

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Optimización de las operaciones de carguío y acarreo mediante

la habilitación de la Rampa Zeta en el Tajo San Gerardo –

Unidad Minera Atacocha

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. James Kevin POMA SOLIS

Asesor:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA

Cerro de Pasco - Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Optimización de las operaciones de carguío y acarreo mediante

la habilitación de la Rampa Zeta en el Tajo San Gerardo –

Unidad Minera Atacocha

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ

PRESIDENTE

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA

MIEMBRO

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

MIEMBRO

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre Miriam por su apoyo constante e incesante, de manera moral y económica en el camino de mi carrera universitaria, por su confianza y motivación diaria para encaminarme hacia la persona que soy ahora, con las actitudes y valores que debo llevar conmigo siempre.

A mi hermano Denis y mi abuela Teodomira que son mi impulso para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Quiero dar el agradecimiento a mi prestigiosa universidad Daniel Alcides Carrión, por permitirme ser parte de su historia, a toda la plana de docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, por las enseñanzas y experiencias contadas para forjarme como ingeniero de minas.

Gratitud sincera a mi Asesor Mg. Edwin Sánchez Espinoza y Jurados revisores de la tesis, por las recomendaciones y aportaciones otorgadas en la finalización del presente trabajo de investigación.

RESUMEN

La investigación que tiene como título: “Optimización de las Operaciones de Carguío y Acarreo mediante la habilitación de la Rampa Zeta en el Tajo San Gerardo – Unidad Minera Atacocha”

Planteo como objetivo principal el de Optimizar las operaciones de acarreo y carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”.

Como hipótesis principal plantea que si es posible optimizar las operaciones de acarreo y carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”. Como variables tenemos Optimización de las operaciones de acarreo y carguío, Habilitar Rampa Zeta.

El tipo investigación que se empleo fue de tipo aplicativo y un nivel descriptivo explicativo.

Para poder desarrollar la investigación aplicaremos los lineamientos de la investigación científica apoyados por los métodos de análisis, síntesis

Se aplicará un diseño no experimental

La población esta Estará formada por el grupo de camiones y palas que se hallan trabajando en el tajo San Gerardo y como muestra se tomará de igual manera a todos los camiones y palas del tajo San Gerardo

Las Técnicas aplicadas fueron: Análisis documental, Teniendo en cuenta:

la revisión de información sobre producción de minado y desmonte del tajo San Gerardo, Movimiento de camiones, Análisis de planos, Reportes de camiones, La observación directa

y como Instrumentos: tenemos: Registro de datos de campo, Registro de control de tiempos de los volquetes, Registro de distancias de rutas

Las conclusiones principales fueron

1. Los trabajos de optimización se llevaron a cabo en el tajo San Gerardo, referente al acarreo y carguío habilitando la rampa Zeta, usando como equipos de

acarreo los volquetes volvo, para el carguío las excavadoras CAT 349, para una producción mensual en promedio de mineral de 121,763 tn y de desmonte 602,000 tn.

2. la optimización de las operaciones de carguío y acarreo se realizó en base a los indicadores de control como el consumo de combustible, toneladas producidas, costo por tonelada, horas trabajadas, disponibilidad, utilización.

3. Durante la optimización se detectó factores negativos que dificultan el trabajo normal de los equipos pudiendo mencionar a los siguientes.

4. Los resultados que evidencian la optimización o mejora de las operaciones en el tajo San Gerardo, referente a la producción, costos de carguío, acarreo son.

En producción de mineral (tn/mes) 146,424, producción de desmonte (tn/mes) 592,300, costo de minado de mineral (\$/tn) 1.549, costo de minado de desmonte (\$/tn) 1.995, costo de carguío de mineral (\$/tn) 0.040, costo de carguío de desmonte (\$/tn) 0.080, costo de transporte de mineral (\$/tn) 0.315, costo de transporte de desmonte (\$/tn) 0.470

Palabras claves: Optimización, acarreo, carguío

ABSTRACT

The research entitled: "Optimization of Loading and Hauling Operations by enabling the Rampa Zeta in the Tajo San Gerardo - Atacocha Mining Unit"

I propose as main objective to optimize the hauling and loading operations by enabling the "Ramp Zeta in the San Gerardo pit of the Atacocha Mining Unit".

As a main hypothesis, it proposes that if it is possible to optimize the hauling and loading operations by enabling the "Ramp Zeta in the San Gerardo pit of the Atacocha Mining Unit". As variables we have Optimization of hauling and loading operations, Enable Zeta Ramp.

The type of research that was used was of an application type and an explanatory descriptive level.

In order to develop the research, we will apply the guidelines of scientific research supported by the methods of analysis, synthesis.

A non-experimental design will be applied

The population is It will be formed by the group of trucks and shovels that are working in the San Gerardo pit and as a sample all the trucks and shovels of the San Gerardo pit will be taken in the same way.

The techniques applied were: documentary analysis, taking into account:

the review of information on production of mining and dismantling of the San Gerardo pit, movement of trucks, analysis of plans, reports of trucks, direct observation

and as Instruments: we have: Field data record, Tipper time control record, Route distance record.

The main conclusions were

1. Optimization work was carried out in the San Gerardo pit, regarding hauling and loading, enabling the Zeta ramp, using Volvo dump trucks as hauling equipment, Caterpillar excavators for loading, for an average monthly production of ore of 121,763 tons and 602,000 tons of clearing.

2. The optimization of loading and hauling operations was carried out based on control indicators such as fuel consumption, tons produced, cost per ton, hours worked, availability, use.

3. During the optimization, negative factors were detected that hinder the normal work of the teams.

4. The results that show the optimization or improvement of the operations in the San Gerardo pit, regarding production, loading costs, hauling are.

In ore production (tn/month) 146,424, waste production (tn/month) 592,300, ore mining cost (\$/tn) 1,549, waste mining cost (\$/tn) 1,995, ore loading cost (\$/tn) 0.040, waste loading cost (\$/tn) 0.080, ore transportation cost (\$/tn) 0.315, waste transportation cost (\$/tn) 0.470

Keywords: Optimization, hauling, loading

INTRODUCCIÓN

En la investigación Los trabajos de optimización se llevaron a cabo en el tajo San Gerardo, referente al acarreo y carguío habilitando la rampa Zeta, usando como equipos de acarreo los volquetes volvo, para el carguío las excavadoras CAT 349, para una producción mensual en promedio de mineral de 121,763 tn y de desmonte 602,000 tn. Se plantea evaluar el recorrido del transporte de los camiones habilitando la rampa Zeta para cumplir con el objetivo propuesto para mejorar las operaciones del tajo.

En lo referido a la estructura del trabajo, se realizará por capítulos de la siguiente manera:

En el capítulo I se refleja el planteamiento del estudio que abarca el planteamiento del problema, Problema General y específicos, Objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables. Delimitación de la investigación y limitaciones.

A su vez, el Capítulo II, en el Marco Teórico encontrara lo antecedentes nacionales de diferentes empresas. Se analizará las diferentes bases teóricas propuestas por autores que mencionamos.

Seguidamente, el Capítulo III, trata sobre la Metodología, que contiene el método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las Técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de Datos.

En el Capítulo IV encontraremos los Resultados obtenidos a lo largo de la investigación realizada. Aquí hallaremos los diferentes gráficos, con sus respectivos análisis, que muestran de una manera más esquematizada.

Por último, en las conclusiones y recomendaciones se muestran los datos hallados.

También se encontrarán las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y planteamiento del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.2.1. Delimitación espacial.....	2
1.2.2. Delimitación temporal	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general	2
1.3.2. Problemas específicos	2
1.4. Formulación de objetivos	2
1.4.1. Objetivo general	2
1.4.2. Objetivos específicos.....	2
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitación de la investigación	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema	4
2.2. Bases teóricas – científicas.....	6
2.2.1. Unidad Minera Atacocha	6
2.2.2. Carguío y transporte.....	7
2.2.3. Funcionalidad de un sistema de carguío y acarreo.....	9

2.2.4. Factores que afectan la productividad y costo en un sistema de carguío y acarreo	10
2.3. Definición conceptual.....	12
2.4. Formulación de la hipótesis	13
2.4.1. Hipótesis General.....	13
2.4.2. Hipótesis específicas.....	13
2.5. Identificación de variables.....	14
2.5.1. Variables para la hipótesis general.....	14
2.5.2. Variables para la hipótesis específicas	14
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	15

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	16
3.2. Nivel de investigación	16
3.3. Métodos de investigación	16
3.4. Diseño de investigación	16
3.5. Población y muestra	16
3.5.1. Población	16
3.5.2. Muestra	16
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.6.1. Técnicas.....	17
3.6.2. Instrumentos.....	17
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	17
3.8. Tratamiento Estadístico	17
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.....	17

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	19
4.1.1. Tajo San Gerardo.....	19

4.1.2.	Parámetros de diseño del tajo San Gerardo	20
4.1.3.	Método de explotación	21
4.1.4.	Equipos	22
4.1.5.	Diseño de la Rampa Zeta	27
4.1.6.	Operaciones unitarias.....	30
4.1.7.	Servicios Auxiliares.	34
4.1.8.	PLAN DE MINADO MENSUAL FEBRERO 2021	35
4.1.9.	Programa producción del Tajo San Gerardo	37
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	41
4.2.1.	Indicadores de desempeño	41
4.2.2.	Operaciones básicas de desempeño del carguío (kpis).....	41
4.2.3.	Operaciones básicas de desempeño del Acarreo (kpis)	41
4.2.4.	Evaluación del desempeño para los equipos de carguío	42
4.2.5.	Evaluación del desempeño para los equipos de acarreo	46
4.2.6.	Parámetros para el trabajo de los equipos de carguío y acarreo	50
4.3.	Prueba de Hipótesis y Presentación de resultados	56
4.3.1.	Costo de minado	56
4.3.2.	Velocidad promedio de los camiones cargado y vacío	61
4.3.3.	Parámetros generales	63
4.3.4.	Dimensionamiento del equipo de acarreo.....	64
4.3.5.	Productividad del tajo San Gerardo	65
4.3.6.	Dimensionamiento de los equipos de carguío	66
4.3.7.	Dimensionamiento de los equipos de perforación	67
4.4.	Discusión de resultados.....	68

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables	15
Tabla 2 Parámetros de diseño del Tajo San Gerardo	20
Tabla 3 Equipos de perforación	22
Tabla 4 Equipos de carguío	23
Tabla 5 Equipos de acarreo	23
Tabla 6 Equipos Auxiliares.....	24
Tabla 7 Transporte de material al ore pass y a la desmontera.....	33
Tabla 8 Programa de tratamiento mensual	37
Tabla 9 Programa de producción mensual febrero.....	38
Tabla 10 Evaluación de los equipos de carguío	42
Tabla 11 Evaluación de los equipos de acarreo	46
Tabla 12 Costo de minado de mineral.....	56
Tabla 13 Costo de minado de desmonte.....	59
Tabla 14 Velocidad promedio cargado.....	61
Tabla 15 Velocidad promedio vacío	62
Tabla 16 Parámetros generales	63
Tabla 17 Numero de camiones de 20 m3	64
Tabla 18 productividad del tajo San Gerardo	65
Tabla 19 Dimensionamiento de los equipos de Carguío	66
Tabla 20 Dimensionamiento de los equipos de perforación	67
Tabla 21 Resumen de resultados	68
Tabla 22 Resultados.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica mina Atacocha	7
Figura 2 Consideraciones en la selección de equipos.....	9
Figura 3 Sincronización de los equipos de carguío y acarreo	9
Figura 4 Factor de acoplamiento.....	10
Figura 5 Esquema tiempos del sistema que comprende el carguío y el transporte	11
Figura 6 Parámetros de Perforación y voladura	19
Figura 7 Vista del tajo San Gerardo	20
Figura 8 Secuencia de minado del tajo	21
Figura 9 Vista del tajo en pleno carguío a los camiones.....	24
Figura 10 Rutas de acarreo de mineral y desmonte.....	25
Figura 11 Stock de mineral	25
Figura 12 Vista del tajo San Gerardo	26
Figura 13 Taladros perforados en el Tajo San Gerardo	26
Figura 14 Tajo San Gerardo	27
Figura 15 Diseño de Rampa Zeta	27
Figura 16 Dimensión de Rampa Zeta.....	28
Figura 17 Plano de Operaciones del Tajo San Gerardo.....	28
Figura 19 Perforación de los taladros.....	30
Figura 20 Carguío de los taladros para la voladura.....	31
Figura 21 Carguío del mineral a los camiones	32
Figura 22 Camiones para el transporte de mineral.....	33

Figura 23 Diagrama de operaciones de minado.....	35
Figura 24 Disminución del tratamiento del mineral.....	36
Figura 25 Plano plan de minado mensual	39
Figura 26 Áreas de perforación Fase 2 – banco 4306.....	39
Figura 27 Áreas de perforación Fase 1.....	40
Figura 28 Plan Mensual de Rutas Mineral/Desmonte	40
Figura 29 Análisis de Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr) ..	43
Figura 30 Análisis de Toneladas métricas producidas / Horas de carguío (TM/Hr)	43
Figura 31 Análisis de Costo de carguío / Horas trabajadas (US\$/Hr)	44
Figura 32 Análisis de Costo de carguío / toneladas producidas (US\$/tn)	44
Análisis de Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes)	45
Figura 33 Análisis de Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes).....	45
Figura 34 Desempeño de los equipos de acarreo (tn/hr).....	46
Figura 35 Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)	47
Figura 36 Toneladas métricas producidas / Horas de acarreo (TM/Hr)	47
Figura 37 Costo de acarreo / Horas trabajadas (US\$/Hr).....	48
Figura 38 Costo de carguío / Toneladas producidas (US\$/Tn).....	48
Figura 39 Análisis de Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes).....	49
Figura 40 Costo de carguío durante el minado de mineral	57
Figura 41 Costo de acarreo menos de 1 km, en minado de mineral	57
Figura 42 Costo de acarreo mayor de 1 km, en minado de mineral	58
Figura 43 Costo total de minado de mineral.....	58
Figura 44 Costo de carguío en minado de desmonte.....	59

Figura 45 Costo de acarreo menos de 1 km, en minado de desmonte.....	60
Figura 46 Costo de acarreo mayor de 1 km, en minado de desmonte	60
Figura 47 Costo total de minado de desmonte.....	61
Figura 47 Acarreo del material del tajo al ore pass	62
Figura 48 Acarreo del material del tajo al ore pass	63
Figura 49 Producción de mineral	69
Figura 50 Producción de desmonte	69
Figura 51 Costo de minado de mineral	70
Figura 52 Costo de minado de desmonte	70
Figura 53 Costo de carguío con mineral	71
Figura 54 Costo de carguío con desmonte.....	71
Figura 55 Costo de transporte con mineral	72
Figura 56 Costo de transporte con desmonte	72

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y planteamiento del problema

Las minas que están trabajando los diversos yacimientos buscan ser competitivos en concordancia con la seguridad, conservación del ambiente, costos adecuados, y procesos eficientes.

Compañía Minera Atacocha viene laborando más de 70 años, empleando el sistema de explotación subterráneo, encontrando reservas de minerales cerca de la superficie a partir de 2014 decide explotar mediante tajo abierto. Para lo cual diseño el tajo abierto San Gerardo, incluyendo el botadero de desmonté, caminos, empleo de equipo, maquinaria, etc.

Nuestro estudio se llevará a cabo en dicho tajo San Gerardo debido a que el transcurrir los años el tajo fue ampliándose, así como el botadero de desmonte, también las operaciones unitarias tenían que optimizarse, uno de estas mejoras será el de transporte y carguío del material por el recorrido que deben hacer los camiones que cada vez era más prolongado, buscando recorridos más cortos. Frente a este problema se plantea evaluar el recorrido del transporte de los camiones habilitando la rampa Zeta para cumplir con el objetivo propuesto para mejorar las operaciones del tajo. De esta manera se prevé alcanzar a reducir los

periodos de tiempo inactivos en las operaciones de los camiones de acarreo en el carguío y descarga.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Este trabajo está restringido al campo territorial de la Unidad Minera Atacocha, Tajo abierto San Gerardo.

1.2.2. Delimitación temporal

El tiempo estimado es aproximadamente 6 meses julio 2021 a diciembre 2021.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Se puede optimizar las operaciones de acarreo y carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”?

1.3.2. Problemas específicos

a. ¿Cómo podemos optimizar las operaciones de acarreo al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”?

b. ¿Se puede optimizar las operaciones de carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Optimizar las operaciones de acarreo y carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”.

1.4.2. Objetivos específicos

a. Optimizar las operaciones de acarreo al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”.

b. Optimizar las operaciones de carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”.

1.5. Justificación de la investigación

En las operaciones de tajo abierto en su ciclo de producción, el acareo y carguío representan los costos más elevados lo cual se debe tener en cuenta y controlarlo para que nuestra producción sea viable, Es por esta razón que se busca tener un recorrido menos distante posible y coordinar la sincronía de los camiones y palas; esto hará que los costos no sean altos al disminuir la distancia de recorrido de los camiones. Este aspecto resalta la importancia del estudio que redundará beneficiosamente a la empresa y a todos sus miembros en su conjunto.

1.6. Limitación de la investigación

Se tubo muy pocas limitaciones, porque tuvimos el apoyo de la empresa, alguna limitante en la realización del estudio fue el factor clima por la persistencia de las lluvias.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Los antecedentes que tendremos en cuenta para el desarrollo del trabajo de investigación son los siguientes:

Antecedente uno

En la tesis titulado “optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. UPKAR MINING S.A.C.” presentado por (Huarocc, 2014) realizo su tesis en la empresa minera dedicado a la explotación del hierro, mineral hematita; su objetivo principal es la de optimizar el carguío y el acarreo del mineral, realizando una investigación aplicada, con un diseño experimental, con un nivel descriptivo correlacional, uso como muestra 10 volquetes de 15 m³, dos cargadores frontales y tres excavadores.

Como conclusión se tiene:

Se elaboro e implemento los indicadores de desempeño para la mina

Se redujo los costos en 0.44 \$/tn en el carguío y de 0.34 \$/tn en el acarreo

Estos indicadores permiten comparar con otros indicadores de otras minas, así como también poder controlar, medir, reajustar nuestros valores obtenidos.

Antecedente dos

En la tesis que tiene por título “gestión de la operación de equipos de movimiento de tierras para mejorar el rendimiento de carguío y acarreo en la mina Antapaccay” (Checya, 2015), indica que su objetivo se desarrolla en tres temas, el planeamiento, control y costo del equipamiento de carguío y acarreo con la intención de establecer el número óptimo a extraer.

Como conclusiones tenemos:

El diseño de la flota óptima usando la excavadora CAT 336 DL, cuenta con los siguientes parámetros

“Numero de camiones = 11 camiones

Costo unitario de carguío = 0.2044 \$/tn

Costo unitario de acarreo = 0,3050 US\$/tn

Costo unitario carguío -acarreo = 0,5094 US\$/tn

Producción potencial carguío- acarreo= 623,52 tn/h.”

Antecedente tres

La tesis titulada “optimización del número de camiones 785C cat y cargador frontal 992k cat mediante el match factor en la ruta mineral – stock pile Antapaccay – chancadora Tintaya San Martin Contratistas Generales S.A.” (Barreto, 2017), indica que su objetivo es el de contar con un número óptimo de camiones y cargadores para mejorar el ciclo de transporte usando el Match Factor.

Tubo como investigación cuantitativa, con un nivel descriptivo de campo y bibliográfico, un diseño cuantitativo experimental. Finalmente, “los camiones 785C CAT y cargadores frontales 992K CAT” conforman la muestra objeto de investigación.

Como conclusiones fueron los siguientes:

se llegó a la conclusión de que el Match Factor es 1, para tener un acople perfecto.

“Numero de cargadores = 1 (24 tn cuchara)

Numero de camiones = 7 (150 tn tolva)

Costo unitario de carguío = 0,17 US\$/tn

Costo unitario de acarreo = 0,32 US\$/tn

Costo unitario carguío – acarreo = 0,49 US\$/tn

Producción potencial carguío - acarreo = 1 230,00 tn/h”

Antecedente cuatro

La tesis titulada “Incremento de la rentabilidad económica optimizando la operación transporte de mineral en la E.C.M. Martínez Contratistas e Ingeniería S. A. Unidad Minera Atacocha” (Alvarez, 2021) nos dice que su objetivo es el incremento económico rentable del transporte de la empresa Martines C.

Esta propuesta abordo la investigación desde un enfoque metodológico científico y aplicado, con un nivel descriptivo, un diseño experimental de orientación cuantitativa, su muestra lo constituyo la flota de camiones de la empresa.

