploración del crucero 339 NW del nivel 4590.

#### 4.2 Ubicación

La Unidad Minera Tambomayo, se encuentra ubicado políticamente en: Ver plano de ubicación en el (Anexo C-1 y figura N° 3)

Anexo	: Puna Chica y Tocallo
Distrito	: Tapay
Provincia	: Caylloma
Departamento	: Arequipa



Figura N° 3: Imagen de la mina.  
Fuente: Toma de imagen propia.

### 4.3 Accesibilidad

El acceso hacia la mina se muestra en la (Tabla N° 3).

TABLA N° 3  
ACCESO A LA MINA TAMBOMAYO

RUTA	TIPO DE VÍA	DISTANCIA	TIEMPO
Arequipa - Pampas Cañahuas	Asfaltada	115 km	2.0 horas
Pampas Cañahuas - Caylloma	Afirmada	85 km	3.0 horas
Caylloma - Taltahuarahuarco	Trocha carrozable	15 km	0.5 horas
Taltahuarahuarco - Tambomayo	Trocha carrozable	56 km	2.25 horas
Total		271 km	7.75 horas

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 Propiedad minera

La Unidad Minera Tambomayo, se desarrollará dentro de las concesiones mineras Chaquelle 27, Chaquelle 28, Chaquelle 29, Chaquelle 30, Chaquelle 31, Chaquelle 33, Chaquelle 40, Tambomayo10, Tambomayo11, Tambomayo12, Tambomayo13 y Tambomayo16. Cabe indicar que dichas concesiones no se encuentran dentro de ningún Área Natural Protegida (ANP) y/o Zona de amortiguamiento.

La coordenada UTM del punto central de referencia según (Datum WG84) es la siguiente.

Este	: 186000
Norte	: 8287500
Zona	: 19
Altitud –promedio	: 4800 m.s.n.m.

La Coordenada geográfica del punto central de referencia es la siguiente:

Longitud Oeste	: 77° 54'46" W
Latitud Sur	: 15° 28'5" S

#### 4.5 Fisiografía

El rasgo geomorfológico predominante en el área de estudio es del tipo montañoso con laderas inclinadas a empinadas y frecuentes afloramientos rocosos especialmente hacia la cima de la montaña.

La presencia de superficies plano-onduladas y fondos de valle de naturaleza fluvio glaciar, es poco extensa; y corresponden a las quebradas Tambomayo, Ticlla, Llimayoc, Sahualque, etc. En las laderas montañosas y fondo de valle en U, se presenta acumulación depósitos morrénicos debido a la acción de masas glaciares y en menor extensión materiales coluviales. Mientras que las formaciones aluviales, básicamente se presentan a ambas márgenes del río Molloco.

#### 4.6 Topografía

La zona de estudio está delimitada por las altas cumbres del cerro Minaspata por el norte, el cerro Surihuiri por el Noreste, el cerro Salhualque por el Sur, y el cerro Aquihuiria por el Oeste, las cumbres alcanzan los 5,500 m.s.n.m.

Las principales formas topográficas del área de estudio están representadas por las altas cumbres, laderas, quebradas, y fondo de valle.

#### 4.7 Clima

La mina Tambomayo se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca del río Colca-Majes, perteneciente a la vertiente del pacifico sur del Perú; en esta cuenca sus regímenes de precipitaciones están gobernados principalmente por la interacción del Anticiclón del Atlántico (AA), el Anticiclón del Pacifico (AP), la Alta de Bolivia (AB), la zona de convergencia del Atlántico Sur (ZCAS) y la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), todas con marcada influencia de la cadena de montañas de los Andes peruanos.

#### 4.8 Hidrología

La Unidad Minera Tambomayo pertenece a la parte alta de la cuenca del río Colca-Majes y subcuenca del río Molloco, ubicándose específicamente en la quebrada Ucriamayo. Esta microcuenca se extiende de desde los 4100 msnm hasta una altitud aproximada de los 5500 msnm.

El caudal máximo en la microcuenca Ucriamayo es de 44.60 m<sup>3</sup>/s, se tiene se tiene un caudal máximo de 4.81 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.9 Requerimiento de mano de obra

En la etapa de construcción del proyecto, se dará empleo según los requerimientos de las actividades constructivas y tiempo de duración de las mismas. Se tendrá preferencia por el personal local, siempre que este esté calificado para las labores requeridas.

Asimismo se estima que se contratarán 50 personas de mano de obra no calificada de la zona en cada etapa de construcción, para lo cual tendrán que acreditar que son comuneros hábiles y registrados en la comunidad. La cantidad de personal proyectada para alcanzar una producción de 3,000 TMD. Se estima contar con 1081 trabajadores.

#### 4.10 Geología

La Unidad Minera Tambomayo se ubica dentro de la zona volcánica del sur del Perú y comprende rocas volcánicas cuyas edades van desde el terciario medio al cuaternario pleistocénico. Además se presentan depósitos inconsolidados del cuaternario reciente.

El marco geológico de la zona del proyecto y alrededores, no muestra agentes geodinámicos externos que puedan sugerir un riesgo inminente de esta naturaleza. Los emplazamientos en los que se ubican la planta concentradora, desmontera, utilidades, tubería de relaves y relavera están en zonas donde el riesgo de avenidas o huaycos, derrumbes y desplomes de rocas es muy poco probable.

#### 4.11 Reserva de mineral

Las reservas de mineral conocidos hasta la fecha se muestran resumidos en el siguiente. (Tabla N° 4)

TABLA N° 4  
RECURSOS MEDIDOS INDICADOS E INFERIDOS

<b>Recursos (medidos indicados e inferidos)</b>					
<b>VARIABLES</b>	<b>TM</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Ag (oz/TM)</b>	<b>Au (oz/TM)</b>	<b>Pb (%)</b>
Medidos	1458525.00	4.16	15.53	0.23	2.26
Indicados	1110771.00	3.29	14.00	0.36	2.95
Inferidos	2511566.00	2.75	3.78	0.39	4.61

Fuente: Memoria descriptiva EIA Tambomayo.

#### **4.12 Producción de mineral**

El proyecto estima una producción de mina a un ritmo de 3,000 Tn métricas diarias de mineral con contenidos de minerales de oro, plata, plomo y zinc, 90,000 Tn métricas mensuales y 1'080,000 Tn métricas anuales.

La extracción y transporte de mineral así como de material estéril (desmonte de mina) se realizará mediante locomotoras y carros mineros hacia la planta de procesos y al depósito de material estéril, respectivamente.

#### **4.13 Laboreos subterráneos**

De acuerdo a los trabajos de exploración minera del proyecto, las vetas de mineral han sido reconocidas por medio de niveles, entre los que tenemos a los niveles 4940, 4890, 4840, 4790, 4740. El proyecto considera como laboreo en interior mina la ejecución de un programa de desarrollo y reconocimiento de estructuras mineralizadas de 24,000 m por año (2,000m por mes). Este incluye el desarrollo de otros niveles inferiores (4690, 4640, 4590, 4540, 4490, 4440 y 4390).

La profundización de la mina implicará seguir construyendo la rampa principal, así como profundizar el pique N°1 y de un pique se servicios. Ello permitirá preparar y producir inicialmente de los niveles 4690, 4640, 4590, 4540, 4490 y 4440.

#### **4.14 Métodos de explotación**

En el proyecto se emplearán dos métodos de explotación subterránea: corte y relleno ascendente mecanizado, y el de banqueo y relleno.

El corte y relleno ascendente mecanizado consiste en efectuar cortes o tajadas horizontales sobre la veta, comenzando desde la base del tajo y avanzando hacia arriba. Previamente, se dejará un puente entre la galería principal y el subnivel donde se iniciará la explotación.

Las etapas o ciclo de minado por tipo de método de explotación a aplicarse en el proyecto serán: perforación, voladura, acarreo y transporte en interior de mina, desatado y sostenimiento y relleno de los tajeos.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS Y RESULTADOS DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE ACARREO CON EQUIPO MECANIZADO

#### 5.1 Determinación de costo unitario del equipo LHD 4.2yd<sup>3</sup> (Scoop 3m<sup>3</sup>)

##### Datos del equipo

Equipo	: Scoop 4.2 yd <sup>3</sup> (3 m <sup>3</sup> )
Marca	: Caterpillar
Modelo	: R 1300G
Año	: 2014

La conformación de los componentes para la determinación de costo unitario del equipo LHD se muestra en la (Tabla N° 5).

TABLA N° 5  
CONFORMACIÓN DE COSTO HORARIO

	COSTO DE POSESIÓN	COSTO DE OPERACIÓN
COSTO DEL EQUIPO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor de adquisición</li> <li>• Valor de rescate</li> <li>• Inversión media anual</li> <li>• Costo de depreciación</li> <li>• Costos de interés</li> <li>• Costos de seguros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de mantenimiento y reparación</li> <li>• Costos de combustible</li> <li>• Costos de lubricantes</li> <li>• Costos de filtros</li> <li>• Costos de grasas</li> <li>• Costos de llantas</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.1 Cálculo de costo de posesión

- a) **Valor de adquisición (Va).** Es el precio actual en el mercado y se obtiene solicitando cotizaciones a los proveedores en venta de maquinaria.

Completo : US\$ 607 700

Sin llantas : US\$ 605 200

- b) **Valor de rescate (Vr).** El valor de rescate, también valor de recuperación ó salvataje se define como el valor de reventa que tendrá la máquina al final de su vida económica útil.

Porcentaje : 20 %

$$Vr = \% \times Va$$

Donde:

Vr = Valor de rescate (US\$)

Va = Valor de adquisición (US\$)

$$Vr = \% \times Va$$

$$Vr = 20\% \times 607\ 700$$

$$V_r = 121\,540 \text{ US\$}$$

- c) **Cálculo de la inversión media anual (IMA)** La variación en el rendimiento de una maquinaria a lo largo de su vida económica útil, obliga a buscar un valor representativo e invariable sobre el cual aplicar los intereses, seguros, impuestos, etc.; a este valor se le denomina inversión media anual, y se define como la media de los valores que aparecen en los libros a principios de cada año, después de deducirles la cuota de amortización correspondiente a cada año. Por definición:

$$\text{IMA} = \text{Va} (n + 1) / 2n$$

Donde:

IMA = Inversión media anual (US\$/h)

Va = Valor de adquisición (US\$)

N = Vida económica útil (años)

$$\text{IMA} = \text{Va} (n + 1) / 2n$$

$$\text{IMA} = 607\,700 (5 + 1) / 2 \times 5$$

$$\text{IMA} = 3\,646\,200 / 10$$

$$\text{IMA} = 364\,620 \text{ US\$/año}$$

- d) **Vida económica útil (VEU)**

Años : 5 años

Horas : 12000 horas

El periodo de depreciación se puede ver en la (Tabla N° 6).

TABLA N° 6  
PERIODO DE DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO

EQUIPOS	VIDA ECONOMICA UTIL
Maquinaria liviana	6,000 horas de trabajo; 3 años de duración.
Maquinaria pesada	12,000 horas de trabajo; 5 años de duración.
Maquinaria súper pesada	16,000 horas de trabajo; 8 años de duración.

Fuente: Gustavo A. García Sandoval (2010).

e) **Cálculo de costo horario de la depreciación (Cd)**

$$Cd = (Va - Vr)/5$$

Donde

Cd = Depreciación (US\$/h)

Va = Valor de adquisición (US\$)

Vr = Valor de rescate (US\$)

$$Cd = (Va - Vr)/5$$

$$Cd = (607\ 700 - 121\ 540) / 12\ 000 \text{ horas}$$

$$Cd = 40.51 \text{ US\$/h}$$

f) **Cálculo de costo de interés (I).** Cualquier empresa para comprar una máquina financia los fondos necesarios en los bancos o mercado de capitales, pagando por ello el interés correspondiente. Para el presente ejemplo usaremos el promedio de tasa activa en moneda extranjera (TAMEX) del año 2014 que fue 8.5%.

$$I = IMA \times \% \text{ de tasa anual} / N^\circ \text{ horas anuales}$$

Donde

I = Interés (US\$/h)

IMA = Inversión media anual (US\$)

% = Tasa monetaria (%)

$$I = \text{IMA} \times \% \text{ de tasa anual} / \text{horas anuales}$$

$$I = (364\,620 \times 0.085) / 2\,400$$

$$I = 12.91 \text{ US\$/h}$$

- g) **Cálculo de costo de seguros, impuestos, almacenaje (Cs).** Se considerará la tasa anual que debe pagar el propietario a una compañía de seguros para proteger la maquinaria de todo riesgo.