Como conclusión se tiene;

Se mejoro el transporte de mineral en un 5.47% y un rendimiento de cada volquete en 12.7 tn/hr, producción de mineral en 38,272 tn, se tuvo menos consumo de combustible en 0.08 g/hr, el número de volquetes fue de 9 en operación y 1 en stand by, su rentabilidad se incrementó en 7.23%

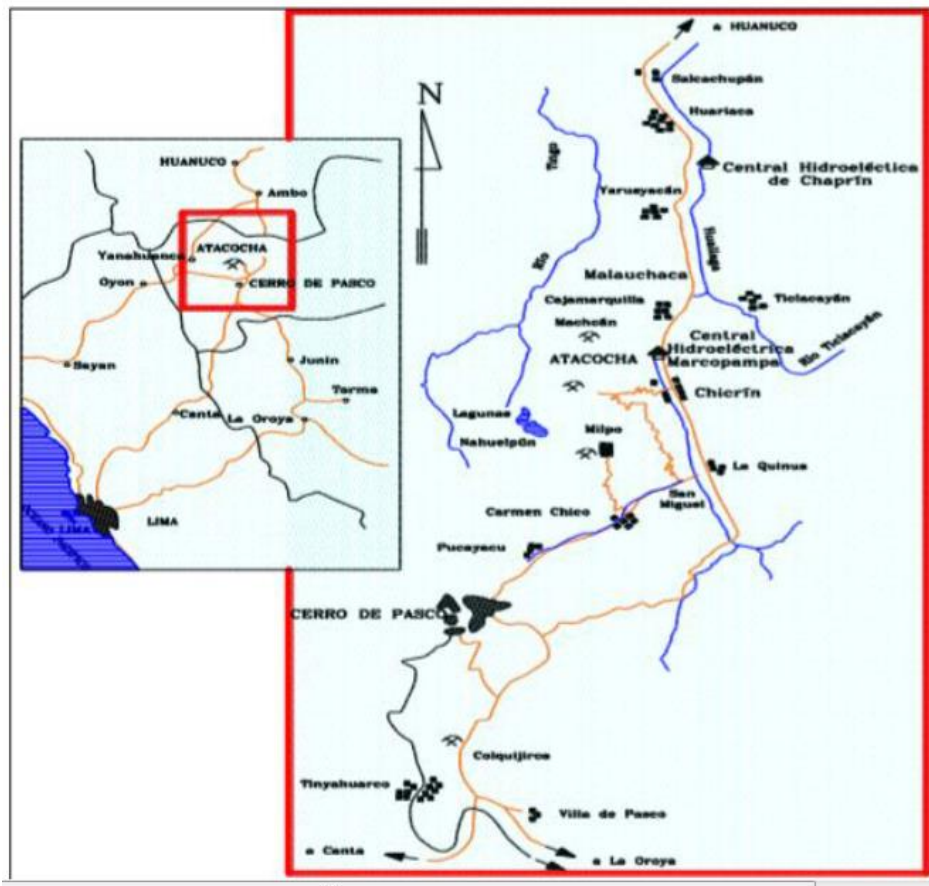
2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Unidad Minera Atacocha

La Unidad minera Atacocha se encuentra a 15 km de Cerro de Pasco. Su capital de distrito es San Francisco de Asís, Yarusyacán. Está ubicada en la jurisdicción provincial y departamental de Pasco.

Figura 1

Ubicación geográfica mina Atacocha



Accesibilidad

A la mina podemos llegar por:

La principal vía de acceso al yacimiento desde Lima es por medio de la carretera central, siguiendo la ruta La Oroya, Carhuamayo, Colquijirca, zona denominada “El Cruce” (entre Cerro de Pasco y Huánuco) hasta Chicerín (oficinas administrativas de la U. M. Atacocha) con aproximadamente 331 kilómetros empleando un tiempo de 6 horas aproximadamente de recorrido (Alvarez, 2021, pág. 23)

2.2.2. Carguío y transporte

Acarreo

Es un proceso que consiste en:

El traslado de material mineralizado y/o estéril desde el yacimiento hacia los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril. Las funciones involucradas en el proceso de transporte son las siguientes: En esta etapa se planifica bien la definición de las rutas de transporte y del destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente (Barreto, 2017)

Carguío

Entendido como una operación que:

Consiste en la carga de material (mineral o estéril) del material fragmentado del yacimiento para conducirlo a los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril

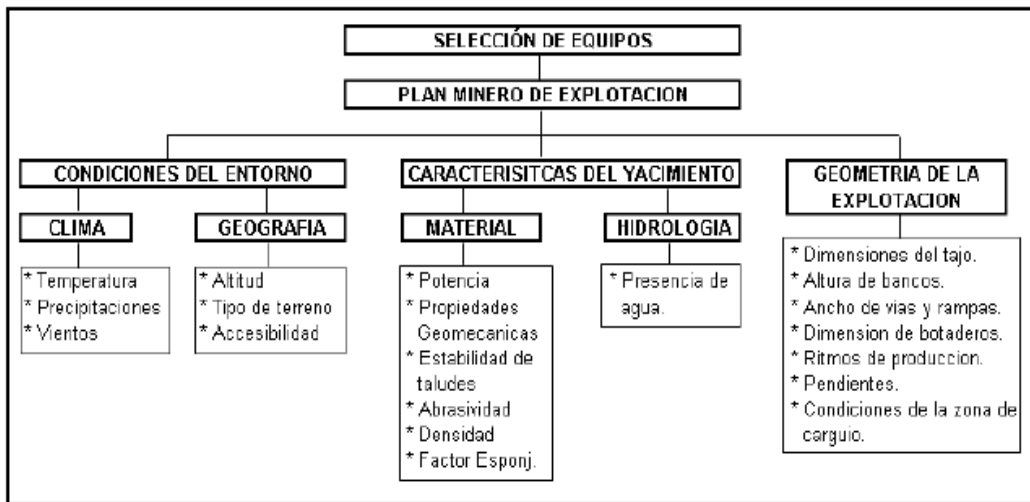
Esta etapa del proceso de la explotación minera se ocupa de definir los sectores de carga, las direcciones de carguío (a frentes de carga, posición de equipos de carguío y nivel de pisos) y el destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente. (Barreto, 2017, pág. 11)

Selección de los equipos de carguío y transporte

“La selección de los equipos de carguío y transporte se realiza una vez que se ha definido el material a transportar. Para ello se debe tener en consideración el plan, que consiste en una evaluación técnica y económica completa. La selección de equipos se realiza, entonces, en torno a tres grupos básicos de información: las condiciones del entorno, las características del terreno, y la geometría de la extracción y sus requerimientos específicos.” (Checya, 2015)

Figura 2

Consideraciones en la selección de equipos

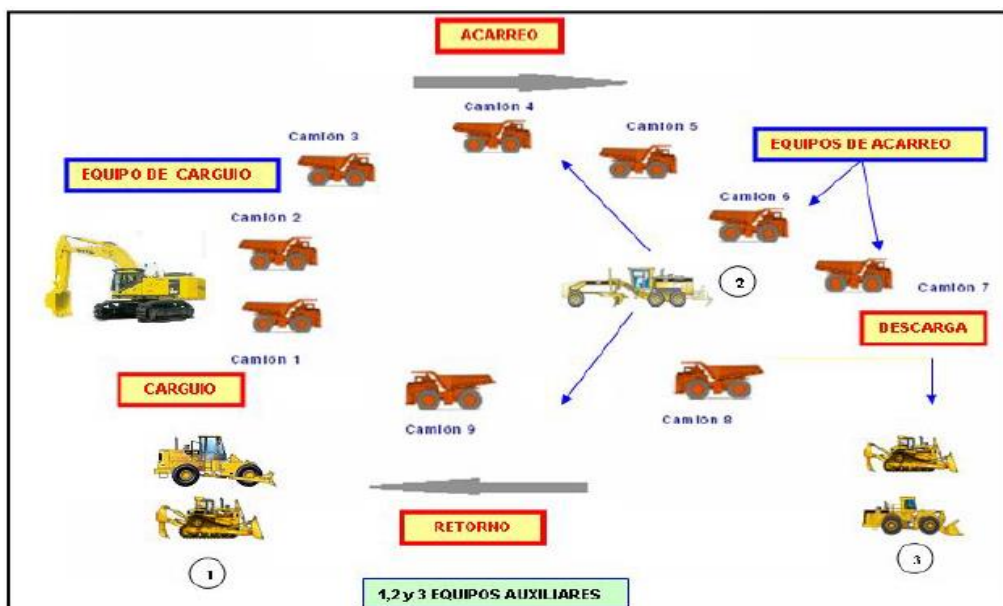


2.2.3. Funcionalidad de un sistema de carguío y acarreo

“Un sistema de carguío y acarreo consta de una cantidad específica de equipos de carguío, de equipos de acarreo y equipos auxiliares o equipos de respaldo, la cual definiremos como flota. La productividad de la flota y el tiempo necesario para mover una cantidad específica de material está determinada por el número de vehículos de acarreo y equipos de carguío.” (Checya, 2015)

Figura 3

Sincronización de los equipos de carguío y acarreo



Factor de acoplamiento

Se trata del Match Factor (MF) “Es la relación existente entre la capacidad de producción de un equipo de transporte de movimiento de tierras (mineral), con respecto a la capacidad de carga dispuesta para dicho equipo de transporte” (Checya, 2015)

Figura 4

Factor de acoplamiento

$$MF = \frac{\text{Producción equipo de transporte}}{\text{Producción equipo de carguío}} = \frac{N \cdot P_{\text{camión}}}{C \cdot P_{\text{cargador}}}$$

Siendo:

N = número de camiones

C = número de cargadores

P_{camión} = Producción de un camión

P_{cargador} = Producción de un cargador

2.2.4. Factores que afectan la productividad y costo en un sistema de carguío y acarreo

Tenemos que los principales son los siguientes:

Capacidad y selección del balde del equipo de carguío productividad de carguío

Relación entre la capacidad del equipo de carguío con la capacidad del camión

Fragmentación del material a cargar

Acoplamiento del equipo de carguío - acarreo (Match excavadora/camión)

Pendientes (declive)

Vías de acarreo (Barreto, 2017, pág. 22)

Tiempos a considerar en un sistema de carguío y acarreo

En las operaciones de carguío y acarreo el tiempo a considerar es el de un ciclo completo esto es carga, acarreo, descarga, retorno

“**Carga:** dependerá del equipo de carga y la capacidad de la tolva; evaluando la coincidencia entre el tamaño de la tolva y la capacidad del cucharón del equipo de carga se establece el volumen y el tiempo de carga” (Checya, 2015, pág. 32)

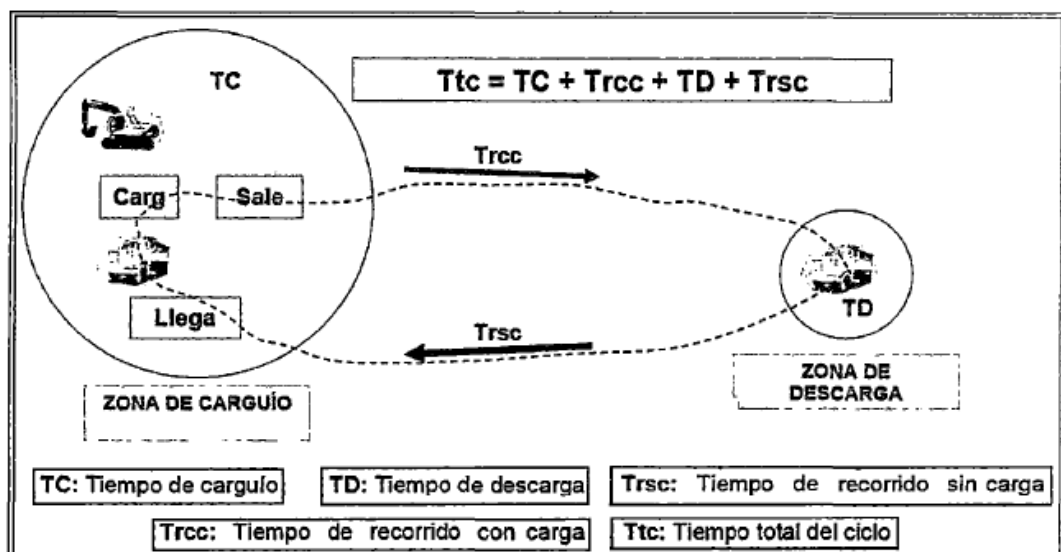
“**Acarreo:** Parte del ciclo en que un vehículo de acarreo cargado tarda en recorrer hasta el destino del material. Los tiempos de viaje y retorno dependerán de la potencia del motor, el peso del vehículo, las distancias de acarreo y retorno y las condiciones del camino” (Checya, 2015, pág. 33)

“**Descarga y maniobras:** El tiempo de descarga depende del tipo de unidad que se usa para el acarreo y la congestión en la zona de descarga. Hay que considerar que en el área de descarga hay otro equipo de apoyo. Los tractores están esparciendo el material y pueden estar trabajando otras unidades de compactación” (Checya, 2015, pág. 33)

“**Retorno:** Parte del ciclo en el que el vehículo de acarreo retorna vacío para obtener otra carga en la zona de carguío” (Checya, 2015, pág. 33)

Figura 5

Esquema tiempos del sistema que comprende el carguío y el transporte



2.3. Definición términos básicos

Banco:

“Los recortes horizontales del piso a lo largo de los cuales se realiza el minado en una mina de tajo abierto. A medida que la mina progresa hacia niveles más bajos, se deja bancos de seguridad en las paredes para que capturen cualquier roca que caiga desde arriba” (Neyra A. , 2020, pág. 22)

Botadero:

“Una pila de roca o mineral rotos en la superficie de la tierra”

Depósito:

“Un cuerpo mineralizado que se ha delimitado físicamente con suficiente perforación, excavación de zanjas y/o trabajos subterráneos y que se ha encontrado contiene una ley promedio suficiente de metal o metales para garantizar la exploración y/o los gastos de desarrollo” (Neyra A. , 2020, pág. 23)

Desbroce:

“El proceso de remoción de la roca sobreyacente al depósito mineral para exponer el mineral” (Neyra A. , 2020, pág. 23)

Horas totales del equipo (HT)

Son 24 horas del día, los 365 días del año.

Horas disponibles del equipo (HD)

Son las horas en que el equipo está disponible para producir.

Horas de Mantenimiento (HM)

Utilizado para fines de reparación programada.

Horas operativas (HR)

Son las horas produciendo toneladas.

Demoras operativas (D)

“Es el tiempo en que el equipo está operativo, pero no realiza trabajo productivo, pudiendo ser Mantenimiento del camión, Movimiento de choferes, Abastecimiento de combustible, Traslado a servicios higiénicos” (Segama, 2019, pág. 24)

Stand-by (SB)

“Es el tiempo en que el equipo está disponible mecánicamente, pero apagado por consideraciones operativas. Ejemplos de paradas por stand- by son: Espera de carga, Otros motivos no operacionales” (Segama, 2019, pág. 24)

TAJO ABIERTO:

Se llaman minas a cielo (o rajo) abierto, a las explotaciones mineras que se desarrollan en la superficie del terreno, a diferencia de las subterráneas, que se desarrollan bajo ella. Para la explotación de una mina a cielo abierto, a veces, es necesario excavar, con medios mecánicos o con explosivos, los terrenos que recubren o rodean la formación geológica que forma el yacimiento (Neyra A. , 2020, pág. 23)

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Es posible optimizar las operaciones de acarreo y carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. Es posible optimizar las operaciones de acarreo al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”
- b. Es posible optimizar las operaciones de carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables para la hipótesis general

Variable Independiente

Habilitar Rampa Zeta

Variable Dependiente

Optimización de las operaciones de acarreo y carguío

2.5.2. Variables para la hipótesis específicas

Hipótesis específica a.

Variable Independiente

Habilitar Rampa Zeta

Variable Dependiente

Optimización de las operaciones de acarreo

Hipótesis específica b.

Variable Independiente

Habilitar Rampa Zeta

Variable Dependiente

Optimización de las operaciones de carguío

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1

Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
<p>3.5.1 Variables para la hipótesis general</p> <p>Variable independiente</p> <p>Habilitar Rampa Zeta</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Operaciones de acarreo y carguío</p>	<p>Acarreo; El traslado de material mineralizado y/o estéril desde el yacimiento hacia los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril.</p> <p>Carguío; Consiste en la carga de material (mineral o estéril) del material fragmentado del yacimiento para conducirlo a los posibles destinos.</p>	<p>Tendremos en cuenta:</p> <p>Ruta de trabajo</p> <p>Equipo de acarreo</p> <p>Equipo de Carguío</p> <p>Costo de producción</p>	<p>Kilómetros recorridos</p> <p>Camiones CAT</p> <p>Palas</p> <p>Costo de minado</p>	<p>Km.</p> <p>N° de camiones</p> <p>N° de palas</p> <p>\$/tn</p>
<p>3.5.2 Variables para la hipótesis específicas</p> <p>Variables para hipótesis específica a</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Operaciones de acarreo</p> <p>Variables para hipótesis específica b</p> <p>Variable independiente</p> <p>Habilitar Rampa Zeta</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Operaciones de carguío</p>				

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo investigación que se empleo fue de tipo cuantitativo

3.2. Nivel de investigación

El alcance aplicativo y un nivel descriptivo explicativo.

3.3. Métodos de investigación

Para poder desarrollar la investigación aplicaremos los lineamientos de la investigación científica apoyados por los métodos de análisis, síntesis.

3.4. Diseño de investigación

Se aplicará un diseño no experimental

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Estará formada por el grupo de camiones y palas que se hallan trabajando en el tajo San Gerardo

3.5.2. Muestra

Como muestra se tomará de igual manera a todos los camiones y palas del tajo San Gerardo.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Haremos uso, en la presente investigación, de las siguientes:

Análisis documental

Teniendo en cuenta:

la revisión de información sobre producción de minado y desmonte del tajo San Gerardo.

Movimiento de camiones

Análisis de planos

Reportes de camiones

La observación directa

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos que utilizaremos son:

Registro de datos de campo

Registro de control de tiempos de los volquetes

Registro de distancias de rutas

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Primeramente, se tendrá un diagnóstico del trabajo llevado a cabo del transporte y carguío realizado en el tajo, luego se planteará las mejoras a realizar en cuanto al acarreo y transporte en el tajo, finalmente veremos el costo que significa dicha mejora.

3.8. Tratamiento Estadístico

El tratamiento estadístico que se le dará a los datos es de una estadística descriptiva.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Durante el desarrollo de la investigación se he respetado los principios de la ética, actuando con responsabilidad en cada proceso, actuando con rigor

científico asegurando la veracidad de la investigación, respetando la privacidad, la igualdad, reserva y respeto a las personas y a la propiedad en todo sentido.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Tajo San Gerardo

“Las operaciones mineras en el tajo San Gerardo se inicia con el área de perforación y voladura se realiza una planificación y previa aprobación por parte de superintendencia de la unidad Minera Atacocha para su ejecución” (COMPAÑIA MINERA ATACOCHA S.A.A. NEXA, 2021)

Figura 6

Parámetros de Perforación y voladura

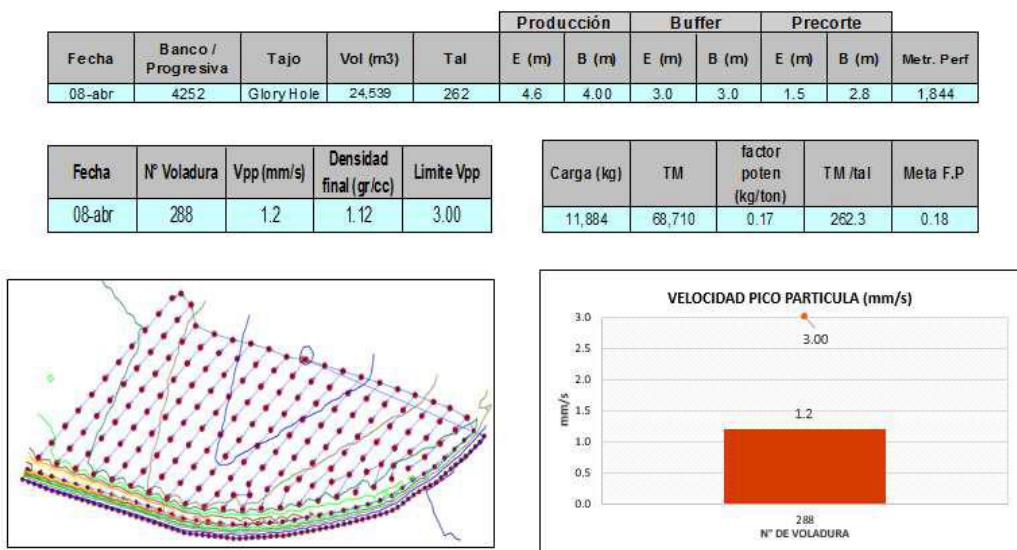
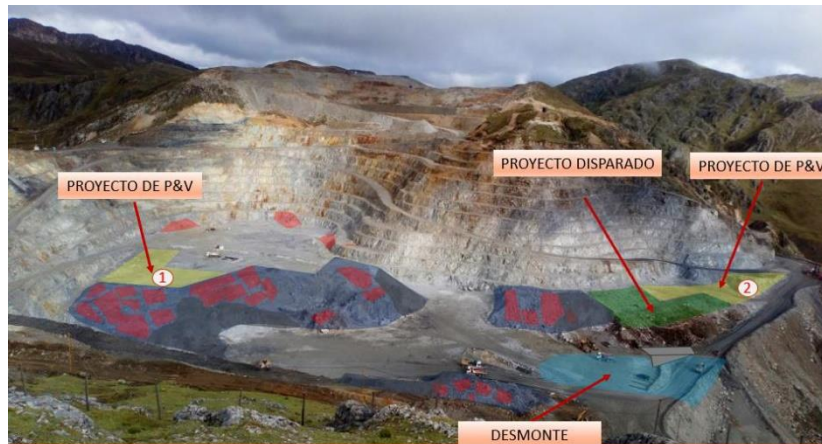


Figura 7

Vista del tajo San Gerardo



4.1.2. Parámetros de diseño del tajo San Gerardo

Se ha considerado los siguientes parámetros para las operaciones

Tabla 2

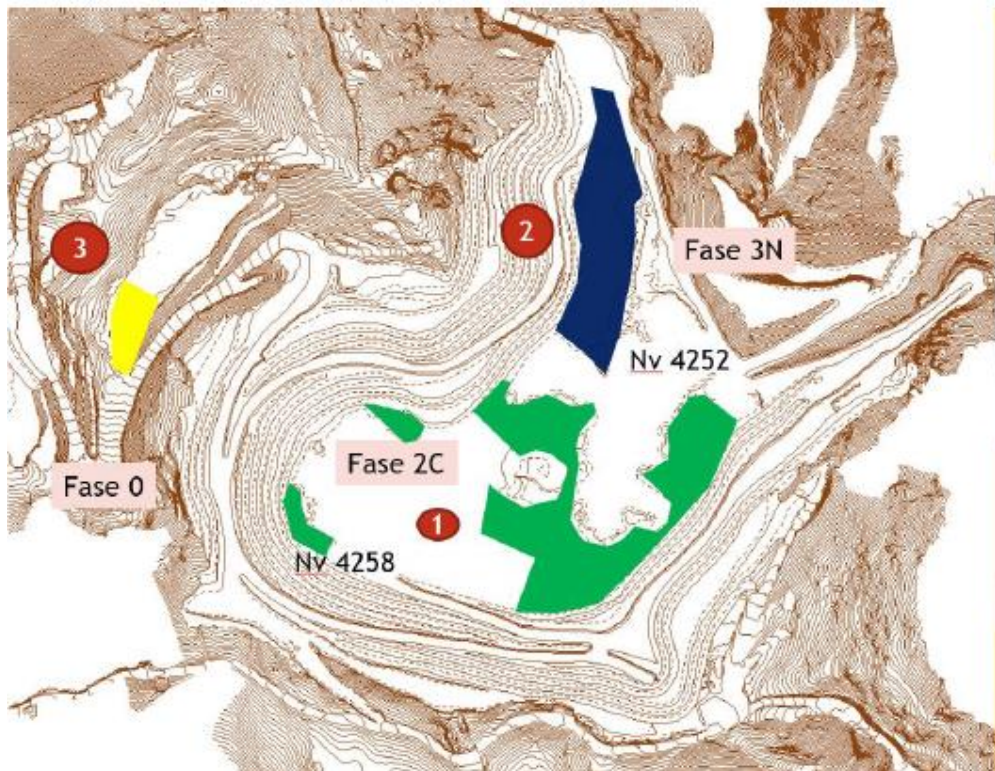
Parámetros de diseño del Tajo San Gerardo

PARAMETROS DE DISEÑO DEL TAJO SAN GERARDO	
Ancho de la Rampa	11 m.
Gradiente de Rampa	0.1 %
Altura de banco	6 m.
Talud de banco	60° - 70°
Ancho de berma	3.0 m a 4.0 m.

Se puede observar en la siguiente vista la secuencia de minado del tajo

Figura 8

Secuencia de minado del tajo



4.1.3. Método de explotación

Describiremos brevemente el sistema de explotación que se lleva a cabo con los datos tomados del informe que obra en los archivos de la empresa.

Tajo San Gerardo utiliza método de explotación a cielo abierto que utiliza labores subterráneas (OP1) para transportar el mineral. Este método utiliza la gravedad para llevar el material desde la superficie al nivel de transporte donde se encuentran ubicadas las locomotoras. Este sistema consta de un pique vertical que atraviesa la zona mineralizada hasta llegar a una galería inferior que sirve de transporte para llevar el mineral fuera de la mina. La excavación de la superficie consiste en hacer un cráter alrededor del pique, para que, por efecto de la gravedad, el material caiga a través de la chimenea al nivel inferior de extracción. Este sistema de explotación es aplicado solo a yacimientos de dimensiones pequeñas, masivos y de roca competente.

Los resultados de los análisis de estabilidad en el Tajo San Gerardo para las diferentes secciones, para el caso de los taludes con medidas estabilizadoras y de optimización, se destaca por la litología presente, la altura que se llegaría con un determinado número de bancos en el caso de taludes interrampa, altura total. Aquellos factores de seguridad con valores muy cercanos a la unidad (0.9) pueden ser interpretados como 1.0 por redondeo.

El Angulo interrampa promedio para el macizo rocoso varía entre 43° - 50°. En lo que se refiere anchos de berma mínimo para el caso de taludes de los sectores de menor calidad de macizo rocoso es de 4 m y para taludes en roca de mejor calidad es de es 3 m, ángulos de cara de banco varía entre 60° - 70° y el Angulo de talud final varia de 30° - 40° (COMPAÑIA MINERA ATACOCHA S.A.A. NEXA, 2021)

4.1.4. Equipos

Para la explotación del tajo SAN GERARDO por una empresa especializada se cuenta con los equipos siguientes:

“Equipos para Perforación se detalla en la siguiente tabla”

Tabla 3

Equipos de perforación

Equipos de perforación			
Código	Descripción	Marca	Modelo
AT-PVX PE-01	Perforadora	Sandvik	DP 1500i
AT-PVX PE-02	Perforadora	Sandvik	DX 800
AT-PVX PE-09	Perforadora	Sandvik	PANTERA DP 1500i

Equipos para Carguío se detalla en la siguiente tabla

Tabla 4*Equipos de carguío*

Equipos para Acarreo se detalla en la siguiente tabla

Equipos de carguío				
Código	Descripción	Marca	Modelo	Capacidad
AT-PVX EX-11	Excavadora	Caterpillar	349D	3.2 m3
AT-PVX EX-13	Excavadora	Caterpillar	349D	3.2 m3
AT-PVX EX-14	Excavadora	Caterpillar	374F	4.6 m3

Tabla 5*Equipos de acarreo*

Equipo de Acarreo				
Cantidad	Descripción	Marca	Modelo	Capacidad
13	Volquete	Volvo	FMX 8X4R	20 m3
04	Volquete	Mercedes Benz	FMX 8X4R	20 m3
05	Volquete	Volvo	FMX 5X4R	15 m3

Equipos Auxiliares se detalla en la siguiente tabla

Tabla 6

Equipos Auxiliares

Equipos Auxiliares			
Cantidad	Descripción	Marca	Modelo
01	Tractor de Orugas	Caterpillar	D6T
01	Tractor de Orugas	Caterpillar	D8T
01	Motoniveladora	Caterpillar	140K
01	Retroexcavadora	Caterpillar	420F2-BE
01	Cisterna de Agua	Hino	FM

Figura 9

Vista del tajo en pleno carguio a los camiones



Figura 10

Rutas de acarreo de mineral y desmorte

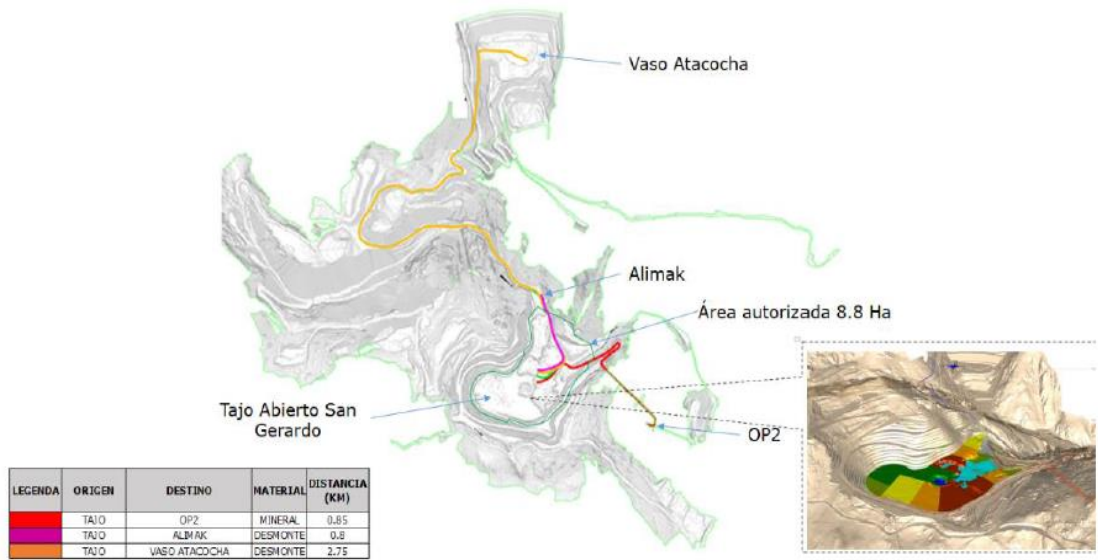


Figura 11

Stock de mineral

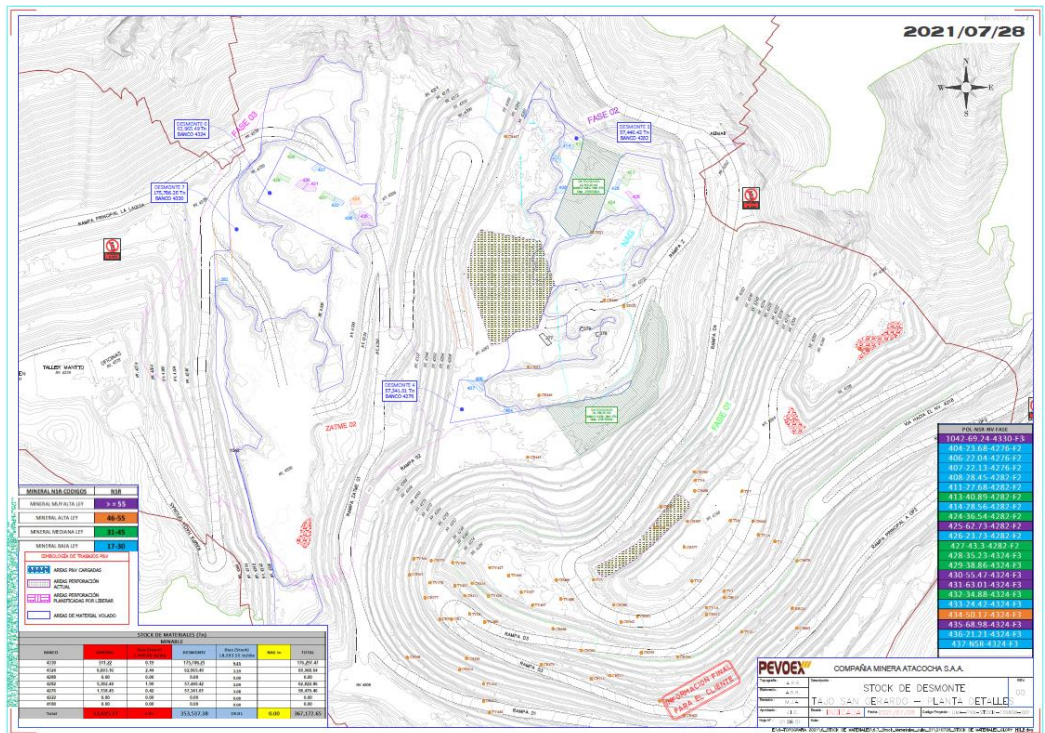


Figura 12

Vista del tajo San Gerardo



Figura 13

Taladros perforados en el Tajo San Gerardo



Figura 14

Tajo San Gerardo



4.1.5. Diseño de la Rampa Zeta

Figura 15 *Diseño de Rampa Zeta*

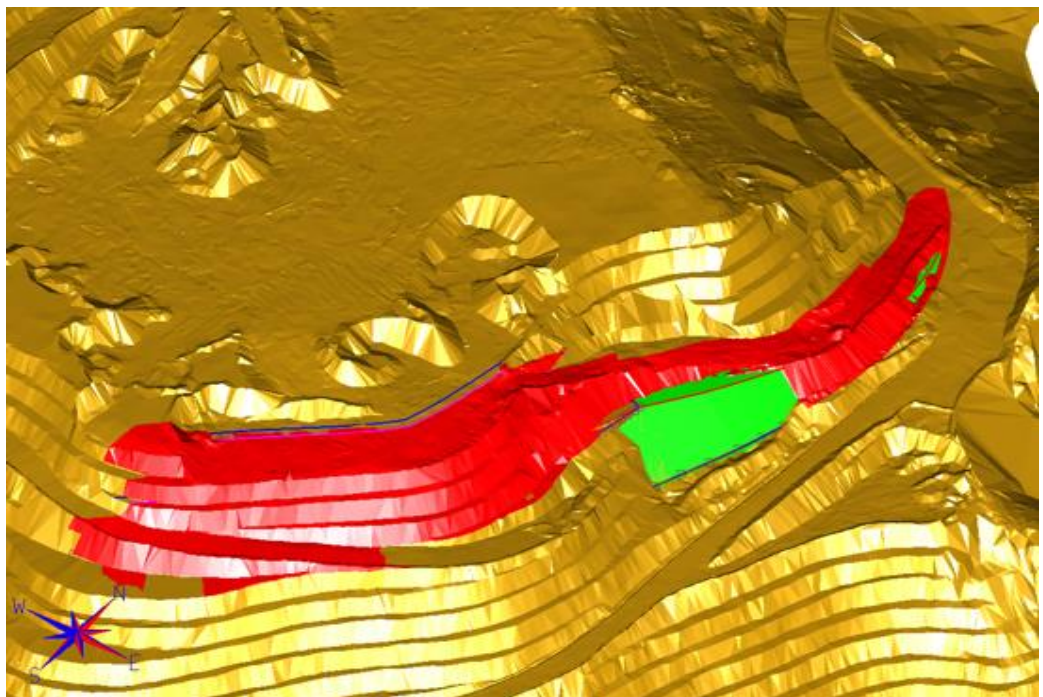
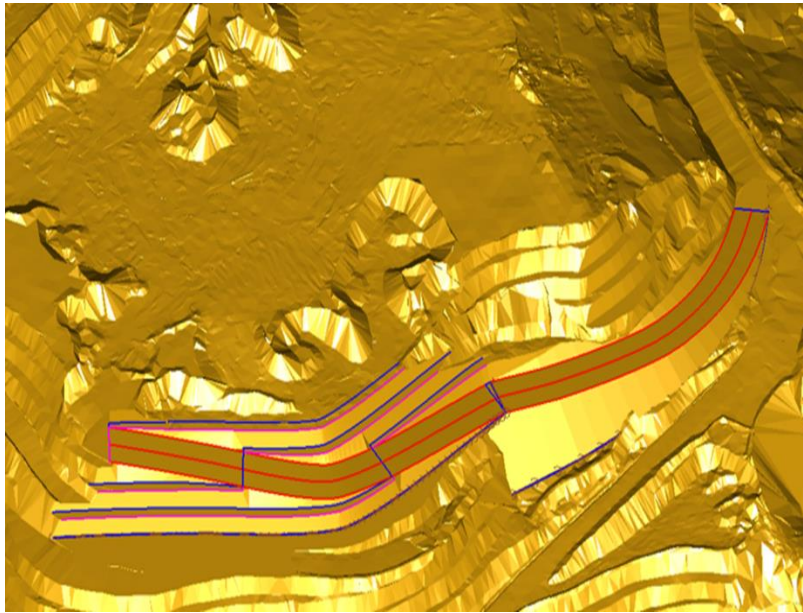


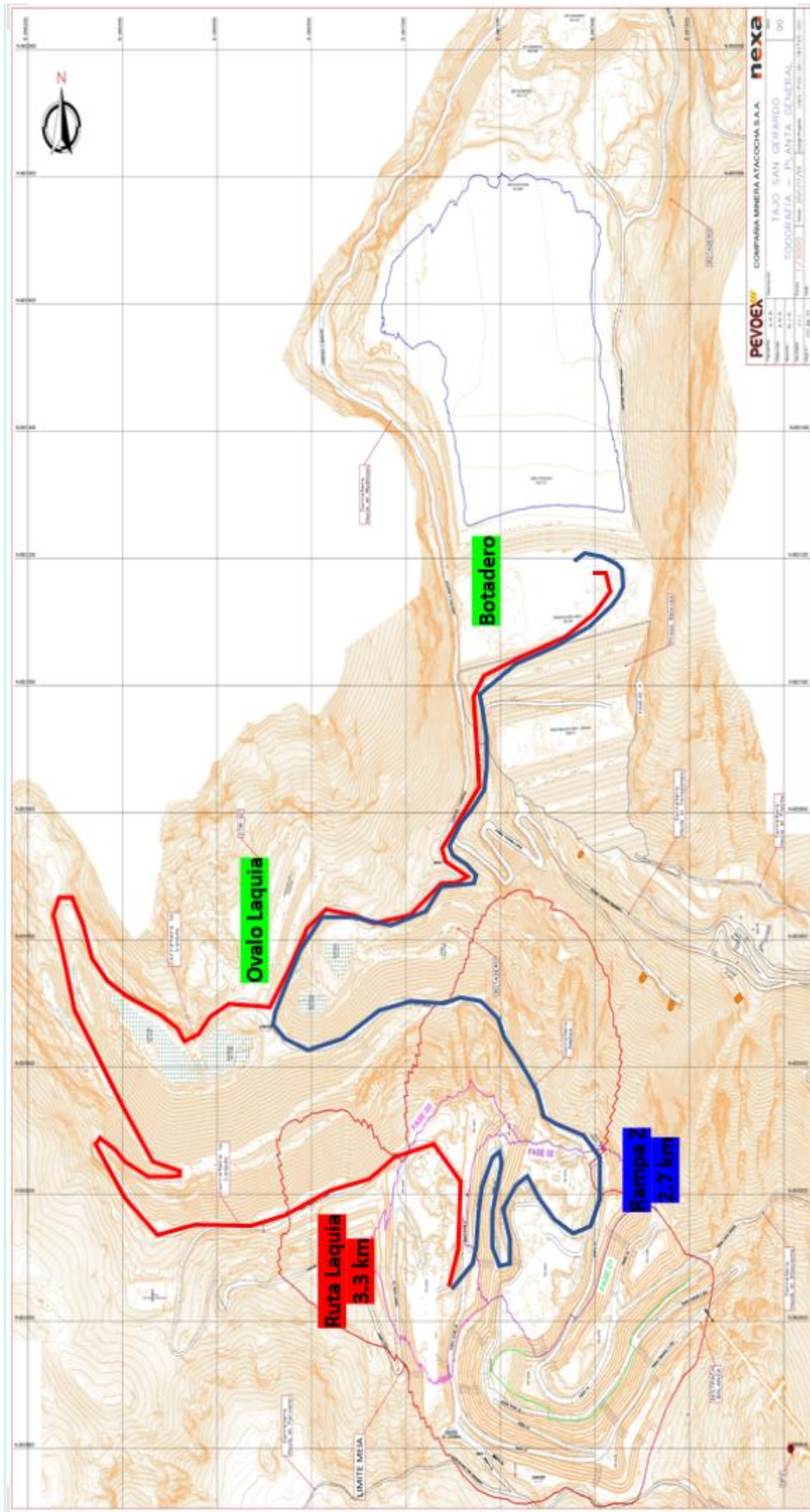
Figura 16 *Dimensión de Rampa Zeta*



DISEÑO RAMPA Z

- Ancho Rampa= 13.00 m.
- Talud de relleno = 37°.
- Pendiente Rampa 12%

Figura 17 *Plano de Operaciones del Tajo San Gerardo*



4.1.6. Operaciones unitarias

Perforación

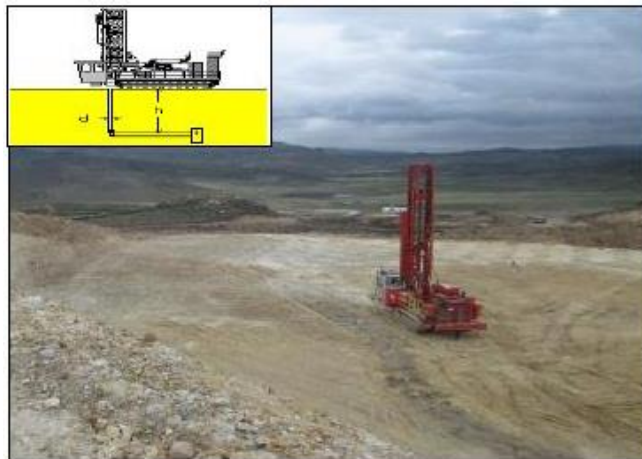
Para el proceso unitario de perforación en el tajo San Gerardo se contó con los siguientes equipos

Para la perforación, se utilizan dos perforadoras: una rotativa D245S y otra de martillo de fondo L8, Para los taladros de producción, se tiene el diámetro de perforación de 6 3/4" y 6.50 metros de longitud total de perforación. Este último incluye 0.50 metros de sobreperforación para obtener un piso uniforme. Esto se realiza con la perforadora rotativa.

Mientras que los taladros precorte se ejecutan con la perforadora de martillo de fondo, cuyo diámetro de perforación es de 4 1/2" y 6.0 metros de longitud, estos no cuentan sobreperforación. (Bazán, 2016)

Figura 19

Perforación de los taladros



Voladura.

En este proceso unitario se contó con todos los materiales con explosivos, fanel dual, retardos en la cantidad programada.

El objetivo es fragmentar el macizo rocoso a través de agentes de voladura. Los taladros son cargados con aproximadamente 110.88 kilos de material explosivo

por taladro. Con accesorios de voladura, se garantiza la mayor seguridad posible y la mejor fragmentación del material.

No se debe maltratar la manguera de fanel dual, introducir y hacer descender el cebo(primario), guiando la manguera del sistema de iniciación no eléctrica (FANEL DUAL), vaciar explosivo dentro del taladro según diseño de carga, se verifica el cumplimiento del carguío, antes de proceder con el atacado del taladro.

Cargado el taladro con el fulminante de profundidad, se debe realizar la conexión del Conector Tipo “Hongo” a la manguera del FANEL DUAL del taladro de salida continua, para asegurar el contacto entre el Fulminante de Superficie y la Manguera de FANEL DUAL. Se realiza la conexión del FANEL CTD a las líneas troncales, para retardar la detonación según diseño de amarre.