Usaremos referencialmente las siguientes tasas promedios anuales de seguros impuestos almacenaje

Seguros	2.5 %
Impuestos	2.0 %
Almacenaje	1.0 %
Total	5.5% Seguros

$$Cs = \text{IMA} \times S / N^{\circ} \text{ horas anuales}$$

Donde

Cs = Costo de seguros

IMA = Inversión media anual

S = Tasa de seguros

$$Cs = \text{IMA} \times S / N^{\circ} \text{ horas anuales}$$

$$Cs = 364\,620 \times 0.055 / 2400$$

$$Cs = 8.36 \text{ US\$/h}$$

### 5.1.2 Cálculo de costo de operación

- a) **Costo de mantenimiento y reparación. (Cm)** Se estima, con bastante aproximación; que por reparación y repuestos una máquina, durante su vida útil, consume, en reparaciones y repuestos, un porcentaje del valor de adquisición, que varía según el tipo de la complejidad del trabajo, referencialmente se usan

los siguientes promedios. (Norma técnica para determinación de costo horario de los equipos, 2015).

Trabajo duro	80 a 100 %
Trabajo normal	70 a 90 %
Trabajo suave	50 a 80 %
Se asume el 70 %	

$$C_m = V_a \times S_m / VEU$$

Donde

$C_m$  = Costo de mantenimiento (US\$)

$V_a$  = Valor de adquisición (US\$)

$S_m$  = Seguros de mantenimiento (%)

VEU = Vida económica útil

$$C_m = V_a \times S_m / VEU$$

$$C_m = 607700 \times 0.70 / 12000$$

$$C_m = 35.45 \text{ US\$/h}$$

**b) Cálculo de costo de combustible ( $C_c$ )**

Consumo de combustible	4.5 gl/h
Costo de combustible	5.5 US\$ /gl
Costo por hora combustible	<b>24.75 US\$/h</b>

**c) Cálculo de Costo de lubricantes (CI)**

Consumo aceite motor: 0.038 gl/h / Costo aceite motor:	US\$. 10.72
Consumo aceite transmisión: 0.027 gl/h / Costo aceite transmisión	US\$. 11.71
Consumo aceite dirección: 0.015 gl/h / Costo aceite hidráulico:	US\$. 13.29
Grasa: 0.220 lb/h / Costo grasa:	US\$. 1.61
Refrigerante: 0.002 gl/h / Refrigerante:	US\$. 12.07
Aceite motor :	0.038 gl/h x US\$. 10.72 = US\$.0.41/hora

Aceita cajá de cambio:	0.027 gl/h x US\$. 11.71	= US\$. 0.32 /hora
Aceite dirección:	0.015 gl/h x US\$. 13.29	= US\$. 0.20/hora
Grasas:	0.22 lb /h x US\$. 1.61	= US\$. 0.35/hora
Refrigerante:	0.002 gl/h x US\$. 12.07	= US\$. 0.02/hora
<b>Total costo lubricantes</b>		<b>= 1.3 US\$/h</b>

**d) Cálculo de Costo de filtros (Cf)**

Es el 20% (costo combustible + costo lubricantes)

$$\mathbf{Cf = 0.20 (Cc + Cl)}$$

Donde:

Cl = Costo de combustible (US\$/hr)

Cl = Costo de lubricantes (US\$/hr)

$$\mathbf{Cf = 0.20 (Cc + Cl)}$$

$$Cf = 0.20 (24.75 + 1.3)$$

$$\mathbf{Cf = 5.21 US$/h}$$

**e) Cálculo de Costo de llantas (Cll)**

$$\mathbf{Cll = Ctl / Vull}$$

Donde

Cll = Costo de llanta (US\$/h)

Ctl = Costo total de llanta (US\$)

Vull = Vida útil de llantas (h)

$$\mathbf{Cll = Ctl / Vull}$$

$$Cll = 2500 / 2000$$

$$\mathbf{Cll = 1.25 US$/h}$$

**f) Cálculo de costo horario total equipo (CT)**

$$\mathbf{CT = Cd + I + Cs + Cm + Cc + Cl + Cf + Cg + Cll}$$

Donde

CT	: Costo total
Cd	: Cálculo de costo de depreciación
I	: Cálculo de costo de interés
Cs	: Cálculo de costo de seguros
Cm	: Costo de mantenimiento y reparación
Cc	: Cálculo de costo de combustible
Cl	: Cálculo de costo de lubricantes
Cf	: Cálculo de costo de filtros
CII	: Costo de llantas

$$CT = Cd + I + Cs + Cm + Cc + Cl + Cf + CII$$

$$CT = 40.51 \text{ US\$/h} + 12.91 \text{ US\$/h} + 8.36 \text{ US\$/h} + 35.5 \text{ US\$/h} + 24.75 \text{ US\$/h} + 1.3 \text{ US\$/h} + 5.21 \text{ US\$/h} + 1.25 \text{ US\$/h}$$

$$CT = 129.74 \text{ US\$/h}$$

### 5.1.3 Cálculo de costo por hora del equipo LHD (Scoop)

Tipo de cambio US \$	: 2.8
Costo total US \$/h	: 129.74
Costo total S/. /h	: 363.28
Gastos administrativos 5%	: 18.16
Utilidades 15 %	: 54.49
<b>Total S/.</b>	<b>: 435.93 S/. /h</b>

## 5.2 Rendimiento anterior del equipo LHD (Scoop) en el crucero 339 – NW

### 5.2.1 Características de la labor crucero 339-NW

a) **Sección de la labor.** La sección de la labor es de:

Sección 11 pies x 11 pies

Sección 3.30 m x 3.30 m

La sección de la labor obtenido en campo es de 3.50 m y un avance de 3.00 m (ver Tabla N° 7)

TABLA N° 7  
SECCIÓN DE LA LABOR SIN OPTIMIZAR

<b>Crucero 339 NW</b>			
<b>Turno</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Alto (m)</b>	<b>Avance (m)</b>
Dia	3.60	3.50	3.00
Noche	3.40	3.60	3.20
Dia	3.30	3.40	3.20
Noche	3.60	3.50	2.90
Dia	3.60	3.60	2.80
Noche	3.50	3.60	3.10
Dia	3.40	3.60	3.00
Noche	3.70	3.60	2.80
Dia	3.30	3.40	3.20
Noche	3.60	3.50	2.90
Dia	3.60	3.50	3.00
Noche	3.40	3.60	3.20
Dia	3.60	3.30	3.20
Noche	3.50	3.50	2.90
Dia	3.50	3.20	2.80
Noche	3.40	3.60	2.90
Dia	3.50	3.60	3.00
Noche	3.50	3.40	2.90
<b>Promedio</b>	<b>3.50</b>	<b>3.50</b>	<b>3.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo se usara la sección de la labor los datos obtenidos en campo que es un promedio de 3.50 m y un avance de 3.00 m.

- b) **Factor de esponjamiento (Fe).** El factor de esponjamiento es variable dependiendo al tipo de roca y la voladura generada ver. (Tabla N° 8).

TABLA N° 8  
FACTOR DE ESPONJAMIENTO

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Procentaje de esponjamiento</b>
Tierra vegetal, arena	9 a 15
Arcilla, arena humeda	15 a 25
Grava gruesa	25 a 35
Roca blanda a semi dura	35 a 45
Roca dura	45 a 65

Fuente: Baldeón Quispe Zoila (2011).

Factor de esponjamiento = 40 %

- c) **Volumen del material (V).** Los metros cúbicos volados es de sección 3.50 m x 3.50 m y un avance de 3.00 m.

Cálculo de volumen roto.

$$V = b \times h \times La$$

Donde:

$$V = \text{Volumen roto (m}^3\text{)}$$

$$b = \text{Ancho de la labor (m)}$$

$$h = \text{Altura de la labor (m)}$$

$$Lp = \text{Longitud de avance (m)}$$

$$V = b \times h \times La$$

$$V = 3.50 \times 3.50 \times 3.00$$

$$V = 36.75 \text{ m}^3$$

- d) **Volumen esponjado (Ve).** Son los metros cúbicos reales más el esponjamiento producto de la voladura.

Cálculo de volumen esponjado

$$Ve = V + (V \times Fe)$$

Donde:

$$Ve = \text{Volumen roto (m}^3\text{)}$$

$$Fe = \text{Factor de esponjamiento (\%)}$$

$$Ve = V + (V \times Fe)$$

$$Ve = 36.75 + (36.75 \times 0.40)$$

$$Ve = 51.45 \text{ m}^3$$

### 5.2.2 Características del equipo LHD (Scoop) en el crucero 339 NW

**a) Factor de llenado.**

Factor de llenado = 85 % (ver Tabla N° 9)

TABLA N° 9  
FACTOR DE LLENADO

TAMAÑO	FACTOR DE LLENADO
Bien fragmentado	80-95%
Fragmentación mediana	75-90%
Mal fragmentado con lascas o bloques	60-75%

Fuente: Manual de rendimiento CATERPILLAR.

**b) Capacidad real del equipo LHD (Scoop)**

Capacidad del equipo LHD (Scoop) = 3.0 m<sup>3</sup>

**c) Velocidad del LHD (Scoop)** La velocidad del equipo depende a varios factores estado de vías, al operador del equipo, iluminación etc. Los datos fueron tomados en campo insitu. Ver (Anexo D-1).

Resumen de velocidades.

Velocidad de retorno con carga del scoop = 3.4 km/h

Velocidad de ida sin carga del scoop = 4.8 km/h

### 5.2.3 Cálculo del ciclo de limpieza anterior en el crucero 339 NW

**a) Cálculo tiempo de retorno (con carga) (Tr).** El tiempo de transporte (con carga) desde el frente de limpieza hasta la cámara de carguío. Se tomó los datos en campo.

Para el presente cálculo se tomara una distancia 200 m.

Cálculo para tiempo de traslado con carga

$$Tr = D/Vr$$

Donde:

Tr: Tiempo de retorno con carga (minutos)

D: Distancia de recorrido con carga (km)

Vr: Velocidad de retorno con carga (km/h)

$$Tr = D/V$$

$$Tr = 0.20 \text{ km} / (3.4 \text{ km/h}) \times 60$$

$$Tr = 3.5 \text{ minutos}$$

Los datos para la obtención de esta figura se muestran en el (Anexo D-2) en donde se realiza los cálculos de los datos promedio para diferentes distancias, la estadística se muestra en la (Figura N° 4)

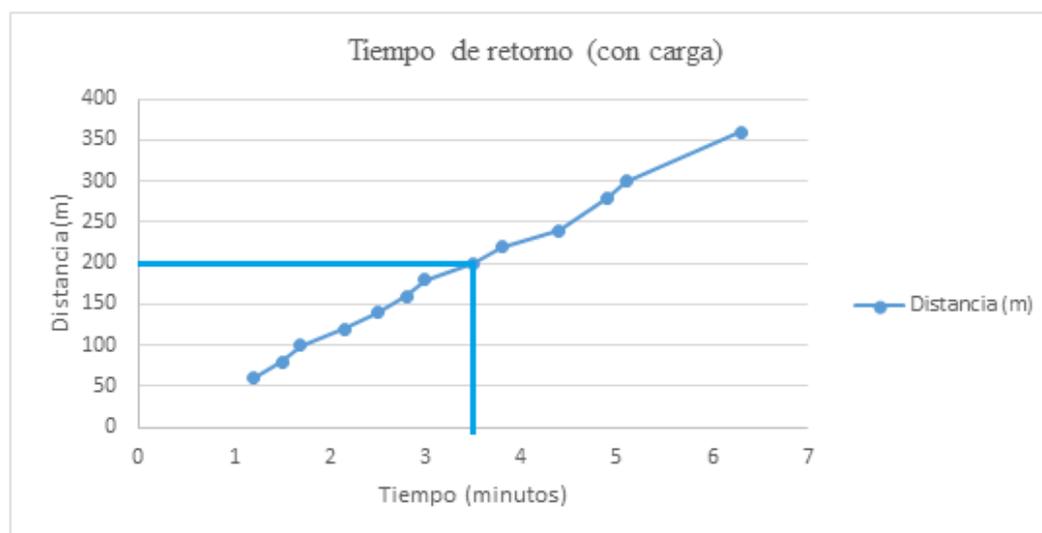


Figura N° 4 Tiempo de retorno (con carga).

Fuente: Elaboración propia.

- b) Cálculo tiempo de ida (sin carga) (Ti).** El tiempo de recorrido de ida (sin carga) desde la cámara de acumulación hasta el frente de limpieza. Se tomó los datos en campo.

Para el presente cálculo se tomara una distancia 200 m

Cálculo para tiempo de ida (sin carga)

$$T_i = D/V_i$$

Donde:

$T_i$ : Tiempo de ida sin carga (minutos)

$D$ : Distancia de recorrido sin carga (km)

$V_i$ : Velocidad de ida sin carga (km/h)

$$T_i = D/V$$

$$T_i = 0.20 \text{ km} / (4.8 \text{ km/h}) \times 60$$

$$T_i = 2.5 \text{ minutos}$$

$$T_i = 2.5 \text{ minutos}$$

Los datos para la obtención de esta figura se muestran en el (Anexo D-2) en donde se realiza los cálculos de los datos promedio para diferentes distancias y tiempo, la estadística se muestra en la (Figura N° 5)

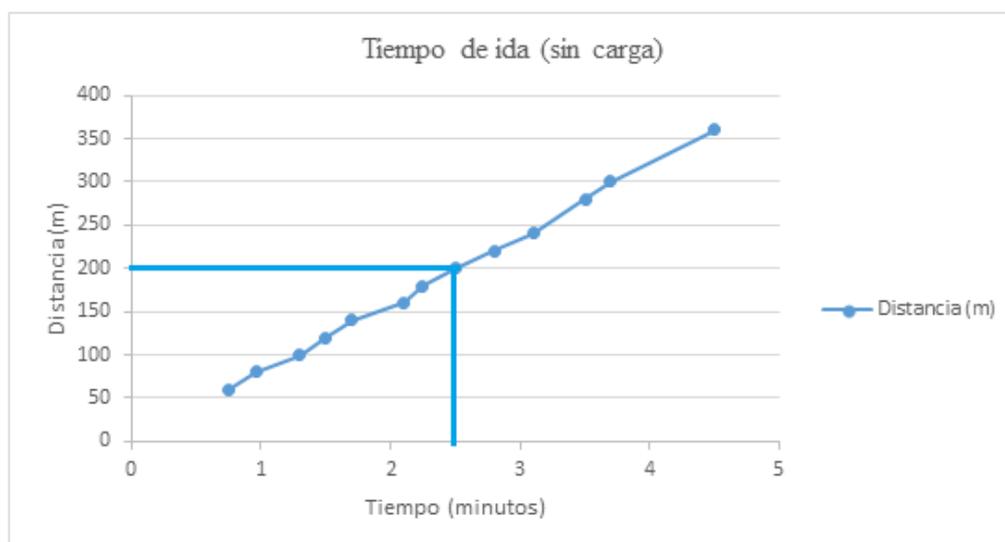


Figura N° 5 Tiempo de ida (sin carga)

Fuente: Elaboración Propia

- c) **Cálculo para maniobras totales (Mt).** Son las maniobras que se realizan durante la limpieza de carga del frente y la descarga de material en la cámara de acumulación. Se tomó los datos insitu.

$$\text{Maniobras totales} = 1 \text{ minuto}$$

- d) **Ciclo total de acarreo (Ca).** Es el tiempo en la que el equipo LHD (Scoop) realiza un viaje de limpieza.

Cálculo para ciclo de acarreo

$$\mathbf{Ca = Tr + Ti + Mt}$$

Donde:

Ca: Ciclo total de acarreo (minutos)

Tr: Tiempo de retorno con carga (minutos)

Ti: Tiempo de ida sin carga (minutos)

Mt: Maniobras totales (minutos)

$$\mathbf{Ca = Tr + Ti + Mt}$$

$$Ca = 3.5 + 2.5 + 1$$

$$\mathbf{Ca = 7 \text{ minutos}}$$

- e) **Cálculo para número de ciclos (Nc).** La cantidad de viajes que el equipo LHD (Scoop) ejerce para realizar la limpieza del frente de avance.

Cálculo para número de ciclos

$$\mathbf{Nc = Ve/ Cs}$$

Donde:

Nc: Número de ciclos

Ve: Volumen esponjado ( $m^3$ )

Cs: Capacidad de lampón del equipo LHD (Scoop) ( $m^3$ )

$$Nc = Ve / Cs$$

$$Nc = 51.45 / 3$$

$$Nc = 17.25 \text{ ciclos}$$

Número de ciclos = 17 ciclo

- f) **Cálculo para el tiempo total de limpieza (Tl).** Es el tiempo total que el equipo realiza un frente de disparo.

Cálculo para tiempo de limpieza.

$$Tl = Nc \times Ca$$

Donde:

Tl: Tiempo de limpieza (h)

Nc: Numero de ciclos

Ca: Ciclo total de acarreo (minutos)

$$Tl = Nc \times Ca$$

$$Tl = 17 \times 7$$

$$Tl = 119/60 \text{ h}$$

$$Tl = 1.98 \text{ horas}$$

Los datos para la obtención de esta figura se muestran en el (Anexo D-2) en donde se realiza los cálculos de los datos promedio para diferentes distancias y tiempo, la estadística se muestra en la (Figura N° 6).

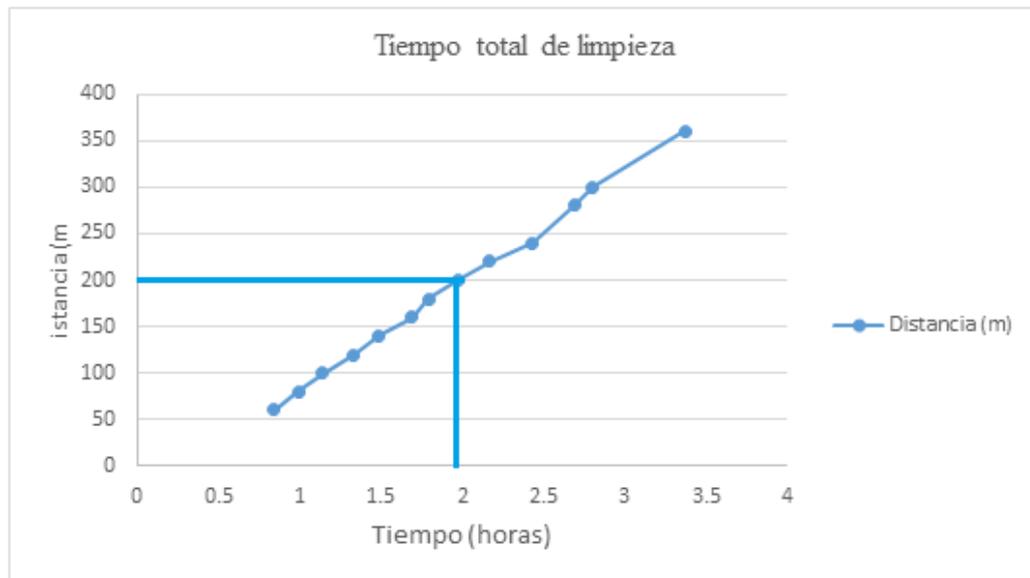


Figura N° 6: Tiempo total de limpieza.  
Fuente: Elaboración propia.

### g) 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)

$$Rs = Ve / Tl$$

$$Rs = 51.45/1.98$$

$$Rs = 25.98 \text{ m}^3/\text{h}$$

Los datos para la obtención de esta figura se muestran en el (Anexo D-2) en donde se realiza los cálculos de rendimiento para diferentes distancias, la estadística se muestra en la (Figura N° 7).

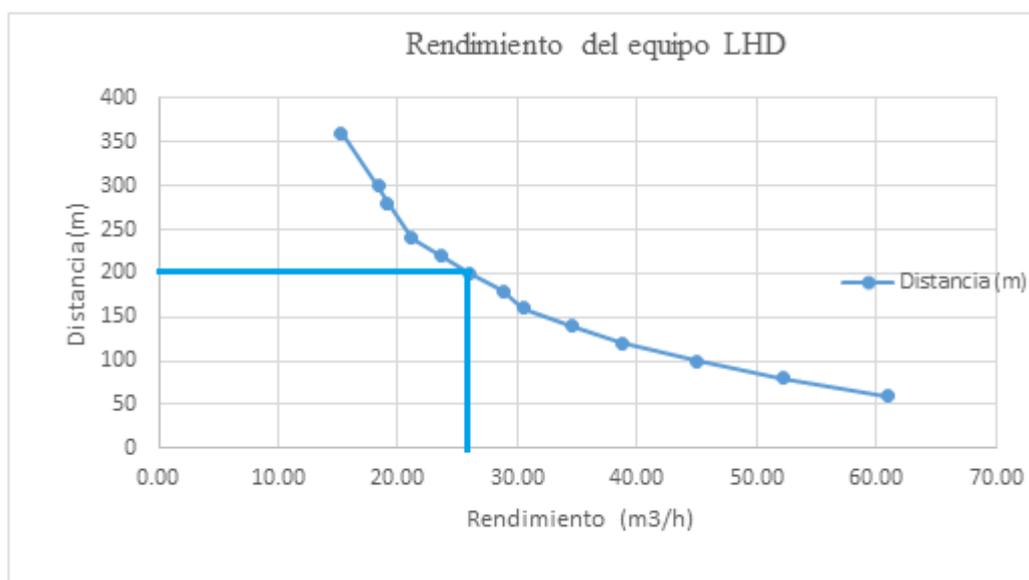


Figura N° 7: Rendimiento del equipo LHD.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Rendimiento optimizado del equipo LHD (Scoop) en el cruce 339-NW

#### 5.3.1 Parámetros de la labor en el cruce 339 NW

**Materiales y métodos** La propuesta de investigación, fue la de recopilar y analizar información de campo mediante gráficos estadísticas, que permitan determinar la utilización neta y la productividad real actual del equipo de carga, con el fin de determinar cuáles son los principales factores que las afectan, así como proporcionar alternativas que ayuden a mejorarlas.

a) **Sección de la labor.** La sección de la labor es de:

Sección 11 pies x 11 pies

Sección 3.30 m x 3.30 m

En la en la tabla se muestra la sección obtenida en campo y el avance de la labor. ver (Tabla N° 10)

TABLA N° 10  
SECCIÓN DE LA LABOR OPTIMIZADA

<b>Crucero 339 NW</b>			
<b>Turno</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Alto (m)</b>	<b>Avance (m)</b>
Dia	3.40	3.30	3.10
Noche	3.40	3.30	3.20
Dia	3.30	3.40	3.10
Noche	3.35	3.40	3.00
Dia	3.40	3.40	3.10
Noche	3.30	3.40	3.10
Dia	3.40	3.30	3.10
Noche	3.30	3.40	3.00
Dia	3.30	3.40	3.20
Noche	3.40	3.40	3.10
Dia	3.30	3.35	3.20
Noche	3.40	3.30	3.10
Dia	3.30	3.30	3.20
Noche	3.20	3.30	3.00
Dia	3.40	3.20	3.20
Noche	3.40	3.30	2.90
Dia	3.30	3.40	3.00
Noche	3.40	3.40	3.20
<b>Promedio</b>	<b>3.35</b>	<b>3.35</b>	<b>3.10</b>

Fuente Elaboración propia.