El inicio de la detonación se realizará con línea silenciosa (LSEF 500 m)

En lo que concierne al sistema de control y reportes realizados, estos son: consumo de nitrato y emulsión diario, stock de material disponible en mina (diario), factor de potencia (por disparo), tiempo de demora por disparo de los principales equipos (por disparo), número de disparos a la semana, tonelaje promedio volado por taladro y totales semanal y mensual, además del control de la vibración, que es un tema muy importante en la perforación y voladura de rocas en el tajo San Gerardo. (Bazán, 2016)

Figura 20

Carguío de los taladros para la voladura



Carguío.

“Las operaciones de carguío se realizan mediante el uso de maquinaria pesada como: excavadoras, las cuales cargan camiones de 20 m³ de capacidad. Estos son: 2 excavadoras Cat - 3.5 m³. Para el presente estudio, usaremos las excavadoras Cat 349 en los frentes de trabajo” (Bazán, 2016)

Figura 21

Carguío del mineral a los camiones



Acarreo

“Para el acarreo de mineral, se utilizan camiones de 20 m³ para transportar el mineral del tajo al echadero mediante una rampa con pendiente máxima de 10% y 11 metros de ancho mínimo. Se mantienen los parámetros de diseño de las vías.

Para el acarreo se cuenta con la siguiente flota:

5-12 camiones operativos para el material

1 camión en stand by” (Bazán, 2016)

Figura 22

Camiones para el transporte de mineral



Características del transporte del mineral y desmonte

Tabla 7

Transporte de material al ore pass y a la desmontera

TRANSPORTE DE MINERAL A ORE PASS		
Parámetros	Unidades	Cantidad
Velocidad de ida (cargado)	km/h	12
Velocidad vuelta (vacio)	Km/h	15
Distancia (ida y vuelta)	Km	2.2
Tiempo de carga	min.	2.5
Tiempo de descarga	min	1
Tiempo de cuadrado, acomodo, espera y perdidas	min	1.5
Volumen de transporte (promedio)	m3	20
BCM transportado (promedio)		16
Tonelaje (promedio)	tn	37.79
Resumen del tiempo de un ciclo completo		
Ciclo (promedio)	min	20.4

4.1.7. Servicios Auxiliares.

Para un buen mantenimiento de la zona de trabajo se viene usando estos equipos que hacen que los caminos estén fuera de obstáculos, la zona de carguío despejado de acumulación de material

Las vías principales de accesos hacia el tajo abierto, botadero de desmonte, están acondicionadas y mantenidas mediante el uso de dos motoniveladoras y un camión cisterna para el regado con agua. Esto permite tener las vías en buen estado y evitar el polvo originado por el paso de vehículos y maquinarias.

Estos equipos están encargados básicamente del apoyo en las áreas de carguío, nivelación de pisos, acumulación de material para alimentar a los equipos de carguío, limpieza de frentes, en las zonas de acceso. También en la limpieza de vías, construcción de bermas, construcción de accesos, regado de vías y en las zonas de descarga, empuje de material y nivelación de pisos. Para ello, se cuenta con tractores de oruga, motoniveladoras y cisternas de agua. Los equipos a usar son:

1 tractor oruga CAT modelo D8R

1 tractor oruga CAT modelo D6R

1 motoniveladora CAT 140H

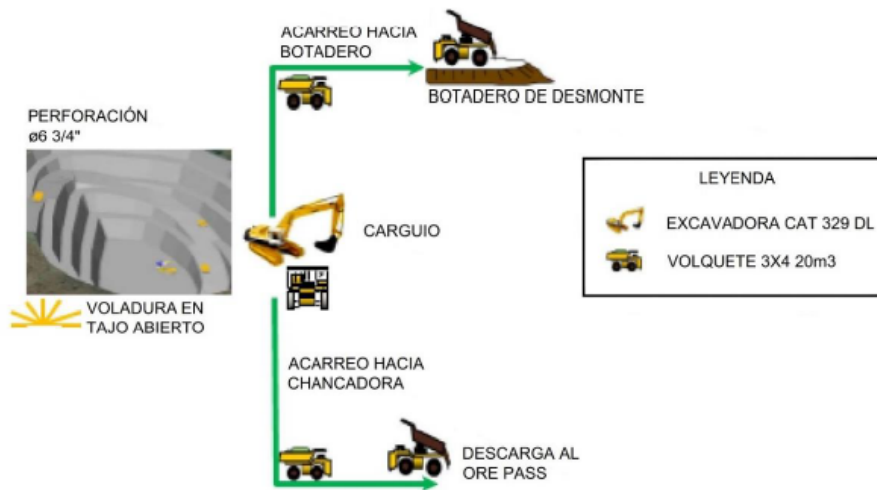
5 luminarias

2 cisternas de agua para regar vías (5,000 gal.)

1 cisterna de combustible 3,000 gal. (Bazán, 2016).

Figura 23

Diagrama de operaciones de minado



4.1.8. PLAN DE MINADO MENSUAL FEBRERO 2021

El plan de minado mensual del mes de febrero de la Unidad Minera Atacocha, establece el marco necesario para alcanzar el tonelaje de finos de Zn Equivalente, objetivo fijado en el presupuesto y en las actualizaciones de los planes Rolling Forecast de la empresa, el presente plan se ha establecido de acuerdo a las condiciones de ciclo de minado actual del tajo abierto San Gerardo.

El programa de producción de la Unidad Atacocha tiene como objetivo 121,763 tmh de aporte de mineral y un tratamiento de 115,038 tms de mineral (tonelaje promedio mensual de tratamiento de 4,109 t/día en 28 días) aplicando los factores metalúrgicos por parte del área de Planta Concentradora, se obtienen 2,861 t Zn-Eq, con este resultado tendríamos un porcentaje de cumplimiento de finos de Zn-Eq al 106 % con respecto al presupuesto M-300.

Programa de tratamiento

En el cuadro N°1.1-1, se muestra el programa mensual de tratamiento de la operación de la Unidad Atacocha, con 115,038 t de tratamiento de mineral y

2,861 t de finos de Zn-Eq que alcanza el 106% de cumplimiento respecto al presupuesto. Ver Cuadro N°1.1-1. Programa de tratamiento mensual.

Los siguientes días hay disminución en el tratamiento por los siguientes motivos:

Día 13: Parada de chancadora terciaria 07 hr Cambio de forros, bowl liner y mantle HP 500: 3,750 t.

Día 20: Cambio de forros del cilindro del molino N° 05, 36 hr: 3,930 t

Día 21: 3,480 t.

Día 26: 3,750 t.

Figura 24

Disminución del tratamiento del mineral

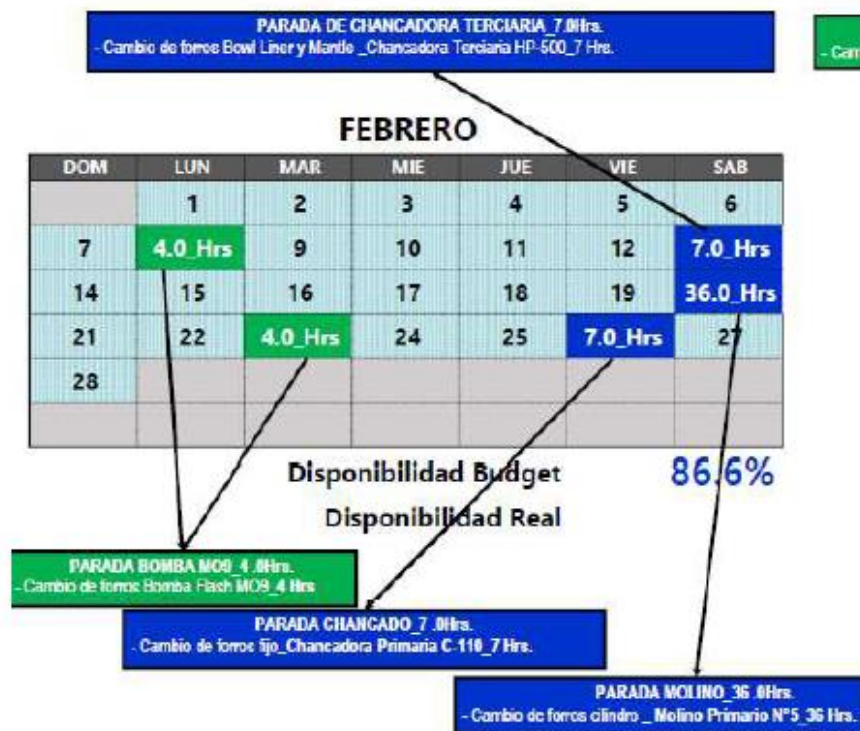


Tabla 8*Programa de tratamiento mensual*

Atacocha		Forecast Feb-21	BUDGET 2021 Feb-21
Mineral Tratado	tpd	4,109	4,109
Mineral Tratado	tms	115,038	115,038
Ley Cabeza Zn	%	0.95	0.89
Ley Cabeza Pb	%	0.81	0.90
Ley Cabeza Cu	%	0.03	
Ley Cabeza Ag	onz/tms	1.13	1.09
Ley Cabeza Au	onz/tms	0.01	0.01
Concentrados Zn		1,569	1,471
Ley Zn	%	50.00	50.00
Ley Ag	onz/tms	2.82	2.51
Recuperación Zn	%	71.90	71.59
Recuperación Ag	%	3.42	2.94
Concentrados Pb		1,522	1,686
Ley Pb	%	50.00	50.00
Ley Ag	onz/tms	63.30	56.52
Ley Au	onz/tms	0.46	0.30
Recuperación Pb	%	81.49	81.81
Recuperación Ag	%	74.25	75.68
Recuperación Au	%	50.76	51.77
Zn	\$/t	2,267.0	2,267.0
Pb	\$/t	1,825.6	1,825.6
Cu	\$/t	6,180.6	6,180.6
Ag	\$/oz t	20.5	20.5
Au	\$/oz t	1,769.6	1,769.6
Finos Zn Eq.	t	2,861	2,701

Fuente: Planeamiento

4.1.9. Programa producción del Tajo San Gerardo

El programa de producción del tajo tiene el objetivo de aportar 4,349 tpd (tmh, toneladas métricas húmedas) de mineral para alcanzar un aporte acumulado de 121,763 t y 21,500 tpd de desmonte con un aporte acumulado de 602,000 t, haciendo un SR de 4.94.

Las fases con producción de mineral y desmonte son: Fase 1 (banco 4192 y 4186) y Fase 2 (banco 4312 y 4306). Ver Cuadro N°1.2-1. Programa de producción mensual febrero.

Tabla 9

Programa de producción mensual febrero

Cuadro N°1.2-1. Programa de producción mensual Febrero.

ITEM	01/02	02/02	03/02	04/02	05/02	06/02	07/02	08/02	09/02	10/02	11/02	12/02	13/02	14/02	15/02	16/02	17/02	18/02	19/02	20/02	21/02	22/02	23/02	24/02	25/02	26/02	27/02	28/02	Total
Zn%	1.05	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.28	1.28	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	0.95	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.75	0.82	0.82	0.82	0.82	0.95
Pb%	0.90	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.92	0.92	0.92	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.80	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.78	0.82	0.82	0.82	0.82	0.81
Cu %	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Ac az/h	1.10	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.19	1.19	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.16	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.13
Au oz/t	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mineral (t)	4,313	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	4,350	121,763
Desmonte (t)	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	602,000
SR	4.99	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94

ITEM	Sem 01	Sem 02	Sem 03	Sem 04	Sem 05	Total
Zn%	1.03	1.11	0.94	0.77	0.82	0.95
Pb%	0.81	0.84	0.80	0.79	0.82	0.81
Cu %	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Ag az/h	1.07	1.11	1.12	1.18	1.21	1.13
Au oz/t	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mineral (t)	21,713	30,450	30,450	30,450	8,700	121,763
Desmonte (t)	107,500	150,500	150,500	150,500	43,000	602,000
SR	4.95	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94

Fuente: Planeamiento

Figura 25

Plano plan de minado mensual

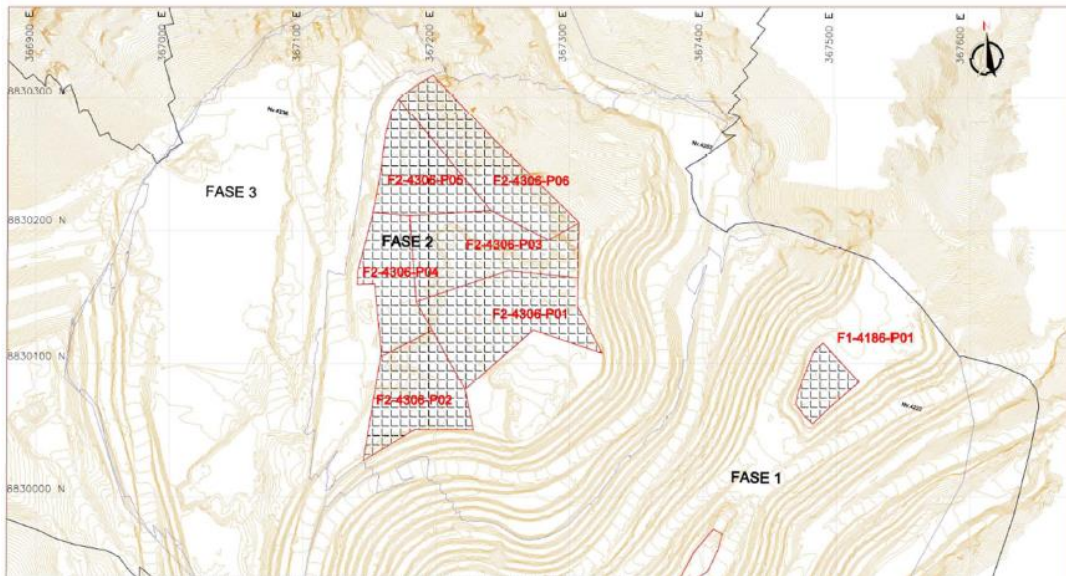


Figura 26

Áreas de perforación Fase 2 – banco 4306

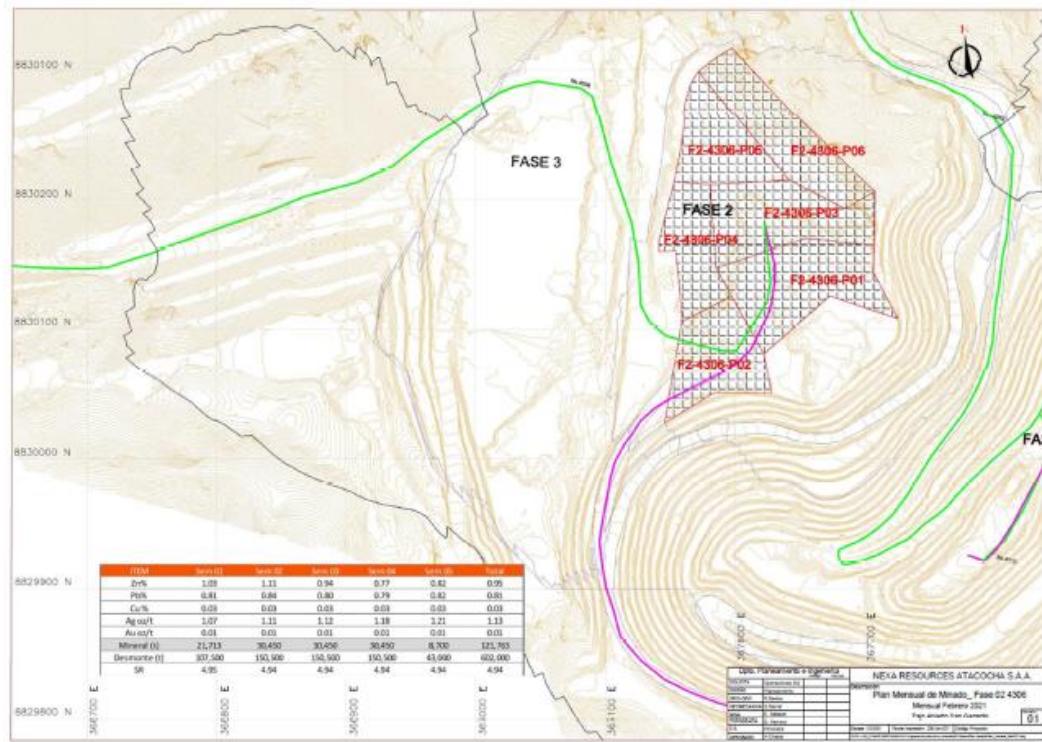


Figura 27

Áreas de perforación Fase 1.

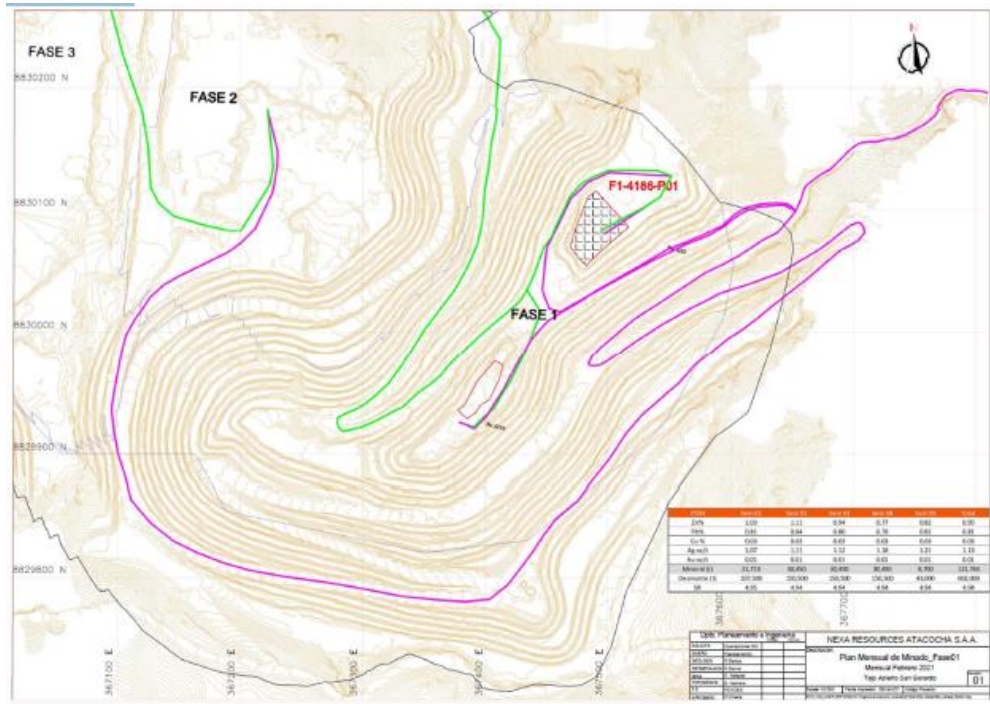


Figura 28

Plan Mensual de Rutas Mineral/Desmonte



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Evaluación de las operaciones de carguío y acarreo

Para poder realizar la evaluación de las operaciones de carguío y acarreo nos valdremos de varios indicadores que indicamos a continuación.

4.2.1. Indicadores de desempeño

Estos indicadores se usan normalmente en cualquier operación de carguío y acarreo, y están dado por.

Cantidad de galones cargados por equipo

Número de viajes transportados por día

Horómetros inicial y final de los equipos de carguío y transporte

Consumo de explosivos y accesorios de voladura

Cantidad de horas trabajadas de la chancadora y zaranda

Horas de trabajo efectivo

Horas de mantenimiento mecánico

Horas muertas de equipos de carguío y transporte

Horas por pérdidas operativas

4.2.2. Operaciones básicas de desempeño del carguío (kpis)

Esta dado por:

Galones de consumo por Equipo / Horas Trabajadas (Gal/Hr)

Toneladas métricas producidas / Horas de carguío (TM/Hr)

Costo de carguío / Hora trabajadas (US\$/Hr)

Costo de carguío / Toneladas producidas (US\$/Tn)

Disponibilidad mecánica del equipo de carguío (% Disp.Mecánica)

Porcentaje de utilización del equipo (% Utilización)

Horas de carguío / N° camiones (Min/Camión)

4.2.3. Operaciones básicas de desempeño del Acarreo (kpis)

Este dado por.

“Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)

Toneladas métricas producidas / Horas de carguío (Tn/Hr)

Costo de transporte / Hora trabajadas (US\$/Hr)

Costo de transporte / Toneladas producidas (US\$/Tn)

Km recorridos / Horas trabajadas (Km/ Hr)

Toneladas métricas / Mes de producción (Tn/ Mes)

Toneladas métricas / Hora trabajada TM/Hr

% Disponibilidad mecánica

% Utilización mecánica”

4.2.4. Evaluación del desempeño para los equipos de carguío

La evaluación del desempeño de los equipos de carguío se realizó en base a los datos existentes en la empresa durante seis meses de julio a diciembre del 2021, un primer momento sin el acceso por la rampa y la segunda etapa mediante el acceso por la rampa. Los resultados lo mostramos en las tablas siguientes.