**b) Factor de esponjamiento (Fe) ver (Tabla N° 11)**

TABLA N° 11  
FACTOR DE ESPONJAMIENTO

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Porcentaje de esponjamiento</b>
Tierra vegetal, arena	9 a 15
Arcilla, arena humeda	15 a 25
Grava gruesa	25 a 35
Roca blanda a semi dura	35 a 45
Roca dura	45 a 65

Fuente: Baldeón Quispe Zoila (2011).

Factor de esponjamiento = 40 %

- c) **Volumen del material (V)** La sección de la labor es de 3.30 m x 3.30 m y un avance de 3.10m para el presente cálculo se tomara los datos obtenidos en campo (ver Tabla N° 10).

Cálculo de volumen roto.

$$V = b \times h \times Lp$$

Donde:

V: Volumen roto (m<sup>3</sup>)

b: Ancho de la labor (m)

h: Altura de la labor (m)

Lp: Longitud de perforación (m)

$$V = b \times h \times Lp$$

$$V = 3.35 \times 3.35 \times 3.10$$

$$V = 34.79 \text{ m}^3$$

- d) **Volumen esponjado (Ve)**

Cálculo de volumen esponjado

$$Ve = V + V \times Fe$$

Donde:

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

V: Volumen roto (m<sup>3</sup>)

Fe: Factor de esponjamiento

$$Ve = V + V \times Fe$$

$$Ve = 34.79 + 34.79 \times 0.40$$

$$Ve = 48.71 \text{ m}^3$$

### 5.3.2 Parámetros del equipo LHD (Scoop) en el crucero 339-NW

- a) **Muestreo de campo.** Para la recopilación de la información de campo, se procedió al diseño de una hoja de chequeo; en la que se registraron tiempos en minutos, distancias, maniobra de equipo para realizar la limpieza, estos tiempos efectuados por el equipo LHD (Scoop). Esta muestra se tomó en un frente de avance ver (Anexo D-8 y D-9).
- b) **Factor de llenado.** Es muy importante observar el factor de llenado del cucharón del scoop, ya que solo así es posible calcular con mayor certeza el volumen y tonelaje de mineral o material estéril cargado en cada viaje. No existe un método analítico para medir este factor y por lo tanto, debe ser calificado visualmente durante el muestreo de campo. ver (Tabla N° 12).

Factor de llenado = 85 %

TABLA N° 12  
FACTOR DE LLENADO

TAMAÑO	FACTOR DE LLENADO
Bien fragmentado	80-95%
Fragmentación mediana	75-90%
Mal fragmentado con lascas o bloques	60-75%

Fuente: Manual de rendimiento CATERPILLAR.

- c) **Capacidad real del equipo LHD (Scoop)** Su capacidad real es

Capacidad del equipo LHD (Scoop) = 3.0 m<sup>3</sup>

- d) **Velocidad del equipo LHD (Scoop)** La velocidad del equipo promedio obtenidos en campo se puede ver en (Anexo D-3)

Velocidad de retorno (con carga) = 4.4 km/h

Velocidad de ida (sin carga) = 5.6 km/h

- e) **Distancia de acarreo.** La distancia de acarreo de material roto producto de la voladura hasta la cámara de acumulación y/o carguío. Se toma como referencia para cálculo 200 m.

### 5.3.3 Calculo del ciclo de limpieza optimizado con equipo LHD (Scoop) en el crucero 339 NW

- a) **Cálculo tiempo de retorno (con carga) (Tr).** Se tomó los datos en campo ver (Anexo D-4)

$$\text{Tr} = D/V$$

Donde:

Tr: Tiempo de retorno con carga (minutos)

D: Distancia de recorrido del equipo LHD (km)

Vr: Velocidad de retorno con carga (km/h)

$$\text{Tr} = D/V$$

$$\text{Tr} = 0.20 \text{ km} / (4.4 \text{ km/h}) \times 60 \text{ minutos}$$

$$\text{Tr} = 2.7 \text{ minutos}$$

- b) **Cálculo tiempo de ida (sin carga) (Ti)**

$$\text{Ti} = D/V$$

Donde:

Ti: Tiempo de ida sin carga (h)

D: Distancia de recorrido sin carga (km)

Vi: Velocidad de ida sin carga (km/h)

$$\mathbf{T_i = D/V}$$

$$T_i = 0.20\text{km}/(5.6\text{km/h}) \times 60 \text{ min}$$

$$\mathbf{T_i = 2.1 \text{ minutos}}$$

- c) **Tiempo de maniobras totales (Mt)**. Son las maniobras que se realizan durante la limpieza de carga del frente y la descarga de material en la cámara de acumulación. Se tomó los datos insitu.

$$\text{Maniobras totales} = 1 \text{ min}$$

- d) **Ciclo total de acarreo (Ca)**

$$\mathbf{Ca = T_c + T_s + Mt}$$

Donde:

Ca: Ciclo total de acarreo (minutos)

Tr: Tiempo de retorno con carga (minutos)

Ti: Tiempo ida sin carga (minutos)

Mt: Maniobras totales (minutos)

$$\mathbf{Ca = T_r + T_i + Mt}$$

$$Ca = 2.7 + 2.1 + 1$$

$$\mathbf{Ca = 6 \text{ minutos}}$$

**e) Cálculo para número de ciclos (Nc)**

Cálculo para número de ciclos

$$Nc = Ve / Cs$$

Donde:

Nc : número de ciclos

Ve : Volumen esponjado (m<sup>3</sup>)Cs : Capacidad de lampon del equipo LHD (m<sup>3</sup>)

$$Nc = Ve / Cs$$

$$Nc = 48.71 / 3.0$$

$$Nc = 16 \text{ ciclos}$$

Numero de ciclos = 16 lampones

**f) Cálculo para el tiempo total de limpieza (Tl)**

Cálculo para tiempo de limpieza

$$Tl = Nc \times Ca$$

Donde:

Tl : Tiempo de limpieza (h)

Nc: Número de ciclos

Ca: Ciclo de acarreo (minutos)

$$Tl = Nc \times Ca$$

$$Tl = 16 \times 6$$

$$Tl = 1.6 \text{ horas}$$

Los datos para la obtención de esta figura se muestran en el (Anexo D-4) en donde se realiza los cálculos de limpieza para diferentes distancias, el grafico estadístico se puede ver en la (Figura N° 8).

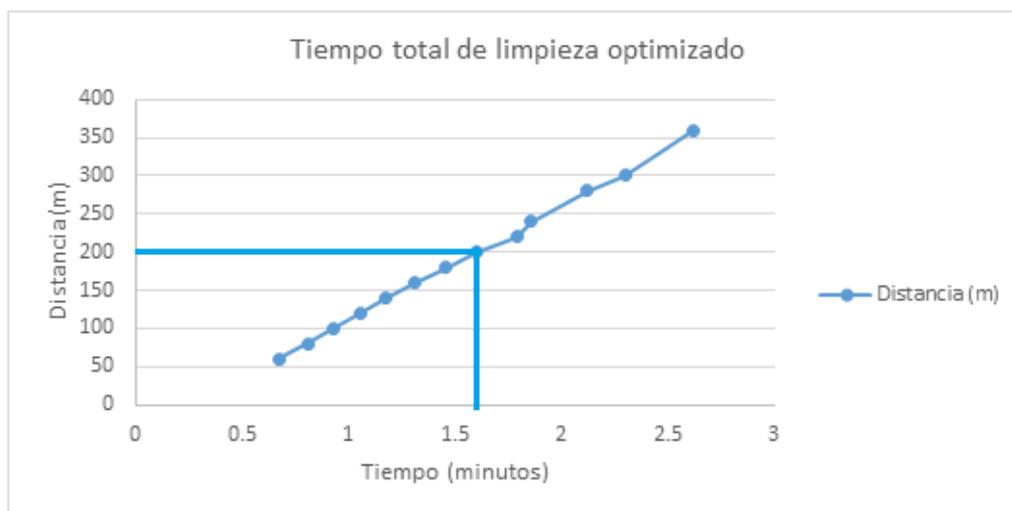


Figura N° 8: Tiempo Total de limpieza optimizado.

Fuente: Elaboración propia.

**g) Rendimiento del equipo LHD (Scoop). (Rs).**

$$Rs = Ve / Tl$$

Donde

Rs: Rendimiento del equipo LHD (Scoop) (m<sup>3</sup>/h)

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

Tl : Tiempo total de limpieza (h)

$$Rs = Ve / Tl$$

$$Rs = 48.71 / 1.6$$

$$Rs = 30.44 \text{ m}^3/\text{h}$$

Los datos para la obtención de esta figura se muestran en el (Anexo D-4) en donde se realiza los cálculos de rendimiento para diferentes distancias, el grafico estadístico se puede ver en la (Figura N° 9).

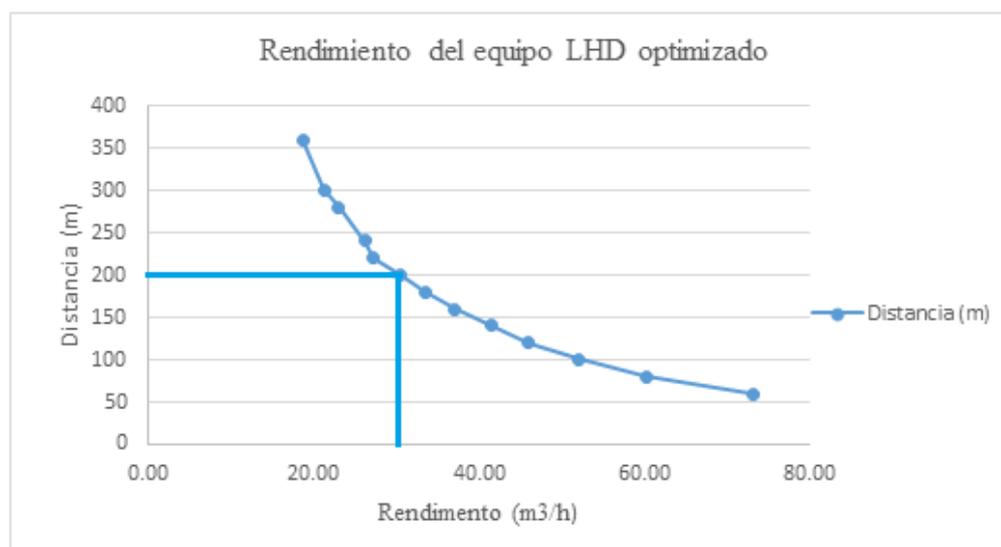


Figura N° 9: Rendimiento del equipo LHD (Scoop) optimizado.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4 Mantenimiento del estado de vía de la labor

Las secciones de las labores en la Unidad Minera Tambomayo son para el tránsito de equipos en los cuales las vías de acceso para los equipos no se encuentra en buenas condiciones debido a que en la mina transitan equipos pesados como (Dumper y scoop), equipos livianos Camionetas. Debido a estos equipos y las condiciones de la mina, no se tienen un buen acceso para los equipos teniendo en las vías con charcos de agua, cunetas tapadas en donde el agua subterránea no drena por la cuneta, ver (Anexo D-7).

Debido a estas condiciones en las que transita el equipo en interior mina no se tiene un buen rendimiento de los equipos, y al mismo tiempo no hay una buena productividad de los equipos.

Con el fin de mejorar los accesos de vía para el tránsito de los equipos, y no perjudicar la productividad de los equipos. Se implementa un equipo (Bob cat) adicional para el mantenimiento de la vía. Este equipo es encargado de hacer la limpieza de la vía, tapar los huecos de la vía y hacer el mantenimiento respectivo.

#### 5.5 Seguimiento y control operativo

- Cumplimiento mantenimiento de vía para el tránsito de los equipos pesados.
- Fragmentación eficiente de la voladura ejecutada en la labor.