Tabla 10

Evaluación de los equipos de carguío

CARGUÍO						
Parámetros	ANTES			DESPUÉS		
	Mes Julio	Mes Agosto	Mes Set.	Mes Oct.	Mes Nov.	Mes Dic
Desempeño para los equipos de carguío						
Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)	10.26	10.0	10.5	10.5	10.85	10.9
Toneladas métricas producidas / Horas de carguío (TM/Hr)	565	560	545	580	575	570
Costo de carguío / Horas trabajadas (US\$/Hr)	100.7	98.0	101.2	98	95	96
Costo de carguío / Toneladas producidas (US\$/Tn)	0.18	0.20	0.21	0.17	0.15	0.18
Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes)	450	440	446	455	460	453
Disponibilidad mecánica del equipo de carguío (% Disp. mecánica)	80	80	80	80	80	80
Porcentaje de Utilización del Equipo (% Utilización)	87	87	87	87	87	87
Horas de carguío / N° camiones (Min/Camión)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

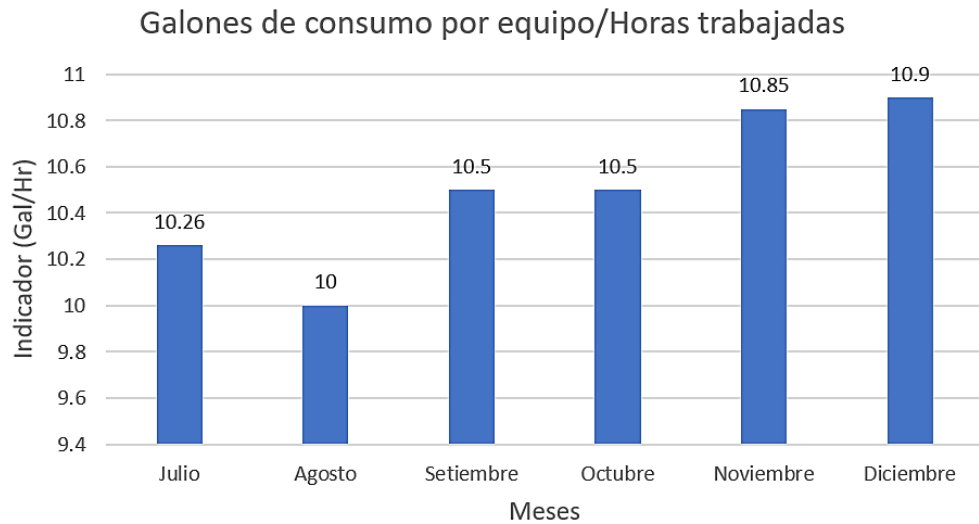
Estos indicadores son los promedios de cada mes obtenidos durante 6 meses

Análisis de Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)

Indicador que muestra el consumo de combustible de cada mes promedio expresado en galones por hora.

Figura 29

Análisis de Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)

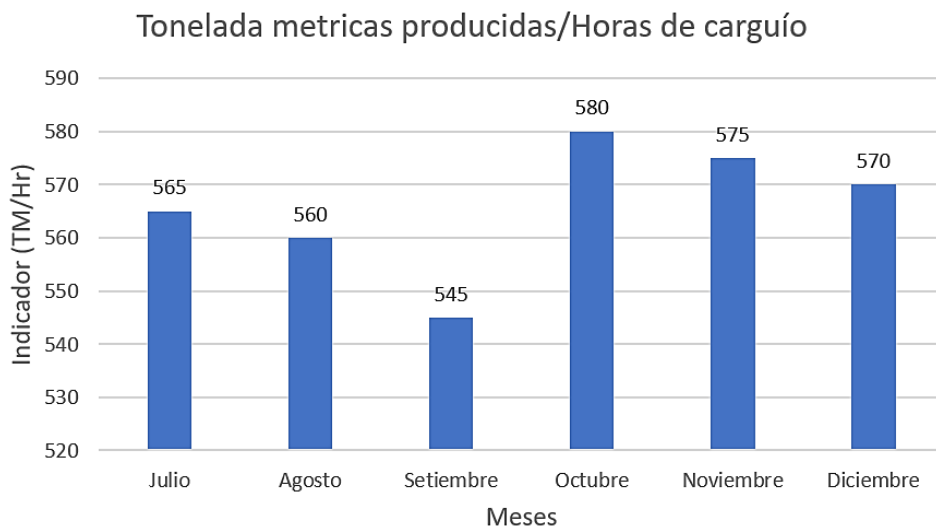


Análisis de Toneladas métricas producidas / Horas de carguío (TM/Hr)

Nos indica las toneladas de mineral o desmonte cargadas por hora, esto es la productividad de carguío.

Figura 30

Análisis de Toneladas métricas producidas / Horas de carguío (TM/Hr)



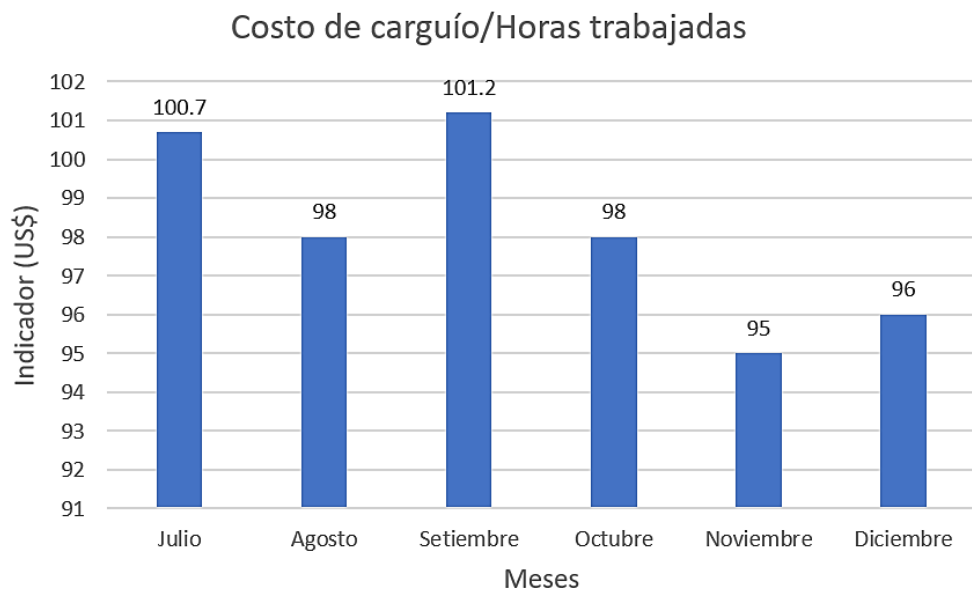
Análisis de Costo de carguío / Horas trabajadas (US\$/Hr)

Indica el costo de carguío por hora.

este parámetro se analizó en base al costo de alquiler que cubre todos los gastos que se tiene durante su operación.

Figura 31

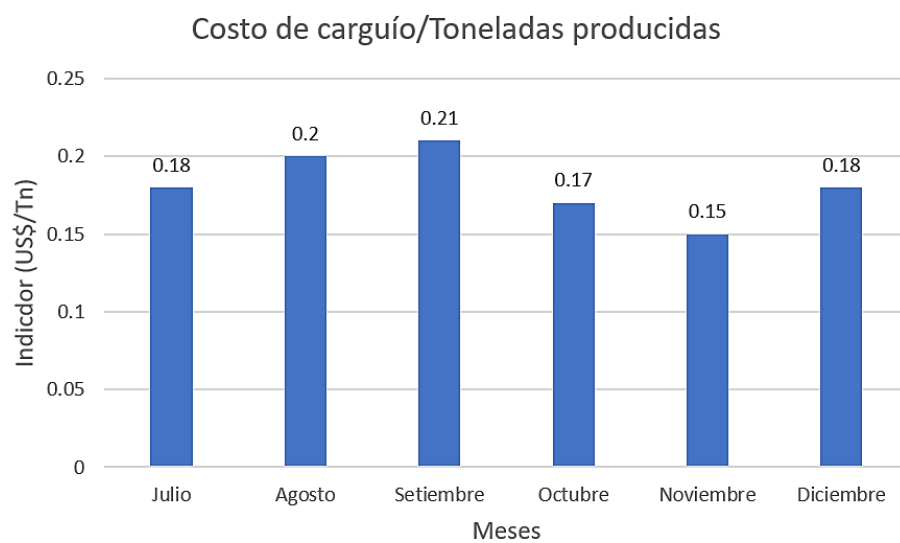
Análisis de Costo de carguío / Horas trabajadas (US\$/Hr)



Análisis de Costo de carguío / toneladas producidas (US\$/tn)

Figura 32

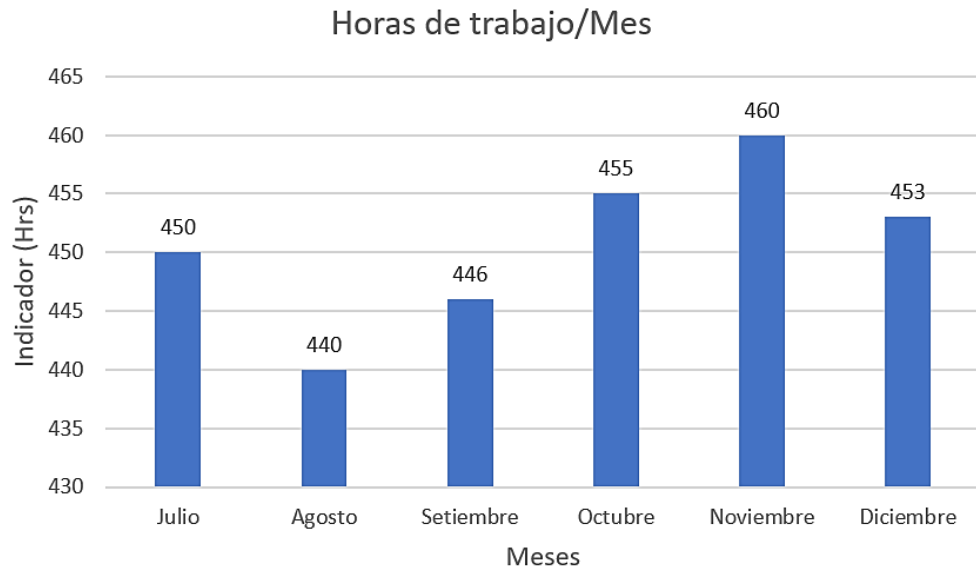
Análisis de Costo de carguío / toneladas producidas (US\$/tn)



Análisis de Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes)

Figura 33

Análisis de Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes)



Análisis Disponibilidad mecánica del equipo de carguío (% Disp. mecánica)

Se determino en base a las horas trabajadas en relación a las horas programadas por 100

% disponibilidad mecánica: $\text{Hrs trabajadas} / \text{Hrs programadas} \times 100$

% Disponibilidad. Mecánica: 65 %

Análisis de Porcentaje de Utilización del Equipo (% Utilización)

La utilización de los equipos se determinó en base a las horas que se usa dentro de las operaciones considerando los inconvenientes que se pueden presentar.

Porcentaje de utilización mecánica: 70%

Análisis de Porcentaje de Utilización del Equipo (% Utilización)

Se determino en función a la cantidad de paladas que se daría por volquete, en los volquetes de 20 m³ el tiempo determinado fue de 15 minutos.

4.2.5. Evaluación del desempeño para los equipos de acarreo

Tabla 11

Evaluación de los equipos de acarreo

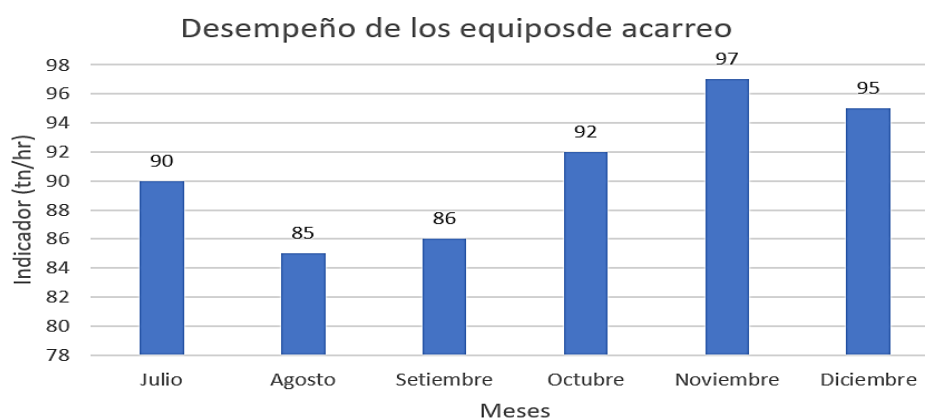
PARAMETROS	ACARREO					
	ANTES			DESPUES		
	Mes Jul.	Mes Agos.	Mes Set.	Mes Oct.	Mes Nov.	Mes Dic.
Desempeño para los equipos de acarreo						
Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)	3.8	3.6	3.9	4.0	3.9	4.1
Toneladas métricas producidas / Horas de carguío (TM/Hr)	95	92	93	97	100	98
Costo de acarreo / Horas trabajadas (US\$/Hr)	40.13	44.2	42.0	39.0	37.0	37.5
Costo de acarreo / Toneladas producidas (US\$/Tn)	0.43	0.42	0.39	0.37	0.37	0.38
Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes)	420	414	410	423	430	428
Disponibilidad mecánica del equipo de acarreo (% Disp. mecánica)	80	80	80	80	80	80
Porcentaje de Utilización del Equipo (% Utilización)	80	80	80	80	80	80
Horas de Acarreo / N° camiones (Min/Camión)	24	24	24	21	21	21

Se muestra por cada equipo luego se saca el promedio mediante un análisis estadístico

Análisis Desempeño de los equipos de acarreo (tn/hr)

Figura 34

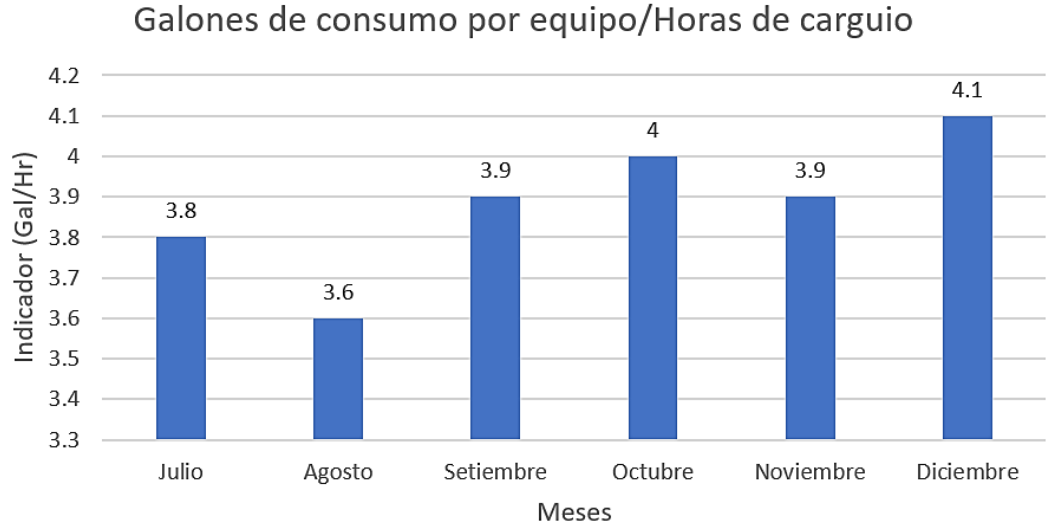
Desempeño de los equipos de acarreo (tn/hr)



Análisis de Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)

Figura 35

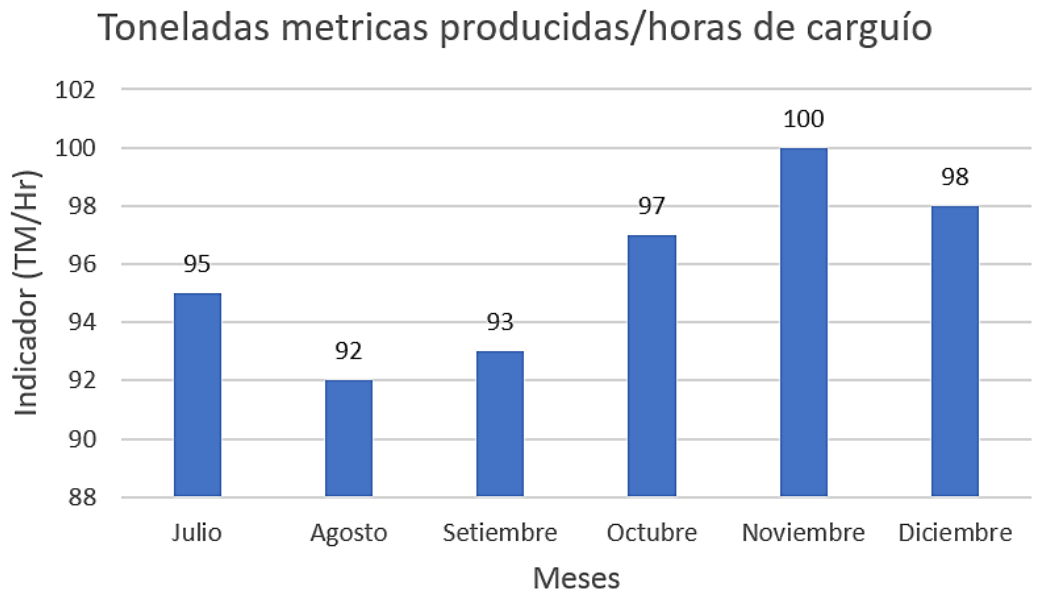
Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)



Análisis de Toneladas métricas producidas / Horas de acarreo (TM/Hr)

Figura 36

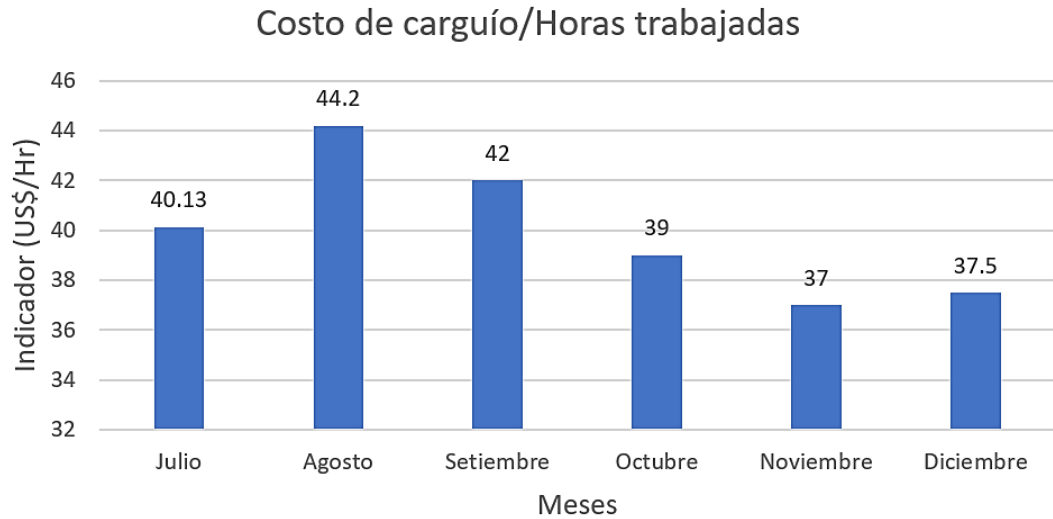
Toneladas métricas producidas / Horas de acarreo (TM/Hr)



Análisis de Costo de acarreo / Horas trabajadas (US\$/Hr)

Figura 37

Costo de acarreo / Horas trabajadas (US\$/Hr)

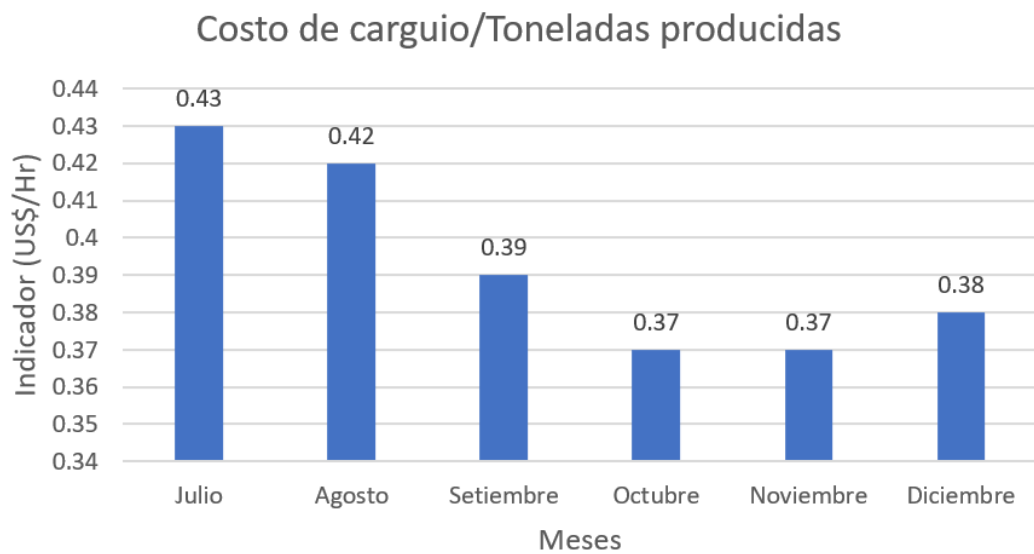


Este parámetro se analizó en base al costo de alquiler que cubre todos los gastos que se tiene durante su operación

Análisis de Costo de acarreo/ Toneladas producidas (US\$/Tn)

Figura 38

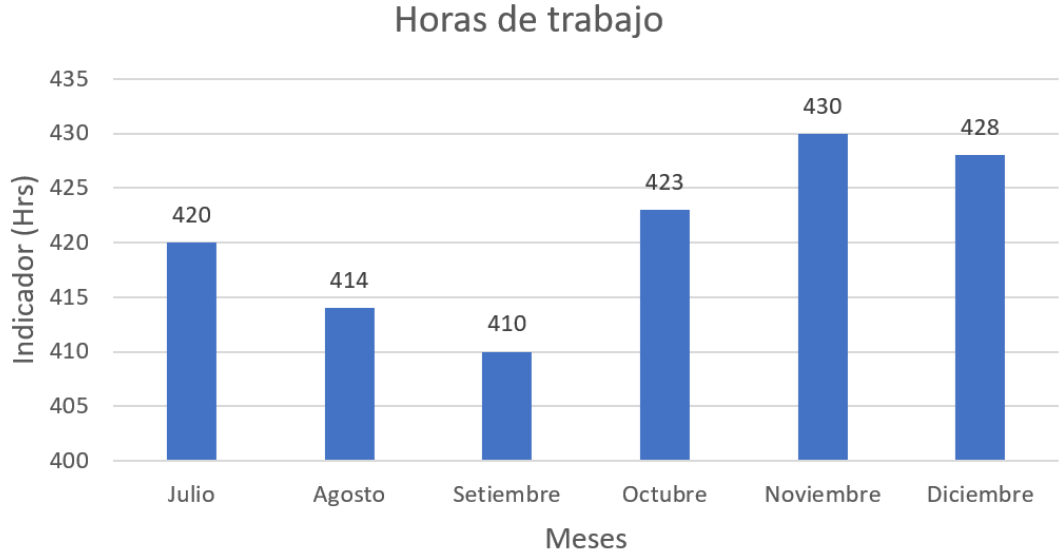
Costo de carguío / Toneladas producidas (US\$/Tn)



Análisis de Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes)

Figura 39

Análisis de Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes)



Análisis Disponibilidad mecánica del equipo de acarreo (% Disp. mecánica)

Se determino en base a las horas trabajadas en relación a las horas programadas por 100 y las horas trabajadas

% disponibilidad mecánica: $\text{Hrs trabajadas} / \text{Hrs programadas} \times 100$

% Disponibilidad. Mecánica: 65 %

Análisis de Porcentaje de Utilización del Equipo (% Utilización)

La utilización de los equipos se determinó en base a las horas que se usa dentro de las operaciones considerando los inconvenientes que se pueden presentar.

Porcentaje de utilización mecánica: 70%

Factores que dificultan la optimización del carguío y acarreo en las operaciones del tajo

En todo proceso de carguío y acarreo que se lleva a cabo en las operaciones mineras se presentas inconvenientes que hacen que no se cumplan con lo

programado los cuales tienen que detectarse oportunamente para su corrección, así tenemos los siguientes inconvenientes.

Factores negativos durante el carguío

- Voladura con granulometría alta
- Zona de carguío poco accesible
- Inicio de carguío muy tarde
- Falta de una programación de cambio de aceite y grasas
- El no cumplimiento de la programación de mantenimiento programado

Factores negativos durante el acarreo

- Falta de mantenimiento de las vías de acarreo
- El no cumplimiento del mantenimiento programado, así como el cambio de aceite, cambio de llantas etc.
- Vías de acarreo con cunetas defectuosas, produciendo aniegos en las vías
- Existencias de materiales excedentes en las bermas

4.2.6. Parámetros para el trabajo de los equipos de carguío y acarreo

Parámetros para la operación unitaria de perforación:

Para proceder a la optimización del carguío y acarreo se recurrió al dimensionamiento de los equipos de carguío y acarreo, en base a una toma de datos durante 6 meses de los parámetros de carguío y acarreo, perforación y voladura. Así tenemos:

Parámetros de operación unitaria de perforación

Tt = Tonelaje a remover por cada voladura (toneladas)

B = Burden (metros)

E = Espaciamiento (metros)

H = Altura de Banco (metros)

P = Pasadura (metros)

γ = Densidad de la Roca (toneladas/m³)

Tmb = Tonelaje a remover por metro perforado (toneladas)

Tap = Tonelaje a remover por área sometida a Perforación (toneladas)

T = Tonelaje total por período (toneladas)

Tenemos que:

$T_t = B \times E \times H \times \gamma$ (ton)

Con lo cual podremos obtener índices como:

$T_{mb} = T_t / (H + P)$ (ton/m)

$T_{ap} = T_t / (B \times E)$ (ton/m²)

Con lo cual podremos tener una aproximación de:

- Número de tiros necesarios por período, para cumplir con el programa de explotación de la mina (tiros o perforaciones):

$N_t = T / T_t$ (tiros)

- Metros barrenados requeridos por período, para cumplir con el ritmo de explotación de la mina (metros barrenados):

$M_{bt} = T / T_{mb}$ (mb)

- Área sometida a la perforación por período (metros cuadrados):

$A_{sp} = T / T_{ap}$ (m²)

Así mismo es necesario evaluar ciertas características de rendimiento de los equipos de perforación como son:

DFp = Disponibilidad física del equipo de perforación (%).

UTp = Utilización del equipo de perforación (%).

FOp = Factor operacional del equipo de perforación (%).

FR = Factor de Roca (%), que castiga la velocidad de perforación en función de la dificultad operacional que impone la roca.

TDp = Turnos a trabajar por día en perforación (turnos/día).

HTp = Horas trabajadas por turno en perforación (horas).

VP = Velocidad de perforación instantánea del equipo (mb/hora), determinada por catálogo.

Con estos datos se procede al cálculo del rendimiento del equipo de la siguiente manera:

Velocidad real de Perforación:

$$VPr = VP \times FR \times DFp \times UTP \times FOp \times 10^{-8} \text{ (mb/hra)}$$

Rendimiento por Turno:

$$MbT = VPr \times HTP \text{ (mb/turno)}$$

Rendimiento por Día:

$$MbD = MbT \times TDp \text{ (mb/día)}$$

Definiendo los días a trabajar por período en perforación como DPp, se tiene que el número de equipos requeridos para cumplir con la producción es:

$$N^{\circ} \text{ Equipos} = Mbt / (MbD \times DPp)$$

Resultado con el cual se realizará un análisis criterioso que permita definir un número entero de equipos para la operación (lo que incluye a los equipos de reserva).

Con los cálculos anteriormente presentados se evaluaron los estándares presentes en los equipos de perforación.

Parámetros para la operación unitaria de carguío

Dentro del dimensionamiento de la operación unitaria de carguío se tuvieron que evaluar una serie de cálculos dentro de los cuales se tienen.

T = Tonelaje total a mover por período (toneladas).

Vb = Volumen del balde del equipo de carguío (metros cúbicos).

FLc = Factor de llenado del equipo de carguío (%)

β = Esponjamiento del material (%).

FM = Factor del material que castiga el tiempo del ciclo de carguío por causa de alguna propiedad del material que haga más difícil su manipulación (%).

TCc = Tiempo de ciclo del carguío (horas).

DFc = Disponibilidad física del equipo de carguío (%).

UTc = Factor de utilización del equipo de carguío (%).

FOc = Factor operacional del equipo de carguío (%).

HTc = Horas trabajadas por turno del carguío (horas).

TDC = Turnos trabajados por día para el carguío (turnos/día).

DPc = Días por período para el carguío (días).

Y = Densidad del material (toneladas/metro cúbico).

Cc = Capacidad del equipo de carguío (toneladas por palada).

RHc = Rendimiento horario del equipo de carguío (toneladas/hora).

RDc = Rendimiento diario del equipo de carguío (toneladas/día).

La capacidad del equipo de carguío resulta de:

$$C_c = V_b \times F_{Lc} \times Y / (100 + \square) \text{ (ton/palada)}$$

El rendimiento horario de un equipo de carguío resulta de:

$$R_{Hc} = (C_c \times D_{Fc} \times U_{Tc} \times F_{Oc} \times F_M \times 10^{-8}) / T_{Cc} \text{ (ton/hra)}$$

“El rendimiento diario de un equipo de carguío resulta de:

$$R_{Dc} = R_{Hc} \times H_{Tc} \times T_{Dc} \text{ (ton/día)}$$

El rendimiento por período de un equipo de carguío resulta de:

$$R_{Pc} = R_{Dc} \times D_{Pc} \text{ (ton/período)}$$

El número de equipos requeridos para cumplir con la producción del período resulta de:

$$N^{\circ} \text{Equipos Carguío} = T / R_{Pc}$$

Parámetros para operación unitaria de acarreo

“T = Tonelaje total a mover por período (toneladas).

Cc = Capacidad del equipo de carguío (toneladas/palada).

Ctt = Capacidad del equipo de transporte (toneladas).

FLt = Factor de llenado del equipo de transporte (%).

TCc = Tiempo de ciclo del carguío (horas).

TCt = Tiempo de ciclo del transporte (horas).

TMt = Tiempo de maniobras del equipo de transporte (horas).

TVt = Tiempo de viaje del transporte (horas).

TVct = Tiempo de viaje del transporte cargado (horas).

TVdt = Tiempo de viaje del transporte descargado (horas).

DFt = Disponibilidad física del equipo de transporte (%).

UTt = Factor de utilización del equipo de transporte (%).

FOt = Factor operacional del equipo de transporte (%).

HTc = Horas trabajadas por turno del carguío o transporte (horas).

TDC = Turnos trabajados por día para el carguío o transporte (turnos/día).

DPc = Días por período para el carguío y transporte (días).

NP = Número de paladas para cargar al equipo de transporte.

RHt = Rendimiento horario del equipo de transporte (toneladas/hora).

RDt = Rendimiento diario del equipo de transporte (toneladas/día).

Además, tendremos que definir:

RD% = Resistencia a la Rodadura del equipo de transporte (%).

P% = Pendientes máximas a vencer por el equipo de transporte (%).

Perfiles de transporte del período para el equipo cargado (en Kilómetros)

como:

Dcht = Distancias Horizontales (pendiente 0%).

Dcst = Distancias en Subida (pendiente > 0%).

Dcbt = Distancias en Bajada (pendiente < 0%).

Dcct = Distancias en Curvas (con su respectiva pendiente).

Perfiles de transporte del período para el equipo descargado (en Kilómetros)

como:

Ddht = Distancias Horizontales (pendiente 0%).

Ddst = Distancias en Subida (pendiente > 0%).

Ddbt = Distancias en Bajada (pendiente < 0%).

Ddct = Distancias en Curvas (con su respectiva pendiente).

Velocidades desarrolladas por el equipo cargado (según catálogo, Km/hra)

como:

Vcht = Velocidades en distancias horizontales (pendiente 0%+RD%).

Vcst = Velocidades en subida (P% + RD%).

Vcbt = Velocidades en bajada (P% - RD%).

Vcct = Velocidades en curvas (P% +/- RD%).

Velocidades desarrolladas por el equipo descargado (según catálogo, Km/hra)

como:

Vdht = Velocidades en distancias horizontales (pendiente 0%+RD%).

Vdst = Velocidades en subida (P% + RD%).

Vdbt = Velocidades en bajada (P% - RD%).

Vdct = Velocidades en curvas (P% +/- RD%).

de lo cual se obtiene los siguientes parámetros

$TVct = (Dcht / Vcht) + (Dcst / Vcst) + (Dcbt / Vcbt) + (Dcct / Vcct)$ (hrs)

$TVdt = (Ddht / Vdht) + (Ddst / Vdst) + (Ddbt / Vdbt) + (Ddct / Vdct)$ (hrs)

$TVt = TVct + TVdt$ (hrs)

Entonces:

$TCt = TMt + NP \times TCc + TVt$ (hrs)”

El número de paladas necesarias para cargar al equipo de transporte está

dado por:

$NP = Ct / Cc$ (paladas),

Cuyo resultado tendrá que ser analizado de modo que NP sea un número entero operacionalmente aceptable, es decir compatible con la operación y los criterios de selección (análisis del FLt).

El rendimiento horario de un equipo de transporte resulta de:

$RHt = NP \times Cc \times DFt \times UTt \times FOt \times 10^{-6} / TCt$ (ton/hra),

Sabiendo que:

$FLt = NP \times Cc \times 100 / Ct$ (%),

Entonces el rendimiento horario de un equipo de transporte puede expresarse

Como:

$$RHt = FLt \times Ct \times DFt \times UTt \times FOt \times 10^{-8} / TCt \text{ (ton/hra),}$$

El rendimiento diario de un equipo de transporte resulta de:

$$RDt = RHt \times HTc \times TDc \text{ (ton/día),}$$

El rendimiento por período de un equipo de transporte resulta de:

$$RPt = RDt \times DPc \text{ (ton/período),}$$

Por lo tanto, el número de equipos requeridos para cumplir con la producción del período resulta de:

$$N^{\circ} \text{ Equipos Transporte} = T / RPt$$

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Costo de minado

Costo de minado de mineral

Tabla 12

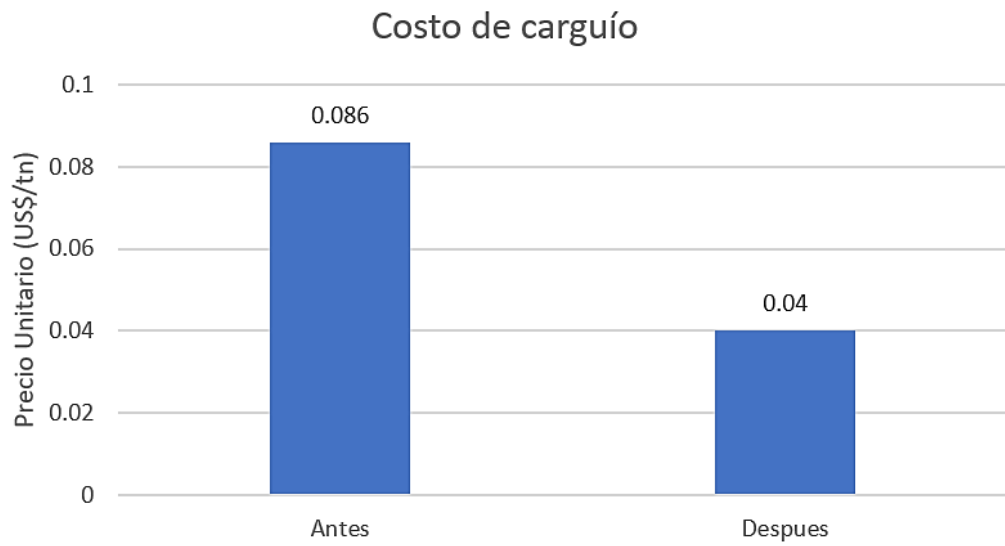
Costo de minado de mineral

MINERAL		
PROCESO	P.U. ANTES (\$/tn)	P.U. DESPUES (\$/tn)
Perforación	0.123	0.123
Voladura	0.02	0.02
Carguío	0.086	0.040
Acarreo menor a 1 km	0.218	0.205
Acarreo mayor a 1 km	0.119	0.110
Servicios	0.156	0.156
SUBTOTAL	0.722	0.654
GG. y utilidades	0.895	0.895
Total	1.617	1.549

Costo de carguío durante el minado de mineral

Figura 40

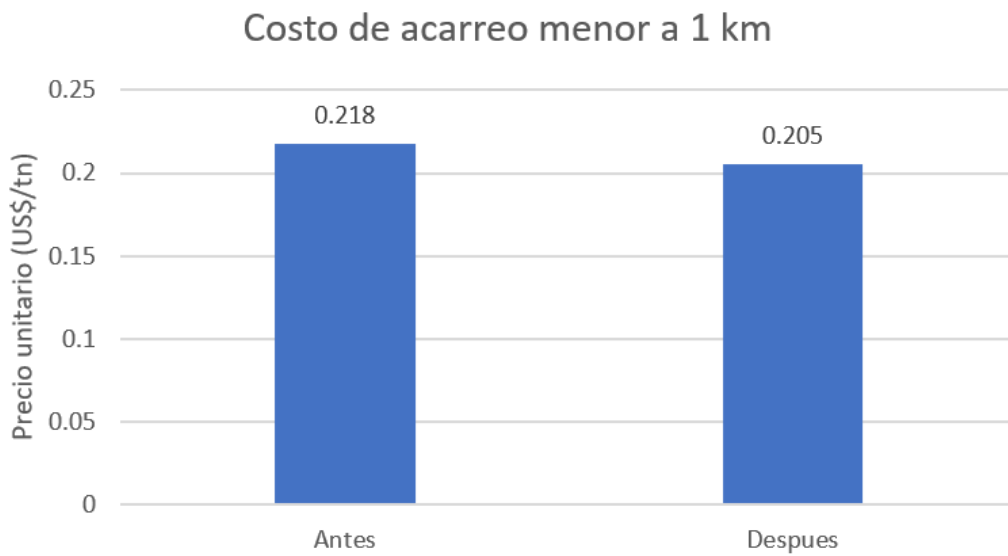
Costo de carguío durante el minado de mineral



Costo de acarreo menos de 1 km, en minado de mineral

Figura 41

Costo de acarreo menos de 1 km, en minado de mineral



Costo de acarreo mayor de 1 km, en minado de mineral

Figura 42

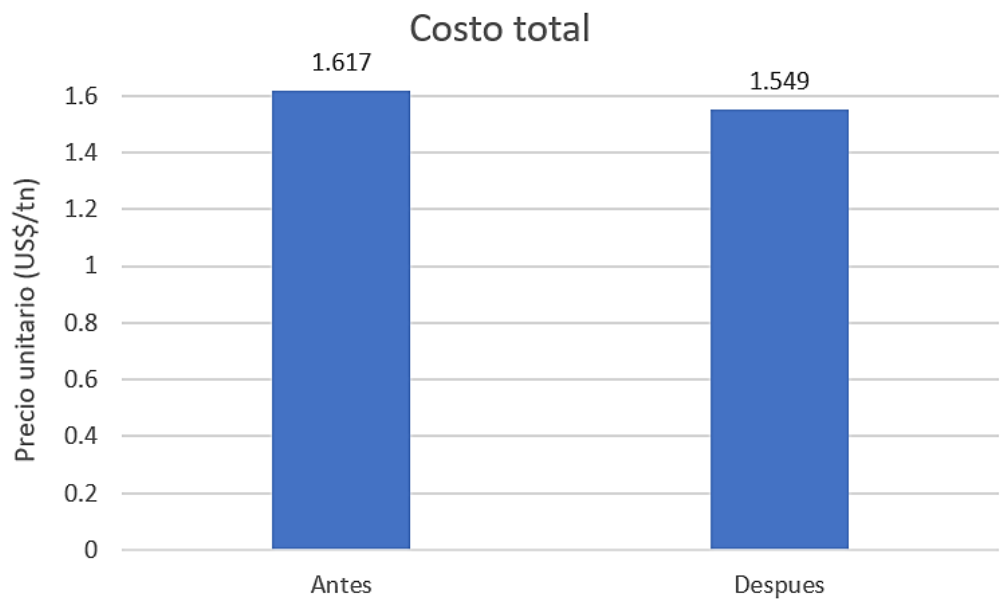
Costo de acarreo mayor de 1 km, en minado de mineral



Costo total de minado de mineral

Figura 43

Costo total de minado de mineral



Costo de minado de desmonte

Tabla 13

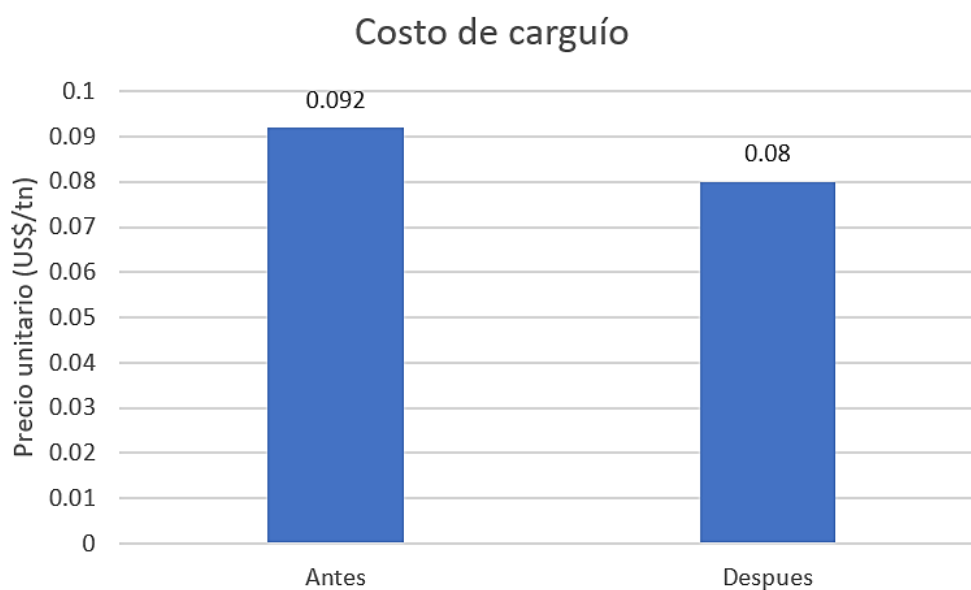
Costo de minado de desmonte

DESMONTE		
PROCESO	P.U. ANTES (\$/tn)	P.U. DSPUES (\$/tn)
Perforación	0.133	0.133
Voladura	0.021	0.021
Carguío	0.092	0.080
Acarreo menor a 1 km	0.235	0.225
Acarreo mayor a 1 km	0.255	0.245
Servicios	0.168	0.168
SUBTOTAL	0.905	0.872
GG. y utilidades	1.123	1.123
Total	2.028	1.995