- Adecuada distribución de los equipos.
- Evacuación eficiente de los materiales en interior mina.

**5.6 Control de tiempo de trabajo del equipo LHD (Scoop)**

**Muestreo de campo.** Para la recopilación de la información de campo (muestra), se procedió al diseño de una hoja de chequeo; en la que se registraron tiempos en segundos, entre lampones efectuados por el scoop y su factores de llenado, así como el tiempo de demora al hacer el carguío a los dumper, la muestra fue recopilada en un tiempo aproximado de 15 días durante los tres turnos de operación; también fue necesario determinar puntos de acotamiento para el inicio y el término de cada ciclo de carga del lampón y del viaje, como sigue.

**Ciclo por lampón.-** Inicia y termina cuando el lampón descarga su contenido en la cámara de acumulación, ver (Anexo D-8).

**Ciclo de carga.-** Inicia cuando ya existe suficiente espacio para que el dumper en espera se pueda acomodar (este tiempo se incluye en el primer lampón del siguiente ciclo) y termina cuando el operador del cargador da la señal con el claxon al dumper para indicar que el dumper está lleno, ver (Anexo D-9).

Los resultados obtenidos en un turno de 10 horas, donde se puede apreciar que la utilización neta por turno es de 5.8 horas; es decir, 58.0% del tiempo ver (Tabla N° 13).

TABLA N° 13  
UTILIZACIÓN DEL SCOOP

Concepto	Actividad	Horas por turno	
		Parcial	Total
Utilización neta	Tiempo efectivo de carga	0.9	5.8
	Actividad de limpieza	4.9	
Actividades no productivas	Capacitación y reparto de guardia	0.5	4.2
	Inspección y traslado del equipo	0.6	
	Falta de dumper	0.4	
	Cambio de turno	0.4	
	Otros	0.6	
	Mantenimiento	0.3	
	Levantamiento topografico	0.1	
	Alimentos almuerzo	1	
	Voladura	0.3	
Utilización neta		58.00%	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en el muestreo en campo respecto a las interrupciones del scoop en un turno de 10 horas, donde se puede apreciar que la inutilización más alta del equipo es en la hora del almuerzo, con una frecuencia más alta en espera para el carguío del dumper. Los datos se puede evidenciar en. (Tabla N° 14 y Figura N° 10).

TABLA N° 14  
INTERRUPCIONES DEL SCOOP DURANTE EL TRABAJO

ACTIVIDAD POR TURNO	HORAS POR TURNO	FRECUENCIA POR TURNO
Capacitación y reparto de guardia	0.5	1
Inspección y traslado del equipo	0.6	2
Falta de dumper	0.4	4
Cambio de turno	0.4	2
Otros	0.6	0.6
Mantenimiento	0.3	0.9
Levantamiento topografico	0.1	0.1
Alimentos almuerzo	1	1
Voladura	0.3	2
Total	4.2	13.6

Fuente: Elaboración propia.

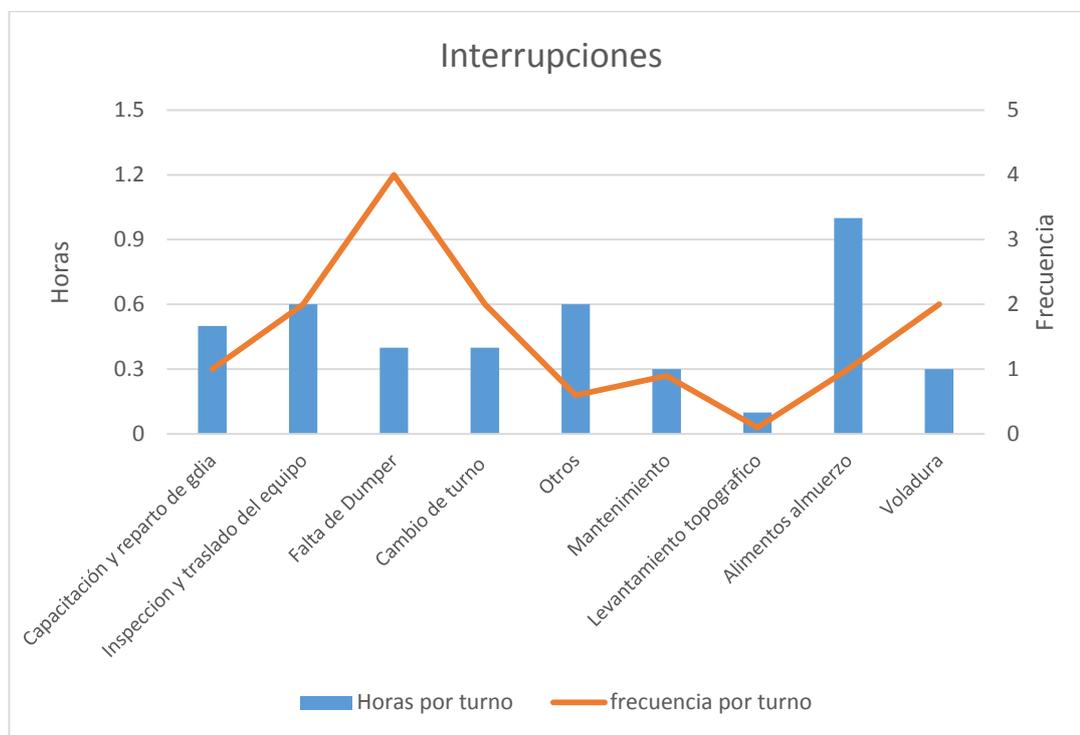


Figura N° 10: Interrupción del equipo LHD.  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.7 Contratación de hipótesis y análisis de resultados

El presente trabajo de investigación tiene dos hipótesis específicas: por lo que se desarrolla la exposición, análisis y discusión para estas dos hipótesis por separado.

#### 5.7.1 Primera hipótesis

Determinando el costo unitario del equipo mecanizado se optimizará el costo de acarreo en labores de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura-Arequipa.

Concluyendo con el proceso de cálculos conducentes a la obtención de costo horario del equipo LHD, se ha obtenido el costo por hora, el resumen se puede observar en la (Tabla N° 15).

TABLA N° 15  
COSTO HORARIO DEL EQUIPO

<b>DETERMINACIÓN DE COSTO HORARIO DE EQUIPO LHD (SCOOP)</b>		
MÁQUINA		Scoop 3 m <sup>3</sup> (4.2 yd <sup>3</sup> )
MARCA		CATERPILLAR
MODELO		R1300G
AÑO		2014
VALOR DE ADQUISICIÓN US\$	Completo	607,700
	Sin llantas	605,200
PERIODO DE DEPRECIACIÓN	Años	5
	Horas	12,000
Valor de rescate	%	20%
	US\$	121,540
Inversión media anual	US\$	364,620
Costo de la depreciación	US\$/h	40.51
Costo de interes	US\$/h	12.91
Costo de seguro, impuestos y almasenaje	US\$/h	8.36
Costo de mantenimiento y reparación	US\$/h	35.45
Costo de combustible	US\$/h	24.75
Costo de lubricantes	US\$/h	1.30
Costo de filtros	US\$/h	5.21
Costo de llantas	US\$/h	1.25
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>US\$/h</b>	<b>129.74</b>
Tipo de cambio		2.80
Costo horario	US\$/h	129.74
Costo horario	S./h	363.28
Costos administrativos	5%	18.16
Utilidades	15%	54.49
<b>TOTAL</b>	<b>S./ h</b>	<b>435.93</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.7.2 Segunda hipótesis

Determinando el tiempo de acarreo del equipo mecanizado se optimizará el costo de acarreo en labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura- Arequipa.

La presente hipótesis se cumplió con la optimización de tiempo del equipo LHD (Scoop).

Las líneas de colores azul y celeste nos muestra el tiempo optimizado en diferentes distancias. Las líneas roja y amarilla son los tiempos de acarreo antes de la optimización. Los datos de cálculo se muestran en el (Anexo D-2, D-4 y Figura N°11)

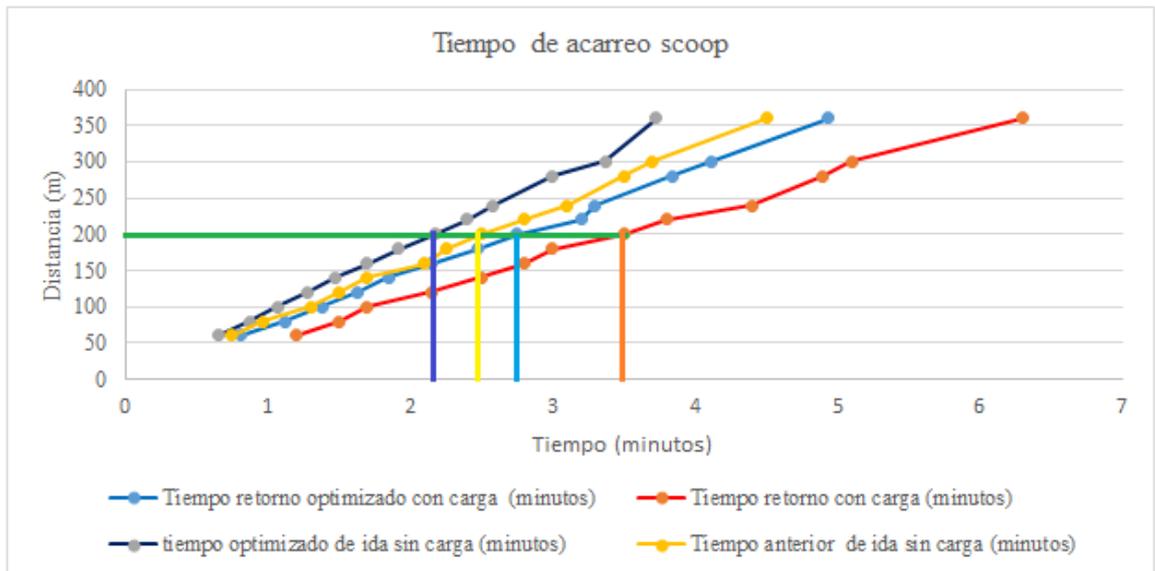


Figura N° 11: Tiempo comparativo de acarreo del equipo.  
Fuente: Elaboración propia.

**Diferencia tiempo de limpieza del equipo LHD.** Es el tiempo en donde el equipo hace la limpieza total de un frente de disparo, hasta el trasportar y depositar el material en la cámara de acumulación. Los datos de los tiempos antes de optimizar y los tiempos optimizados para diferentes distancias se puede ver en. (Tabla N°16).

Los tiempos de limpieza del frente se ha optimizado en 0.38 horas para una distancia de 200 m. (Tabla N°16 y Figura N° 12).

TABLA N° 16  
TIEMPO COMPARATIVO DE LIMPIEZA DEL EQUIPO

Distancia (m)	Tiempo de limpieza anterior (horas)	Tiempo de limpieza optimizado (horas)	Diferencia en horas
60	0.84	0.67	0.17
80	0.99	0.81	0.18
100	1.14	0.93	0.21
120	1.33	1.06	0.27
140	1.49	1.17	0.32
160	1.69	1.31	0.38
180	1.79	1.46	0.33
200	1.98	1.6	0.38
220	2.17	1.79	0.38
240	2.43	1.86	0.57
280	2.69	2.12	0.57
300	2.8	2.3	0.5
360	3.37	2.62	0.75

Fuente: Elaboración propia.