Costo de carguío en minado de desmonte

Figura 44

Costo de carguío en minado de desmonte



Costo de acarreo menos de 1 km, en minado de desmonte

Figura 45

Costo de acarreo menos de 1 km, en minado de desmonte



Costo de acarreo mayor de 1 km, en minado de desmonte

Figura 46

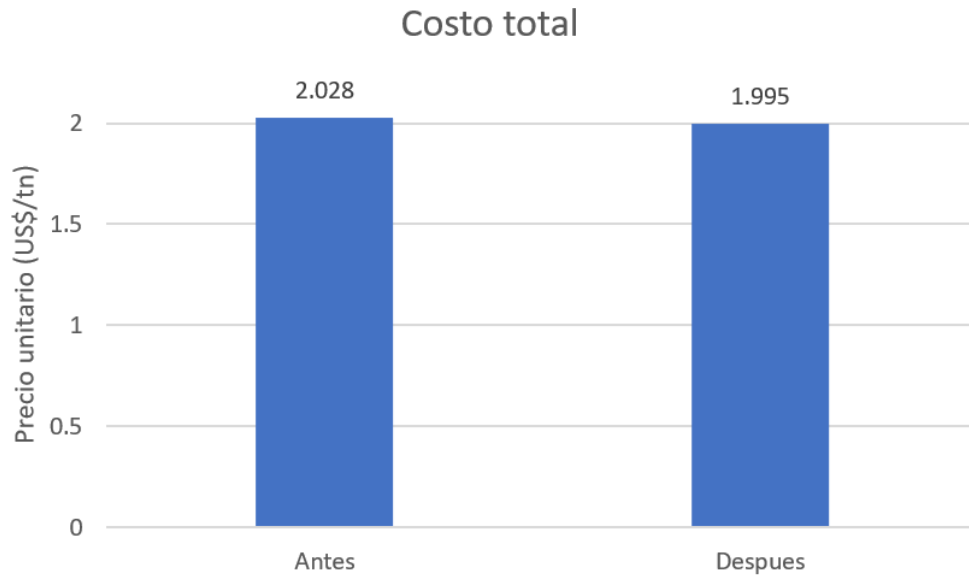
Costo de acarreo mayor de 1 km, en minado de desmonte



Costo total de minado de desmonte

Figura 47

Costo total de minado de desmonte



4.3.2. Velocidad promedio de los camiones cargado y vacío

Velocidad promedio cargado

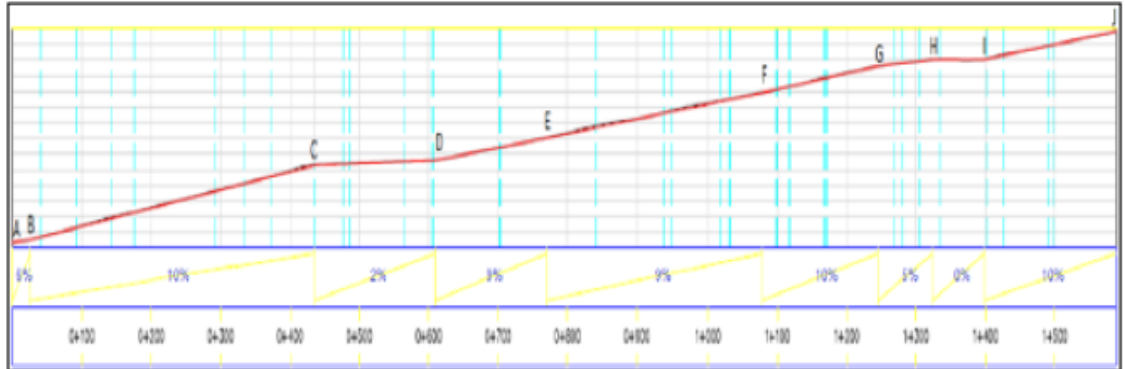
Tabla 14

Velocidad promedio cargado

VELOCIDAD PROMEDIO CARGADO									
Tramos	AB	BC	CD	DE	EF	FG	GH	HI	IJ
Pendiente	6%	10%	2%	9%	9%	10%	5%	0%	10%
Distancia (m)	25	411	174	160	308	166	78	76	152
Velocidad (km/hr)	14	13	15	13.5	13.5	13	14.5	16	13
Factor "p"	0.94	0.89	0.99	0.91	0.91	0.89	0.95	1	0.89
Factor "r"	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Velocidad corregida (km/hr)	12.9	11.34	14.55	12.04	12.04	11.34	13.5	15.68	11.34
Tiempo total de acarreo	0.13 hrs								
Velocidad promedio	12.13 km/hr								

Figura 47

Acarreo del material del tajo al ore pass



Velocidad promedio vacío

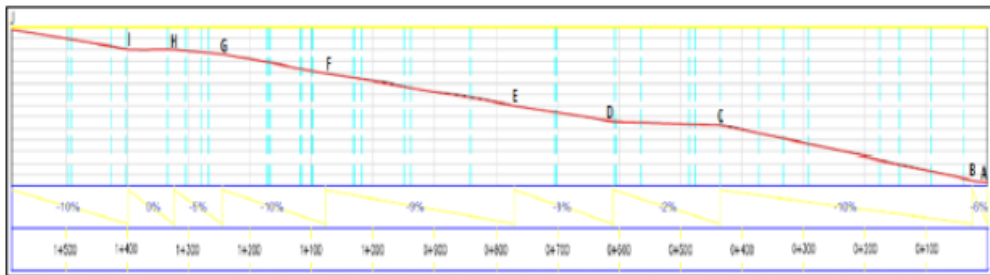
Tabla 15

Velocidad promedio vacío

VELOCIDAD PROMEDIO VACIO									
Tramos	JI	IH	HG	GF	FE	ED	DC	CB	BA
Pendiente	-10%	0%	-5%	-10%	-9%	-9%	-2%	-10%	-6%
Distancia (m)	152	76	78	166	308	160	174	411	25
Velocidad (km/hr)	13.1	25	14.5	13.1	13.5	13.5	16	13.1	14
Factor "p"	1.14	1	1.07	1.14	1.12	1.12	1.01	1.14	1.08
Factor "r"	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Velocidad corregida (km/hr)	14.64	24.5	15.2	14.64	14.82	14.82	15.84	14.64	14.82
Tiempo total de acarreo	0.1 hrs								
Velocidad promedio	15.15 km/hr								

Figura 48

Acarreo del material del tajo al ore pass



Para calcular el número de unidades de la flota de camiones en el tajo abierto

San Gerardo, haremos el estudio correspondiente:

Se considera lo siguiente:

Excavadora CAT 349 de 3.5 m³

Camiones de 20 m³. (Bazán, 2016)

4.3.3. Parámetros generales

Tabla 16

Parámetros generales

PARÁMETROS GENERALES		
Parámetro	Valor	Unidad
Capacidad de camión	20	M3
Capacidad de camión	13.8	BCM
Capacidad de camión real (promedio)	36	tn
Costo horario	48.34	\$/Hr
Costo de posesión	12.54	\$/Hr
Costo de operación	35.79	\$/Hr
Cantidad de llantas	12	#

4.3.4. Dimensionamiento del equipo de acarreo

Tabla 17

Numero de camiones de 20 m3

Numero de camiones de 20 m3							
Parámetro	Unidad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Número de camiones	N°	12	12	12	12	12	12
Consumo de combustible diésel	gl/hr	3.8	3.6	3.9	4.0	3.9	4.1
Número de pases equipo de carguío 3,2 m ³ balde	N°	5	5	5	5	5	5
Tiempo por baldada	Seg	18	18	18	18	18	18
Tiempo de carguío	min	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Velocidad de cargado	Km/hr	15	15	15	15	15	15
Tiempo de viaje de cargado	min	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
Tiempo de descarga	min	1	1	1	1	1	1
Velocidad de vacío	Km/hr	25	25	25	25	25	25
Tiempo de viaje vacío	min	7	7	7	7	7	7
Tiempo de espera y pérdidas	min	3	3	3	3	3	3
Tiempo de ciclo tramo 1-2 km	min	22	22	22	22	22	22
Total de horas operativas	Hr/mes	6,200	6,200	6,200	6,200	6,200	6,200
Disponibilidad	%	80	80	80	80	80	80
Utilización	%	80	80	80	80	80	80
Rendimiento	tn/hr	95	92	93	97	100	98
PRODUCCIÓN MENSUAL MATERIAL	tn	703,000	703,000	703,000	738,000	738,000	738,000
Requerimiento de camiones	N°	12	12	12	12	12	12

4.3.5. Productividad del tajo San Gerardo

Tabla 18

productividad del tajo San Gerardo

Productividad del tajo San Gerardo							
Parámetro	Unidad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Producción de mineral	tn/mes	130,424	130,424	130,424	146210	146210	146210
Producción de desmonte	tn/mes	573,000	573,000	573,000	592300	592300	592300
Producción de mineral	m ³ /mes	46,580	46,580	46,580	48320	48320	48320
Producción de desmonte	m ³ /mes	220000	220000	220000	228000	228000	228000
Producción total	m ³ /mes	266580	266580	266580	276320	276320	276320
Producción de mineral por día	m ³ /día	1594	1594	1594	1611	1611	1611
Producción de desmonte por día	m ³ /día	7346	7346	7346	7600	7600	7600
Capacidad de volquete	m ³	20	20	20	20	20	20
Horas programadas de trabajo	hrs	10	10	10	10	10	10
Ratio de desbroce		4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6

4.3.6. Dimensionamiento de los equipos de carguío

Tabla 19

Dimensionamiento de los equipos de Carguío

Dimensionamiento de los equipos de carguío							
Parámetro	Unidad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Volumen del balde del equipo de carguío	m3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Factor de llenado del equipo de carguío	%	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Esponjamiento del material	%	25	25	25	25	25	25
Factor del material de difícil manipulación	%	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Tiempo del ciclo de carguío	min	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Disponibilidad de equipo	%	80	80	80	80	80	80
Factor de utilización del equipo	%	87	87	87	87	87	87
Horas trabajadas por turno de carguío	hrs	10	10	10	10	10	10
Turno trabajadas por día	Turno/día	2	2	2	2	2	2
Días trabajadas por mes	días	30	30	30	30	30	30
Densidad del material	m3	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Capacidad del equipo de carguío	tn/cuchara	8	8	8	8	8	8
Rendimiento horario del equipo	tn/hr	565	560	545	580	575	570
N° de equipos de carguío	N°	3	3	3	3	3	3
Factor de acoplamiento equipos de carguío y acarreo	u	7	7	7	7	7	7

4.3.7. Dimensionamiento de los equipos de perforación

Tabla 20

Dimensionamiento de los equipos de perforación

Dimensionamiento de los equipos de perforación							
Parámetro	Unidad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Diámetro de perforación	mm	5	5	5	5	5	5
Burden	m	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65	3.65
Espaciamiento	m	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Angulo de inclinación de los taladros	grados	90	90	90	90	90	90
Longitud de perforación	m	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
Sobreperforacion	m	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Densidad de la roca	tn/m ³	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Tonelaje a remover/metro perforado	tn/m	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Tonelaje total por mes mineral y desmonte	tn/mes	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Disponibilidad física del equipo de perforación	%	85	85	85	85	85	85
Utilización del equipo de perforación	%	60	60	60	60	60	60
Factor operacional del equipo de perforación	%	60	60	60	60	60	60
Turno por día en perforación	turno/dia	2	2	2	2	2	2
Horas trabajadas por turno en perforación	Hrs/turno	7	7	7	7	7	7
Velocidad de perforación	Tal/hr	28	28	28	28	28	28
Taladros perforados por hora		8	8	8	8	8	8

4.4. Discusión de resultados

Al realizar la investigación se llegó a obtener los resultados en cuanto a la producción, los costos que significa en el carguío y el transporte los cuales refleja la mejora u optimización de estas operaciones unitarias.

Podemos observar estas mejoras en los siguientes resultados.

Realizado todos los cálculos y análisis respectivos presentamos los resultados que evidencian la optimización o mejora de las operaciones en el tajo San Gerardo, referente a la producción, costos de carguío, acarreo

Tabla 21

Resumen de resultados

Resumen de resultados			
Parámetros	Antes de la optimización	Después de la optimización	Diferencia
Producción de mineral (tn/mes)	130,424	146,210	15,786
Producción de desmonte (tn/mes)	573,000	592,300	19300
Costo de minado de mineral (\$/tn)	1.617	1.549	0.18
Costo de minado de desmonte (\$/tn)	2.028	1.995	0.33
Costo de carguío con mineral (\$/tn)	0.086	0.040	0.046
Costo de carguío con desmonte(\$/tn)	0.092	0.080	0.012
Costo de transporte con mineral (\$/tn)	0.337	0.315	0.022
Costo de transporte con desmonte (\$/tn)	0.490	0.470	0.020

Figura 49

Producción de mineral

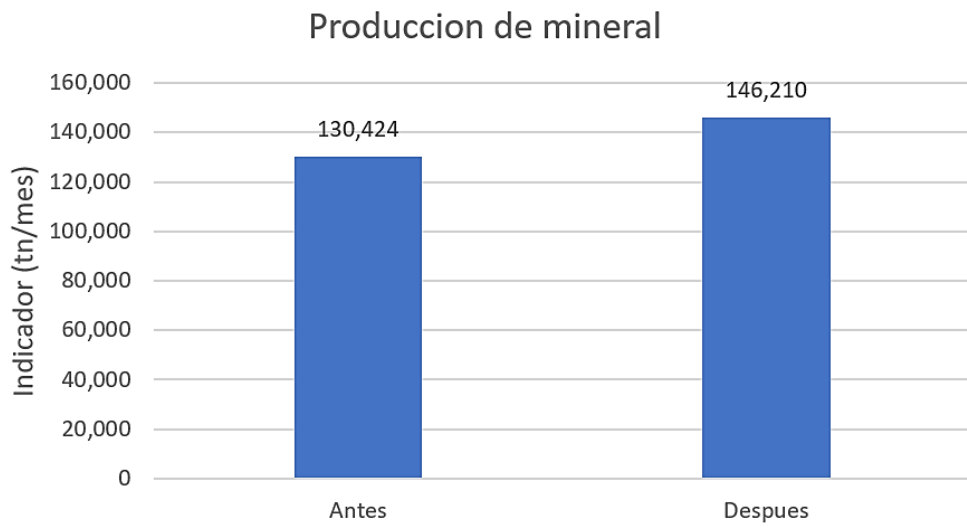


Figura 50

Producción de desmante

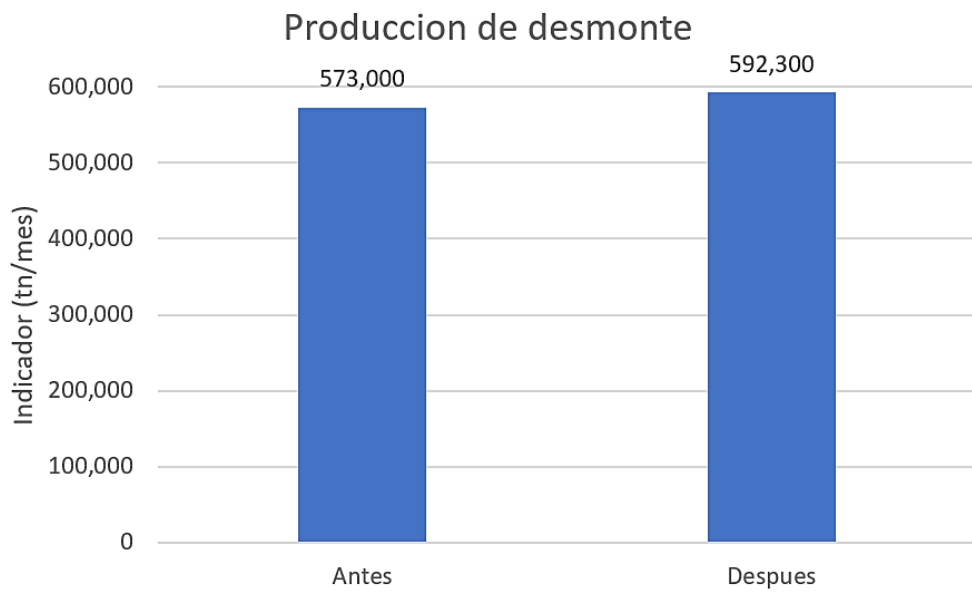


Figura 51

Costo de minado de mineral



Figura 52

Costo de minado de desmonte

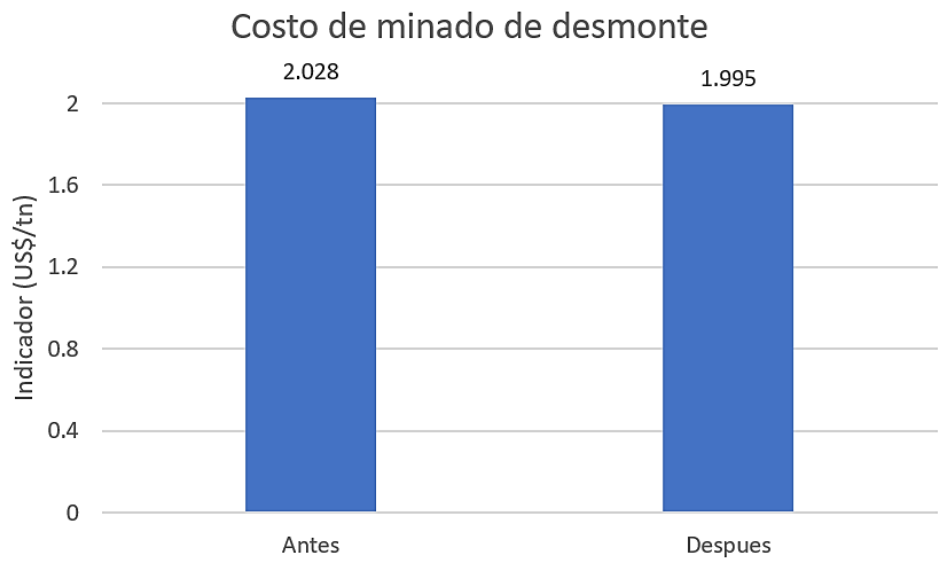


Figura 53

Costo de carguío con mineral

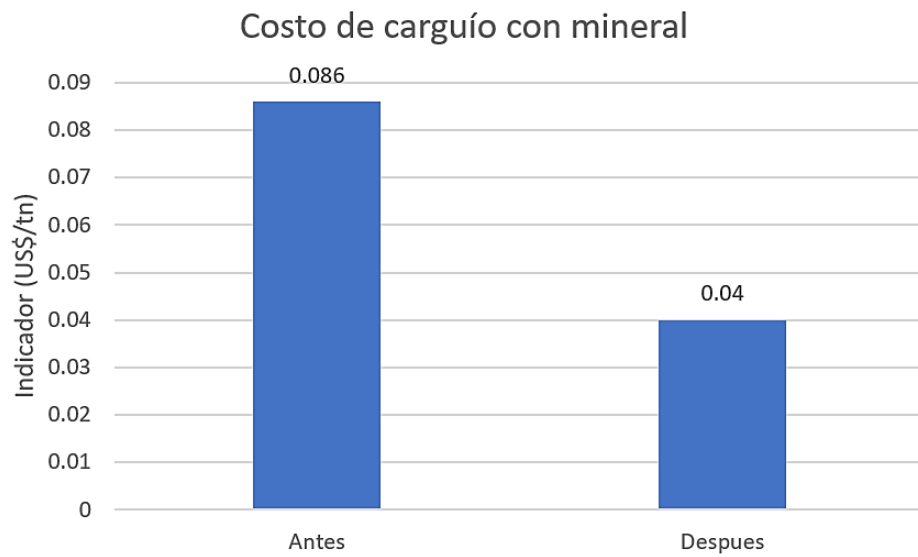


Figura 54

Costo de carguío con desmonte

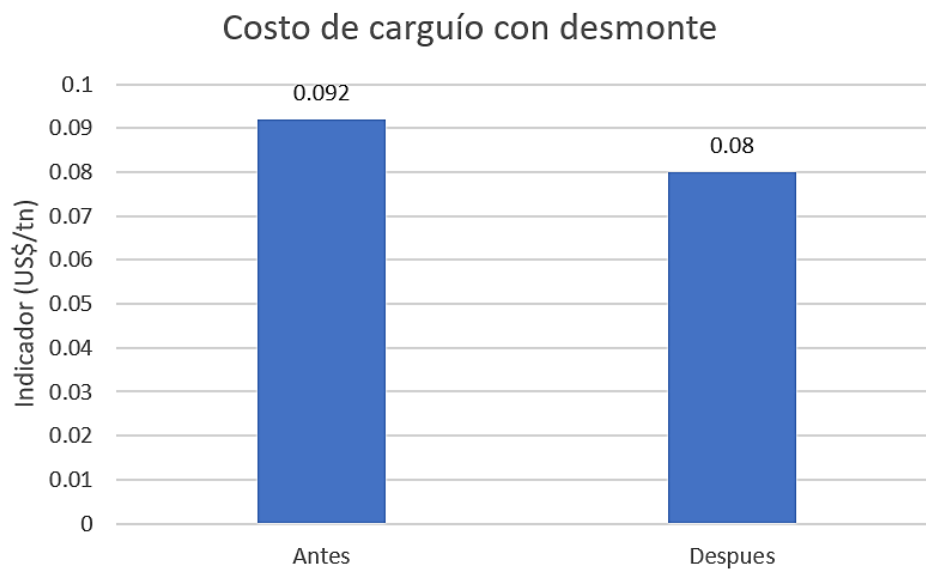


Figura 55

Costo de transporte con mineral

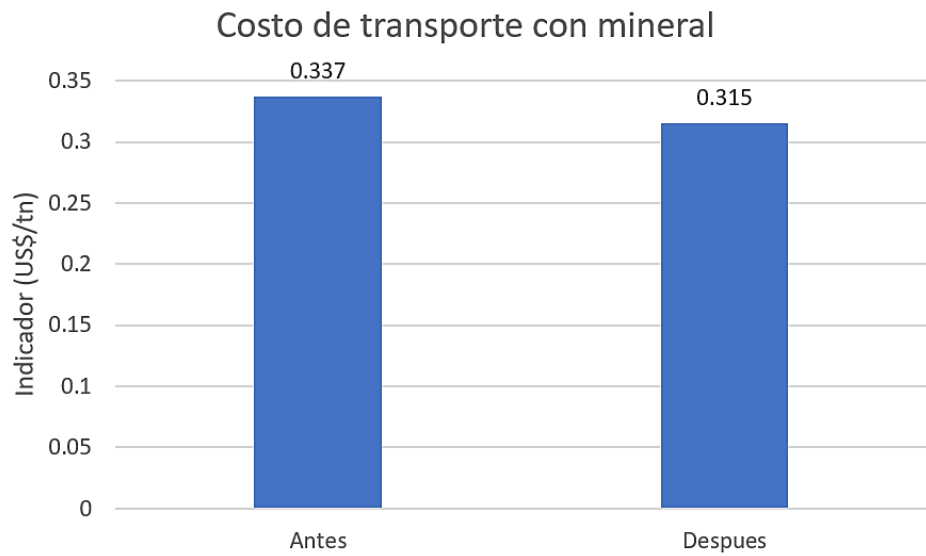
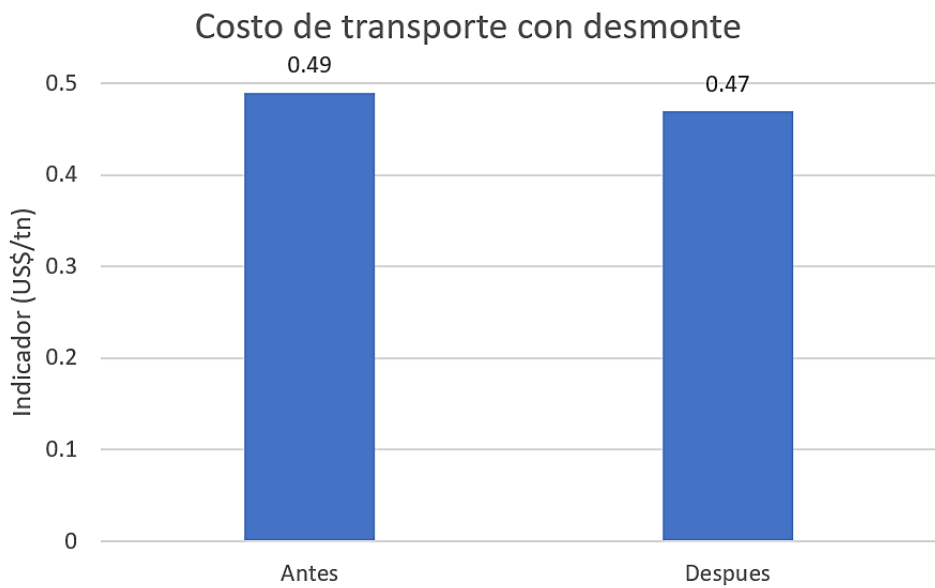


Figura 56

Costo de transporte con desmante



4.4.1. Análisis de resultados

Observando los resultados obtenidos al realizar la optimización vemos que se mejoró la producción de mineral, así en los meses de julio, agosto y setiembre la producción promedio de mineral fue de 130,424 tn/mes, después de la mejora realizada durante los meses de octubre, noviembre y diciembre se

obtuvo 146,210 tn/mes esto debido se planteó disminuir el recorrido del transporte y al haber hecho las correcciones de las dificultades encontradas

De igual manera en la producción de desmonte se elevó de 570000 tn/mes a 592300 tn/mes después de realizar la mejora cabe aclarar que en todos los procesos se contó con los mismos equipos, mismo personal tanto en el carguío como en el transporte.

En cuanto al proceso de carguío de mineral referente a sus costos vemos que se consiguió disminuir estos costos de 0.086 \$/tn que se tuvo antes de la mejora a 0.040 \$/tn después de la mejora en todos los gastos que se tenía en esta operación unitaria. Y en el proceso de carguío de desmonte referente a sus costos vemos que se consiguió disminuir estos costos de 0.092 \$/tn que se tuvo antes de la mejora a 0.080 \$/tn después de la mejora en todos los gastos que se tenía en esta operación unitaria.

Los costos de transporte de mineral también se lograron disminuir de 0.337 \$/tn antes de la mejora a 0.315 \$/tn después de la mejora, de igual manera en el transporte de desmonte también se logró disminuir de 0.490 \$/tn antes de la mejora a 0.470 \$/tn con la misma cantidad de unidades móviles

En cuanto a los costos de minado de mineral se observa que dichos costos también disminuyen de 1.617 \$/tn costo antes de la mejora a 1.549 \$/tn y el costos de minado de desmonte se observa que dichos costos también disminuyen de 2.028 \$/tn costo antes de la mejora a 1.995 \$/tn que se tuvo durante la optimización.

Estos resultados nos confirman la mejora realizada durante la optimización de los procesos de carguío y acarreo del mineral y desmonte en el tajo San Gerardo, concluyendo que la producción de mineral creció 15,786 tn/mes, la producción de desmonte aumento 19300 tn/mes,

Los costos de carguío de mineral disminuyo en 0.046 \$/tn, y los costos de carguío de desmonte disminuyo en 0.012 \$/tn,

En cuanto a los costos de transporte de mineral disminuyo en 0.022 \$/tn, y los costos de transporte de desmonte disminuyo en 0.020 \$/tn habiendo trabajado con los mismos recursos tanto de palas, camiones y otros equipos auxiliares.

Los costos de minado de mineral disminuyen también como se observa en el cuadro en un 0.18 \$/tn, y los costos de minado de desmonte disminuye también como se observa en el cuadro en un 0.33 \$/tn

CONCLUSIONES

1. Los trabajos de optimización se llevaron a cabo en el tajo San Gerardo, referente al acarreo y carguío habilitando la rampa Zeta, usando como equipos de acarreo los volquetes volvo, para el carguío las excavadoras CAT 349, para una producción mensual en promedio de mineral de 121,763 tn y de desmonte 602,000 tn.

2. La optimización de las operaciones de carguío y acarreo se realizó en base a los indicadores de control como el consumo de combustible, toneladas producidas, costo por tonelada, horas trabajadas, disponibilidad, utilización.

3. Durante la optimización se detectó factores negativos que dificultan el trabajo normal de los equipos pudiendo mencionar a los siguientes.

Factores negativos durante el carguío

- Voladura con granulometría alta
- Zona de carguío poco accesible
- Inicio de carguío muy tarde
- Falta de una programación de cambio de aceite y grasas
- El no cumplimiento de la programación de mantenimiento programado

Factores negativos durante el acarreo

- Falta de mantenimiento de las vías de acarreo
- El no cumplimiento del mantenimiento programado, así como el cambio de aceite, cambio de llantas etc.
- Vías de acarreo con cunetas defectuosas, produciendo aniegos en las vías
- Existencias de materiales excedentes en las bermas

4. Los resultados que evidencian la optimización o mejora de las operaciones en el tajo San Gerardo, referente a la producción, costos de carguío, acarreo son.

Tabla 22*Resultados*

RESULTADOS			
Parámetros	Antes de la optimización	Después de la optimización	Diferencia
Producción de mineral (tn/mes)	130,424	146,210	15,786
Producción de desmote (tn/mes)	573,000	592,300	19300
Costo de minado de mineral (\$/tn)	1.617	1.549	0.18
Costo de minado de desmote (\$/tn)	2.028	1.995	0.33
Costo de carguío con mineral (\$/tn)	0.086	0.040	0.046
Costo de carguío con desmote(\$/tn)	0.092	0.080	0.012
Costo de transporte con mineral (\$/tn)	0.337	0.315	0.022
Costo de transporte con desmote (\$/tn)	0.490	0.470	0.020

RECOMENDACIONES

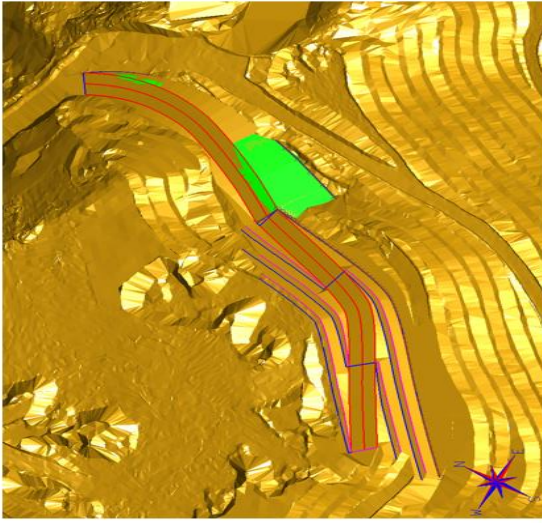
1. Se recomienda realizar periódicamente estos tipos de evaluaciones para poder mejorando los procesos productivos en el tajo San Gerardo.
2. Los factores negativos detectados durante el carguío y el acarreo deben ser corregidos a tiempo para evitar que se altera en ciclo normal del proceso productivo.
3. Se debe evaluar procesos similares de otras minas con el fin de ver el desempeño de nuestras operaciones y poder corregirlo si no estamos dentro de los estándares fijados.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, R. (2021). *Incremento de la rentabilidad económica optimizando la operación transporte de mineral en la E.C.M. Martínez Contratistas e Ingeniería S. A.Unidad Minera Atacocha.* [tesis de licenciatura. U. Continental] repositorio institucional U. Continental.
- Barreto, L. (2017). *“OPTIMIZACION DEL NUMERO DE CAMIONES 785C CAT Y CARGADOR FRONTAL 992K CAT MEDIANTE EL MATCH FACTOR EN LA RUTA MINERAL – STOCK PILE ANTAPACCAY – CHANGADORA TINTAYA SAN MARTIN CONTRATISTAS GENERALES S.A.”.* [tesis de licenciamiento, U.N. de San Agustin de Arequipa]repositorio institucional U.N. de San Agustin de Arequipa.
- Checya, D. (2015). *GESTIÓN DE LA OPERACIÓN DE EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE CARGUÍO Y ACARREO EN LA MINA ANTAPACCAY.* [tesis de licenciatura. U.N.de San Agustin de Arequipa] repositorio institucional U.N.de San agustin de Arequipa.
- Huarocc, P. (2014). *“OPTIMIZACION DEL CARGUIO Y ACARREO DE MINERAL MEDIANTE EL USO DE INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO U.M.CHUCO II DE LA E.M. UPKAR MINING S.A.C.”.* [tesis de licenciamiento, U.N.dl Centro del Peru]repositorio institucional U.N.del Centro del Peru.
- Neyra, A. (2020). *Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto.* [tesis repositorio. U.N.Daniel Alcides Carrion] repositorio institucional U.N.Daniel Alcides Carrion.
- Segama, R. (2019). *Incremento de productividad mediante optimización del sistema de transporte con camiones en el Tajo Norte – Sociedad Minera El Brocal.* [tesis de licenciamiento, U.N.del Centro del Peru] repositorio institucional U.N.del Centro del Peru.

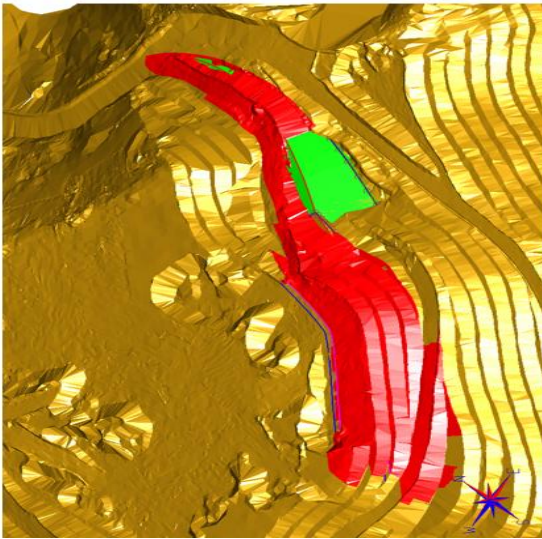
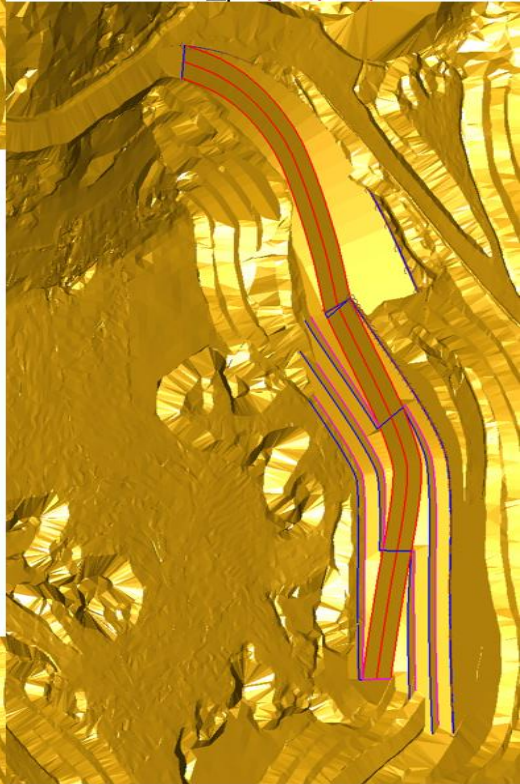
ANEXO

DISEÑO DE LA RAMPA DE DISEÑO



DISEÑO RAMPA Z

- Ancho Rampa = 13,00 m.
- Talud de relleno = 37°.
- Pendiente Rampa 12%



FORMATO DE CUADRO RESUMEN DE DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

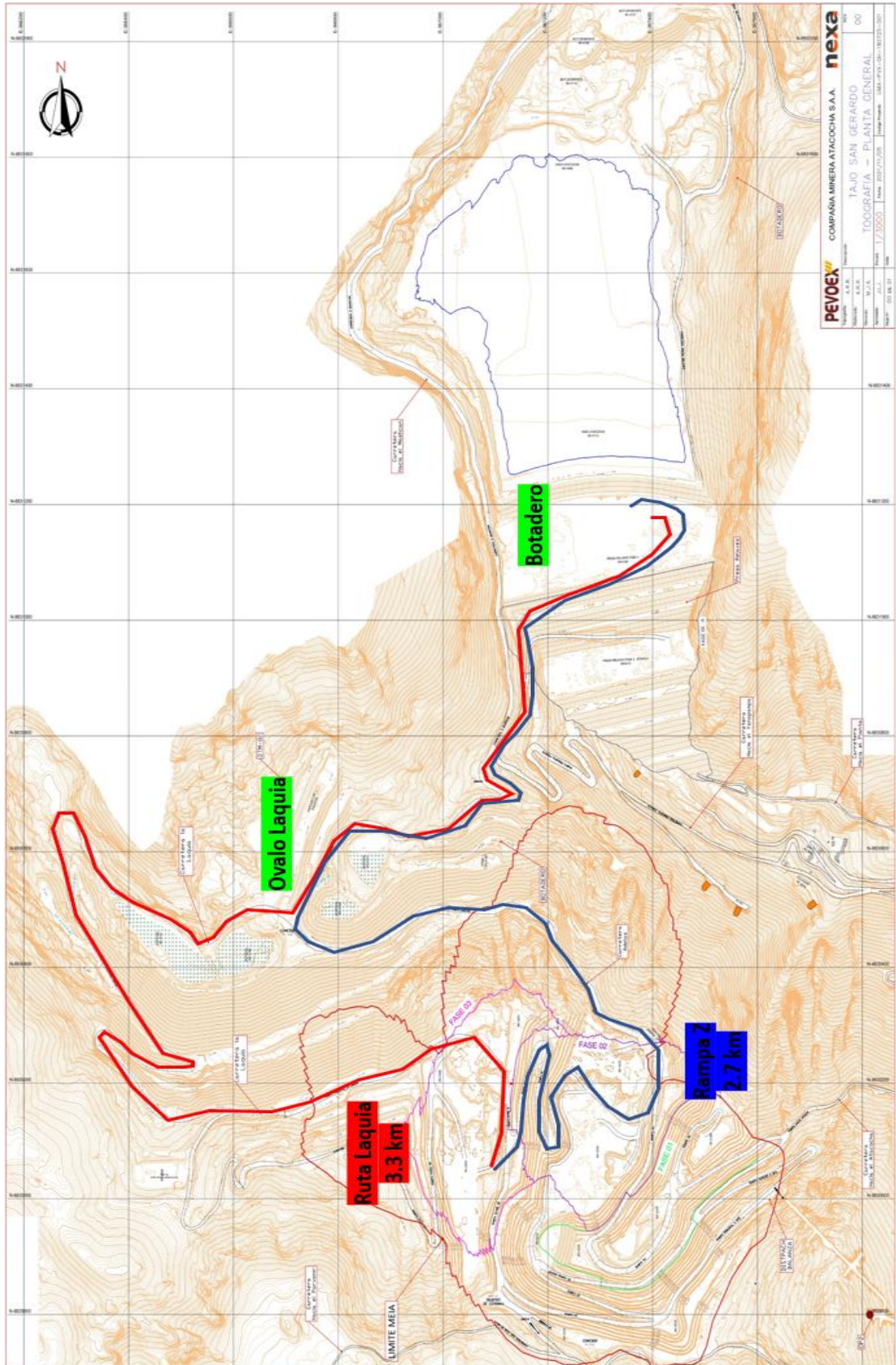
CARGUÍO						
	ANTES			DESPUÉS		
	A	B	C	D	E	F
Desempeño para los equipos de carguío						
Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)						
Toneladas métricas producidas / Horas de carguío (TM/Hr)						
Costo de carguío / Horas trabajadas (US\$/Hr)						
Costo de carguío / Toneladas producidas (US\$/Tn)						
Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes)						
Disponibilidad mecánica del equipo de carguío (% Disp. mecánica)						
Porcentaje de Utilización del Equipo (% Utilización)						
Horas de carguío / N° camiones (Min/Camión)						

ACARREO						
	ANTES			DESPUES		
	A	B	C	D	E	F
Desempeño para los equipos de carguío						
Galones de consumo por equipo / Horas trabajadas (Gal/Hr)						
Toneladas métricas producidas / Horas de carguío (TM/Hr)						
Costo de carguío / Horas trabajadas (US\$/Hr)						
Costo de carguío / Toneladas producidas (US\$/Tn)						
Horas de trabajo / Mes (Hrs trabajo/Mes)						
Disponibilidad mecánica del equipo de carguío (% Disp. mecánica)						
Porcentaje de Utilización del Equipo (% Utilización)						
Horas de carguío / N° camiones (Min/Camión)						

FORMATO DE REGISTRO DE CONTROL DE DATOS DE VOLQUETES

Número de camiones de 20 m ³							
Parámetro	Unidad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Número de camiones	N°						
Consumo de combustible diésel	gl/hr						
Número de pases equipo de carguío 3,5 m ³ balde	N°						
Tiempo por baldada	Seg						
Tiempo de carguío	min						
Velocidad de cargado	Km/hr						
Tiempo de viaje de cargado	min						
Tiempo de descarga	min						
Velocidad de vacío	Km/hr						
Tiempo de viaje vacío	min						
Tiempo de espera y pérdidas	min						
Tiempo de ciclo tramo 1-2 km	min						
Total de horas operativas	Hr/mes						
Disponibilidad	%						
Utilización	%						
Horas por camión operativas	hr/mes						
Rendimiento	tn/hr						
PRODUCCIÓN MENSUAL MATERIAL	tn						
Requerimiento de camiones	N°						

RUTAS DE TRASLADO DE DESMORTE DEL TAJO SAN GERARDO HACIA EL BOTADERO



Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General</p> <p>¿Se puede optimizar las operaciones de acarreo y carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”?</p>	<p>General</p> <p>Optimizar las operaciones de acarreo y carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”.</p>	<p>General</p> <p>Es posible optimizar las operaciones de acarreo y carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”.</p>	<p>Variable Independiente(X)</p> <p>X=Habilitar Rampa Zeta</p> <p>Variable Independiente(Y)</p> <p>Y=Optimización de las operaciones de acarreo y carguío</p>	<p>Nivel: Descriptivo explicativo</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Método: Método de analisis y sintesis.</p> <p>Diseño: No experimental</p>
<p>Específico 1</p> <p>¿Cómo podemos optimizar las operaciones de acarreo al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”?</p>	<p>Específico 1</p> <p>Optimizar las operaciones de acarreo al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”.</p>	<p>Específico 1</p> <p>Es posible optimizar las operaciones de acarreo al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”</p>	<p>Variable Independiente(X)</p> <p>X=Habilitar Rampa Zeta</p>	

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Específico 2</p> <p>¿Se puede optimizar las operaciones de carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”?</p>	<p>Específico 2</p> <p>Optimizar las operaciones de carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”.</p>	<p>Específico 2</p> <p>Es posible optimizar las operaciones de carguío al habilitar la “Rampa Zeta en el tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha”</p>	<p>Variable Dependiente(Y)</p> <p>Y=Optimización de las operaciones de acarreo</p>	
<p>¿Cómo la reducción de vía influye en el mejoramiento de transporte y acarreo en el Tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha?</p>	<p>Mejorar la productividad del sistema de carguío y transporte en el Tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha.</p>	<p>La aplicación de ruta mas corta para el trasporte y acarreo incrementaria la productividad en el Tajo San Gerardo de la Unidad Minera Atacocha.</p>		