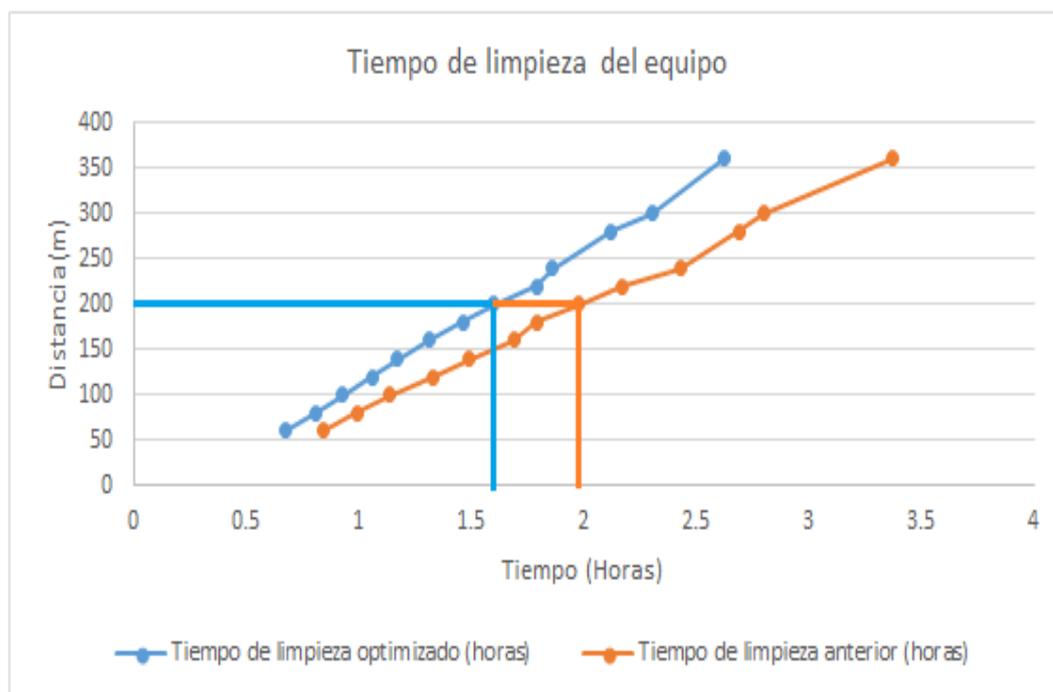


Figura N° 12: Tiempo comparativo de limpieza del equipo.

Fuente: Elaboración propia.

## 5.8 Resultados comparativos de tiempos y rendimiento del equipo LHD (Scoop)

### 5.8.1 Análisis de resultados

La optimización de costos de equipos se ha realizado en la el crucero 339- NW del nivel 4590 de la Unidad Minera Tambomayo.

Las características de optimización de costo con equipo mecanizado se han asumido como sigue:

- Reducción de tiempo en acarreo del material.
- Mayor rendimiento del equipo LHD.
- Equipos a utilizar eficientemete.

**Diferencia tiempo de retorno (con carga).** El tiempo comparativo de retorno con carga del equipo para diferentes distancias como se muestra a continuación, tomándose como referencia una distancia de los 200 m en donde indica que el tiempo de retorno se ha optimizado en 0.75 minutos ver (Tabla N° 17 y Figura N° 13).

TABLA N° 17  
TIEMPO COMPARATIVO DE RETORNO (CON CARGA)

Distancia (m)	Tiempo de retorno anterior con carga (minutos)	Tiempo de retorno optimizado con carga (minutos)	Diferencia (minutos)
60	1.2	0.81	0.39
80	1.5	1.12	0.38
100	1.7	1.38	0.32
120	2.15	1.63	0.52
140	2.5	1.85	0.65
160	2.8	2.15	0.65
180	3	2.47	0.53
200	3.5	2.75	0.75
220	3.8	3.2	0.6
240	4.4	3.3	1.1
280	4.9	3.84	1.06
300	5.1	4.12	0.98
360	6.3	4.94	1.36

Fuente: Elaboración propia.

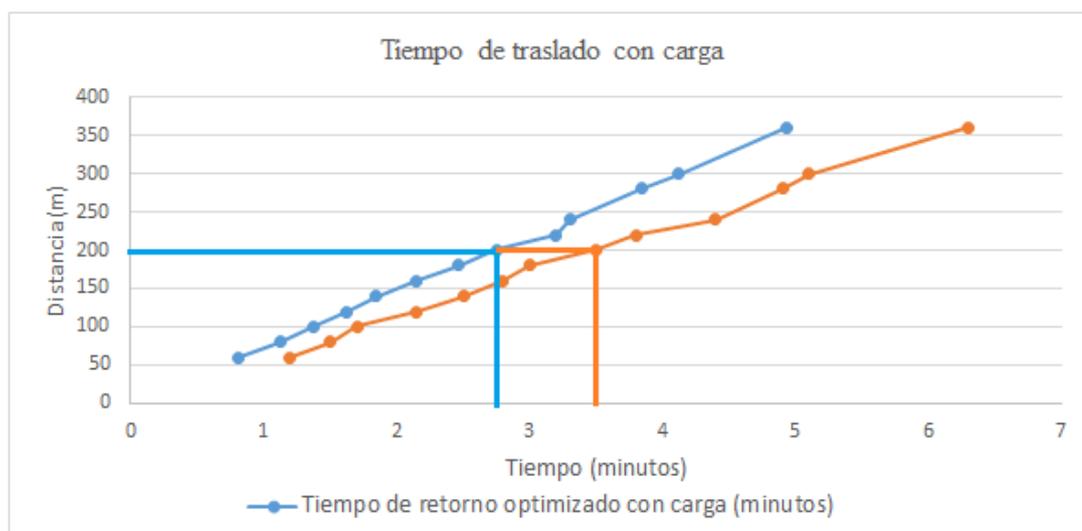


Figura N° 13: Tiempo comparativo de traslado con carga scoop.  
Fuente: Elaboración propia.

**Diferencia de tiempo de ida sin carga.** El tiempo comparativo de ida sin carga del equipo para diferentes distancias como se muestra a continuación. Y se ha tomado como referencia una distancia de los 200 metros, en donde se muestra que el tiempo de ida se ha optimizado en 0.33 minutos ver (Tabla N° 18 y Figura N° 14).

TABLA N° 18  
TIEMPO COMPARATIVO DE IDA SIN CARGA

Distancia (m)	Tiempo anterior de ida sin carga (minutos)	tiempo optimizado de ida sin carga (minutos)	Diferencia en minutos
60	0.75	0.65	0.1
80	0.96	0.87	0.09
100	1.3	1.07	0.23
120	1.5	1.28	0.22
140	1.7	1.48	0.22
160	2.1	1.7	0.4
180	2.25	1.92	0.33
200	2.5	2.17	0.33
220	2.8	2.4	0.4
240	3.1	2.58	0.52
280	3.5	3	0.5
300	3.7	3.37	0.33
360	4.5	3.73	0.77

Fuente: Elaboración propia.

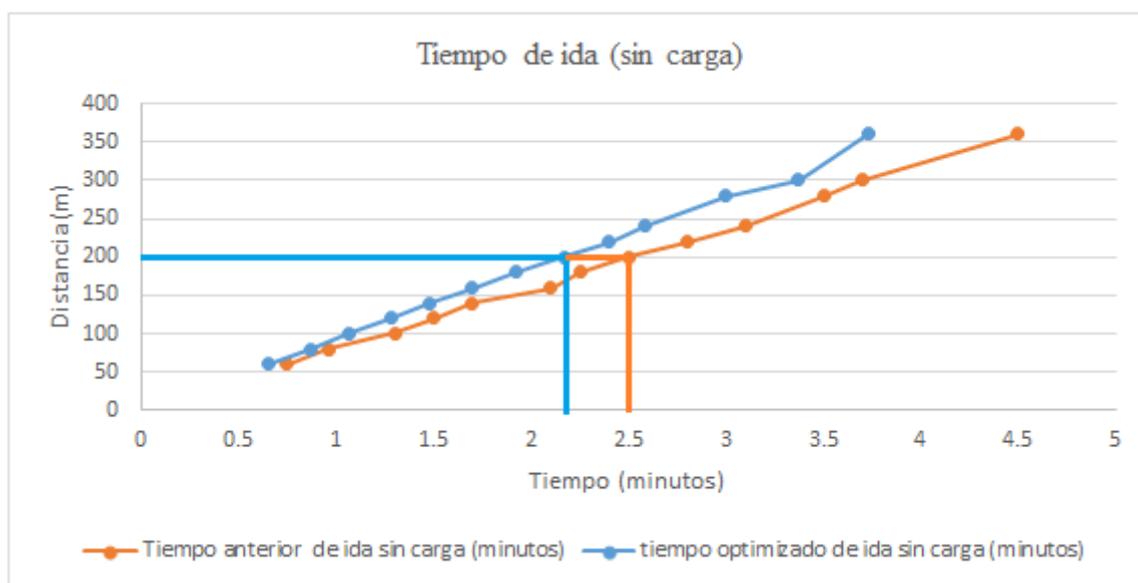


Figura N° 14 Tiempo comparativo de ida sin carga.  
Fuente: elaboración propia.

**Diferencia de rendimiento Del Equipo En Limpieza** Son los cálculos de rendimiento del equipo. El tiempo antes de optimizar y los tiempos optimizados para diferentes distancias. Se toma como referencia 200 metros en donde se muestra que el rendimiento del equipo mejoro en 4.43m<sup>3</sup>/h, ver (Tabla N° 19 y Figura N° 15).

TABLA N° 19  
RENDIMIENTO COMPARATIVO DEL EQUIPO

Distancia (m)	Rendimiento anterior (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento optimizado (m <sup>3</sup> /h)	Diferencia (m <sup>3</sup> /h)
60	61.02	73.17	12.15
80	52.20	60.20	8.00
100	45.00	52.17	7.17
120	38.71	46.04	7.33
140	34.62	41.51	6.89
160	30.51	37.11	6.60
180	28.80	33.40	4.60
200	25.98	30.41	4.43
220	23.68	27.27	3.59
240	21.18	26.16	4.98
280	19.15	22.96	3.81
300	18.37	21.20	2.83
360	15.25	18.61	3.36

Fuente: Elaboración propia.

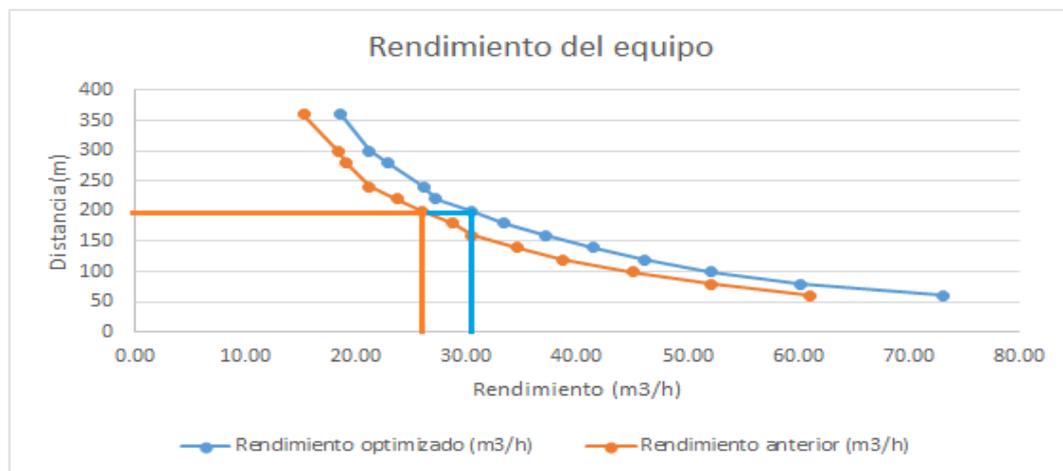


Figura N° 15: Tiempo comparativo de rendimiento de scoop.  
Fuente: Elaboración propia.

El resumen del rendimiento del equipo y los tiempos comparativos y optimizados se pueden ver en la (Tabla N° 20).

TABLA N° 20  
RESUMEN DE TIEMPOS DE LIMPIEZA Y RENDIMIENTO DEL EQUIPO

RENDIMIENTO EN LIMPIEZA Y ACARREO				
Datos	Control Anterior	Control Optimizado	Unidad	Variación
Sección	3.50 x 3.50	3.35 x 3.35	m	0.15
Longitud de perforación	3.00	3.10	m	0.10
Capacidad del equipo LHD	3.00	3.00	m <sup>3</sup>	0.00
Factor de llenado	85.00	85.00	%	0.00
Factor de esponjamiento	40.00	40.00	%	0.00
Volumen	36.75	34.79	m <sup>3</sup>	-1.96
Volumen esponjados	51.45	48.71	m <sup>3</sup>	-2.74
Velocidad de retorno con carga del equipo	3.40	4.40	km/h	1.00
Velocidad de ida sin carga del equipo	4.80	5.60	km/h	0.80
Distancia a la cámara de acumulación	0.20	0.20	km	0.00
Ciclo				
Tiempo de retorno con carga	3.50	2.70	minutos	-0.80
Tiempo de ida sin carga	2.50	2.30	minutos	-0.20
Maniobras totales	1.00	1.00	minutos	0.00
Ciclo en minutos	7.00	6.00	minutos	-1.00
Numero de ciclos	17.00	16.00	ciclo	-1.00
Tiempo total de limpieza	1.98	1.60	h	-0.38
Rendimiento del scoop	25.98	30.44	m <sup>3</sup> /h	4.46

Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Con un mejor control de tiempos se ha logrado optimizar el costo de acarreo del equipo mecanizado en las labores de exploración, se ha determinado cada costo unitarios del equipo mecanizado scoop 4.2 yd<sup>3</sup> incluido sus costos directos e indirectos, se ha determinado que el costo total asciende a S/. 435.93 por hora.

Se concluye que un mejor control de los tiempos realizados para el acarreo del material, se ha logrado determinar los tiempos óptimos tales como: tiempo de limpieza en el cruce 339 NW del Nivel 4590 se ha reducido el tiempo de ida sin carga de 2.5 a 2.3 minutos, el tiempo de retorno con carga se ha optimizado de 3.5 a 2.7 minutos, determinándose como resultado el tiempo de limpieza de un frente de disparo se ha optimizado de 1.98 a 1.60 horas, para una distancia de 200 m. Se ha tomado esta distancia por recomendaciones de los fabricantes quienes en sus manuales indican que el desplazamiento óptimo de esta máquina es el señalado. Mayor a esta distancia su rendimiento de la máquina se reduce.

Se ha logrado optimizar la productividad del equipo LHD (Scoop 4.2yd<sup>3</sup>) que aumentó de 25.98 m<sup>3</sup>/h a 30.44 m<sup>3</sup>/h en lo referido al rendimiento del equipo, siendo esto de suma importancia, ya que con disponibilidad de la máquina, se realiza otros trabajos en acarreo y limpieza de más frentes de avance.

## RECOMENDACIONES

Para la optimización de costos de acarreo y control de tiempo del equipo LHD (Scoop), se recomienda hacer un buen mantenimiento de vía, mantenimiento de cunetas, raspado de la vía, para el recorrido del equipo. de esta manera eliminar los tiempos muertos que puede generar sobre tiempo en la limpieza del material.

Para tener un buen rendimiento del equipo se recomienda tener una buena coordinación de trabajo y así mismo el operador del equipo LHD (Scoop), debe de verificar el mantenimiento del equipo y a la vez realizar un raspado y/o limpieza de vía donde hace el recorrido del equipo, de esta forma mantener la vía permanentemente en buen estado.

Se recomienda continuar y mantener los tiempos obtenidos, para mantener los rendimientos alcanzados y cámaras de acumulación que permitan distancias de recorrido no mayores a 200 m.

Para distancias mayores a los 200 m, se recomienda avanzar con cámaras de acumulación o ventanas de acumulación en donde se pueda almacenar el material producto de la voladura. Así de esta manera generar más tiempos para realizar otros trabajos tales como: Desatado de rocas, sostenimiento y habilitar el frente para la perforación.

**BIBLIOGRAFÍA**

- ALVA ALVA, ISMAEL (2004). *Tesis “Estudio de Optimización de Costos de Operación de una flota de Scooptrams en una Mina Subterránea” Universidad Nacional de Ingeniería.*
- BALDEÓN QUISPE, ZOILA L. (2011). *Tesis “Gestión en las Operaciones de Transporte y Acarreo para el incremento de la Productividad en CIA. Minera Condestable s.a.” Pontificia Universidad Católica del Perú.*
- CRUZ LEZAMA OZAIN (2007). *Libro “Manejo de Costos y Producción”*
- CURO PERALTA, DAVID A. (2009). *Modalidad de suficiencia profesional “Evaluación del Ciclo de Acarreo y Transporte en Mina Subterránea”*
- CONCIENCIA TECNOLÓGICA No. 42, (Julio-Diciembre 2011) *Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina de Mineral de Hierro a Cielo Abierto.*
- DURANT BRODEN, JORGE (2005) *Manual de acarreo y transporte Universidad Nacional del Altiplano.*
- DURANT BRODEN, JORGE (2005) *Manual de ingeniería de costos Universidad Nacional del Altiplano.*
- FERREYROS (2015). *“Manual de Operación y Mantenimiento.*
- GARCÍA SANDOVAL, GUSTAVO A. (2010). *Tesis “optimización del sistema de minado empleando raise boring para reducir los costos en el tajeo 270 de la zona jimena – Cia. Minera Raura SA” Universidad Nacional de Piura.*
- JÁUREGUI AQUINO, ALBERTO (2009), *Tesis “Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la optimización de los Estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura.” Pontificia Universidad Católica del Perú.*
- NORMA TECNICA, MINISTERIO DE CONSTRUCCION, (2015) *“Elementos para la determinación de costo horario de los equipos y maquinarias”.*
- VELARDE OCHOA, STIVE S. (2013). *Tesis “Optimización de Costos Unitarios de las Operaciones Mineras Subterráneas lineales en la Mina Tambomayo CIA. Buenaventura” Universidad Nacional del Altiplano.*
- ZAPATA DEGREGORI, MÓNICA PAOLA (2002). *“Control de Costos de una Operación Minera mediante el Método del Resultado Operativo”, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.*

# ANEXOS

**ANEXOS**

**A. ANEXO DEL CAPÍTULO I**

**Anexo A-1** Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE ACARREO CON EQUIPO MECANIZADO EN LA UNIDAD MINERA TAMBOMAYO CIA. DE MINAS BUENAVENTURA AREQUIPA	<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cómo optimizamos el costo de acarreo, con equipo mecanizado en las labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura-Arequipa?</p> <p><b>Problema específicas</b></p> <p>a) ¿Cuál es el costo unitario del equipo mecanizado en labores de Exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura-Arequipa?</p> <p>b) ¿Cuál es el tiempo del ciclo de acarreo del equipo mecanizado en las labores de Exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura-Arequipa?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Optimizar el costo de acarreo, del equipo mecanizado en las labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura-Arequipa?</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>a) Determinar el costo unitario del equipo mecanizado en labores de acarreo de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura-Arequipa</p> <p>b) Determinar el tiempo de acarreo del equipo mecanizado en labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura-Arequipa</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>Determinando el costo unitario y el tiempo de acarreo de los equipos mecanizados se optimizará el costo de acarreo en las labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura-Arequipa.</p> <p><b>Hipótesis específico</b></p> <p>a) Determinando el costo unitario del equipo mecanizado se optimizará el costo de acarreo en labores de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura-Arequipa</p> <p>b) Determinando el tiempo acarreo del equipo mecanizado se optimizará el costo de acarreo en labores de la Unidad Minera Tambomayo Cia de Minas. Buenaventura-Arequipa</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Costo unitario del equipo mecanizado de acarreo en las labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura-Arequipa</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Los tiempos de acarreo logrados con el equipo mecanizado por el control de los mismos, en las labores de exploración de la Minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Descriptivo</p> <p><b>Método</b></p> <p>Analfítico deductivo</p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>Crucero 339 NW Nivel 4590 Cia. de Minas Buenaventura</p> <p><b>Instrumentos de campo</b></p> <p>-Formatos de avance por guardia -Reportes diario de operación por guardia -Comparaciones estadísticas de rendimientos. -Análisis de costos de acarreo.</p>

B. ANEXO DEL CAPÍTULO II

**Anexo B-1** Características del equipo LHD (Scoop)

<b>DIMENSION DEL EQUIPO</b>	
Altura máxima de la cuchara	4300 mm
Longitud de la máquina	9655 mm
Ancho de la máquina	2300 mm
Altura de la máquina	2052 mm

<b>ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO</b>	
Capacidad de carga útil nominal	6800.0 kg
Peso de funcionamiento bruto de la máquina	27750.0 kg
Carga de vuelco estática con la máquina recta al frente con brazos de elevación horizontales	20575.0 kg
Carga límite de equilibrio estático a giro pleno con brazos de elevación horizontales	17870.0 kg
Fuerza de arranque (SAE)	12020.0 kg

**Anexo B-2** Ciclo hidráulico del equipo LHD (Scoop)

<b>TIEMPO DE CICLO HIDRÁULICO</b>	
Elevación	5.0 Segundos
Descarga	2.0 Segundos
Bajar, vacío, flotación hacia abajo	2.3 Segundos
Tiempo de ciclo total	9.3 Segundos

**Anexo B-3** Limpieza del equipo LHD en interior mina

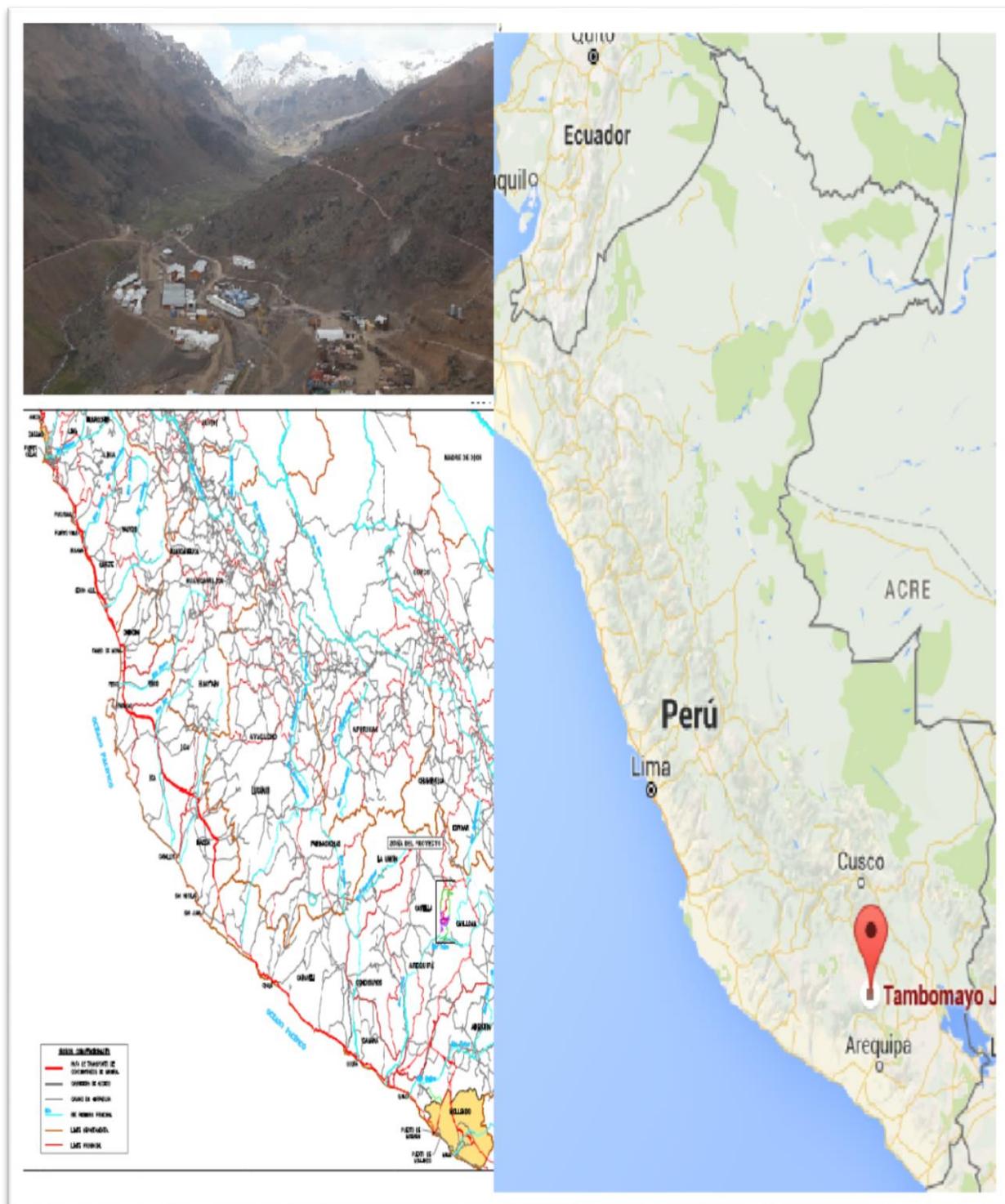


**Anexo B-4** Carguío del equipo al dumper



C. ANEXO DEL CAPÍTULO III

Anexo C-1 Plano de ubicación de la Unidad Mienra Tambomayo



## D. ANEXO DEL CAPÍTULO IV

## Anexo D-1 Estudio de tiempo inicial

Estudio de tiempo inicial				
Tiempo de retorno (con carga)			Tiempo de ida(sin carga)	
Diastancia (m)	Tiempo (minutos)	Velocidad (km/h)	Tiempo (minutos)	Velocidad (km/h)
60.00	1.25	2.88	0.75	4.80
60.00	1.20	3.00	0.76	4.74
60.00	1.15	3.13	0.74	4.86
80.00	1.50	3.20	1.00	4.80
80.00	1.40	3.43	0.95	5.05
80.00	1.30	3.69	0.93	5.16
100.00	1.70	3.53	1.30	4.62
100.00	1.75	3.43	1.25	4.80
100.00	1.65	3.64	1.35	4.44
120.00	2.05	3.51	1.50	4.80
120.00	2.10	3.43	1.52	4.74
120.00	2.15	3.35	1.48	4.86
140.00	2.50	3.36	1.80	4.67
140.00	2.60	3.23	1.70	4.94
140.00	2.40	3.50	1.60	5.25
160.00	2.90	3.31	2.14	4.49
160.00	2.80	3.43	2.00	4.80
160.00	2.70	3.56	2.16	4.44
180.00	3.00	3.60	2.30	4.70
180.00	3.10	3.48	2.20	4.91
200.00	3.60	3.33	2.60	4.62
200.00	3.50	3.43	2.50	4.80
200.00	3.40	3.53	2.40	5.00
240.00	4.35	3.31	3.10	4.65
240.00	4.45	3.24	3.10	4.65
280.00	4.85	3.46	3.40	4.94
280.00	4.90	3.43	3.50	4.80
280.00	4.95	3.39	3.60	4.67
300.00	4.90	3.67	3.70	4.86
300.00	5.20	3.46	3.60	5.00
300.00	5.10	3.53	3.80	4.74
360.00	6.50	3.32	4.50	4.80
360.00	6.30	3.43	4.50	4.80
360.00	6.10	3.54	4.40	4.91
<b>Promedio</b>		<b>3.40</b>		<b>4.80</b>

**Anexo D-2** Cálculo de tiempo de acarreo y rendimiento

<b>Calculo de tiempos sin optimizar</b>			
<b>Tiempo de retorno (con carga)</b>		<b>Tiempo de ida (sin carga)</b>	
<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo minutos</b>
60	1.2	60	0.75
80	1.5	80	0.96
100	1.7	100	1.3
120	2.15	120	1.5
140	2.5	140	1.7
160	2.8	160	2.1
180	3	180	2.25
200	3.5	200	2.5
220	3.8	220	2.8
240	4.4	240	3.1
280	4.9	280	3.5
300	5.1	300	3.7
360	6.3	360	4.5
<b>Cálculo de tiempos sin optimizado</b>			
<b>Tiempo de limpieza de un frente de disparo</b>		<b>Rendimiento del Equipo LHD (Scoop)</b>	
<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo de limpieza(horas)</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Rendimiento (m<sup>3</sup>/h)</b>
60	0.84	60	61.02
80	0.99	80	52.2
100	1.14	100	45
120	1.33	120	38.71
140	1.49	140	34.62
160	1.69	160	30.51
180	1.79	180	28.8
200	1.98	200	25.98
220	2.17	220	23.68
240	2.43	240	21.18
280	2.69	280	19.15
300	2.8	300	18.37
360	3.37	360	15.25

## Anexo D-3 Estudio de tiempo optimizado

Estudio de tiempo optimizado				
Tiempo de retorno (con carga)			Tiempo de ida(sin carga)	
Diastancia (m)	Tiempo (minutos)	Velocidad (km/h)	Tiempo (minutos)	Velocidad (km/h)
60.00	0.82	4.39	0.65	5.54
60.00	0.81	4.44	0.66	5.45
60.00	0.81	4.44	0.64	5.63
80.00	1.10	4.36	0.88	5.45
80.00	1.10	4.36	0.86	5.58
80.00	1.15	4.17	0.86	5.58
100.00	1.35	4.44	1.10	5.45
100.00	1.38	4.35	1.00	6.00
100.00	1.40	4.29	1.10	5.45
120.00	1.61	4.47	1.25	5.76
120.00	1.64	4.39	1.28	5.63
120.00	1.65	4.36	1.30	5.54
140.00	1.80	4.67	1.45	5.79
140.00	1.85	4.54	1.48	5.68
140.00	1.90	4.42	1.50	5.60
160.00	2.14	4.49	1.70	5.65
160.00	2.10	4.57	1.70	5.65
160.00	2.20	4.36	1.69	5.68
180.00	2.48	4.35	1.90	5.68
180.00	2.46	4.39	1.94	5.57
200.00	2.78	4.32	2.20	5.45
200.00	2.71	4.43	2.14	5.61
200.00	2.76	4.35	2.18	5.50
240.00	3.30	4.36	2.60	5.54
240.00	3.30	4.36	2.56	5.63
280.00	3.90	4.31	3.00	5.60
280.00	3.80	4.42	3.00	5.60
280.00	3.81	4.41	3.00	5.60
300.00	4.10	4.39	3.30	5.45
300.00	4.10	4.39	3.20	5.63
300.00	4.15	4.34	3.60	5.00
360.00	5.00	4.32	3.80	5.68
360.00	4.90	4.41	3.70	5.84
360.00	4.91	4.40	3.70	5.84
<b>Promedio</b>		<b>4.40</b>		<b>5.60</b>

**Anexo D-4** Cálculo de tiempo de acarreo y rendimiento optimizado

<b>Cálculo de tiempos optimizados</b>			
<b>Tiempo de retorno (con carga)</b>		<b>Tiempo de ida (sin carga)</b>	
<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo minutos</b>
60	0.81	60	0.65
80	1.12	80	0.87
100	1.38	100	1.07
120	1.63	120	1.28
140	1.85	140	1.48
160	2.15	160	1.7
180	2.47	180	1.92
200	2.75	200	2.17
220	3.2	220	2.4
240	3.3	240	2.58
280	3.84	280	3
300	4.12	300	3.37
360	4.94	360	3.73

<b>Cálculo de tiempos optimizados</b>			
<b>Tiempo de limpieza de un frente de disparo</b>		<b>Rendimiento del equipo LHD (Scoop)</b>	
<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo de limpieza(horas)</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Rendimiento (m<sup>3</sup>/h)</b>
60	0.67	60	73.17
80	0.81	80	60.2
100	0.93	100	52.17
120	1.06	120	46.04
140	1.17	140	41.51
160	1.31	160	37.11
180	1.46	180	33.4
200	1.6	200	30.41
220	1.79	220	27.27
240	1.86	240	26.16
280	2.12	280	22.96
300	2.3	300	21.2
360	2.62	360	18.61

Anexo D-5 Valorización del equipo de acarreo y rendimiento optimizado

<b>EQUIPOS</b>									
		<i>Dumper PMKT 10010) N° 01</i>	442.54	<i>Scoop R-1300</i>	386.98	<i>Scoop EJC</i>	164.80		
		<i>Dumper PMKM 8010) N° 02</i>	442.54	<i>Scoop paus</i>	252.28				
2014	Mes	H.T. Dumper (PMKT 10010) 01	H.T. Dumper (PMKM 8010) 02	H.T. Scoop R-1300	H.T. Scoop Paus	H.T. Scoop EJC	H.T. Scoop (Serminas)	Monto (S./) Nuevos Soles	
Enero								0.00	
Febrero								0.00	
Marzo								0.00	
Abril								0.00	
Mayo						86.24		14,212.35	
Junio						253.54		41,783.39	
Julio		442.54		235.90		41.34		293,942.24	
Agosto		471.65		241.30				302,101.88	
Septiembre		399.02	283.08	244.55				396,492.49	
Octubre		361.20	393.19	237.25		46.90		433,387.88	
Noviembre		383.15	378.70	230.75		78.93	6347.14	445,799.54	
Diciembre		459.25	449.00	233.15	272.95	189.75		592,291.97	
<b>TOTAL</b>		<b>2516.81</b>	<b>1503.97</b>	<b>1422.90</b>	<b>272.95</b>	<b>696.70</b>	<b>6347.14</b>	<b>2,520,011.74</b>	
<b>TOTAL HORAS EQUIPOS</b>		<b>2516.81</b>	<b>1503.97</b>	<b>1422.90</b>	<b>272.95</b>	<b>696.70</b>	<b>6347.14</b>	<b>2516.81</b>	
<b>COSTO TOTAL NUEVOS SOLES- AÑO 2014</b>								<b>S/.</b>	
								<b>2,520,011.74</b>	

**Anexo D-6** Cuadro de valorización del año 2014

2014 Mes	Avance Lineal	Monto (S/.) Nuevos Soles Avance	Monto (S/.) Equipos	Monto (S/.) Sostenimiento	VALORIZACION SUB TOTAL	Monto (S/.) Otros trabajos	VALORIZACION TOTAL (S/.)
Enero	307.00	304,455.95	0.00	100,905.28	405,361.23	99,984.88	505,346.11
Febrero	357.50	319,020.61	0.00	140,863.62	459,884.23	119,885.05	579,769.27
Marzo	328.85	319,085.26	0.00	96,057.08	415,142.34	301,274.88	716,417.22
Abril	371.10	408,513.33	0.00	86,261.13	494,774.46	187,586.16	682,360.62
Mayo	378.70	344,305.56	14,212.35	83,947.17	442,465.08	125,025.05	567,490.13
Junio	347.55	297,909.60	41,783.39	83,063.10	422,756.09	148,418.63	571,174.72
Julio	436.70	481,300.88	293,942.24	91,296.60	866,539.72	102,079.20	968,618.92
Agosto	539.88	648,906.87	302,101.88	88,346.27	1,039,355.02	214,234.46	1,253,589.48
Septiembre	531.05	603,612.17	396,492.49	122,946.63	1,123,051.29	230,705.61	1,353,756.90
Octubre	448.90	520,790.08	433,387.88	158,953.92	1,113,131.88	126,757.62	1,239,889.50
Noviembre	686.55	857,854.28	445,799.54	387,040.14	1,690,693.96	129,950.81	1,820,644.77
Diciembre	651.15	802,472.69	592,291.97	338,458.24	1,733,222.90	113,001.92	1,846,224.82
<b>TOTAL</b>	<b>5,384.93</b>	<b>5,908,227.28</b>	<b>2,520,011.74</b>	<b>1,778,139.18</b>	<b>10,206,378.20</b>	<b>1,898,904.26</b>	<b>12,105,282.46</b>

**Anexo D-7** Ilustración de limpieza de un frente antes de optimizar



**Anexo D-8** Transporte con carga del equipo



**Anexo D-9** Evacuación de carga del equipo

