



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad de Geología –Minas
Departamento de Minas

Trabajo de Diploma
Presentado en opción al Título de Ingeniero de Minas

DISEÑO DE LA APERTURA DEL YACIMIENTO “CALIZAS CHAMBAS SECTOR I”

Autora: Karenia Tito Revé

Moa, 2017

..



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad de Geología –Minas
Departamento de Minas

Trabajo de Diploma presentado en opción al Título de Ingeniero de Minas

DISEÑO DE LA APERTURA DEL YACIMIENTO “CALIZAS CHAMBAS SECTOR I”

Autora: Karenia Tito Revé

Tutores: Dr. C. Ramón Polanco almanza

Ms. C Gilberto Palacio

Moa, 2017

DEDICATORIA

A mis queridos padres Héctor Julio Tito Tito y Mayda Revé Quiala por la educación, el amor, la confianza y el apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi vida, por estar para mí siempre que lo necesito y por ser los mejores padres del mundo, los amo.

A mi hermanito Jose Ernesto Tito Revé.

A mi querida abuela Caridad Calzadilla que Dios la tenga en su Gloria.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor infinito a pesar de no merecerlo.

A mis padres, dignos merecedores de mi más profundo agradecimiento.

A José Labañino Felicó por estar siempre a mi lado, amarme, respetarme y brindarme su apoyo y ayuda siempre que lo necesite, por todo tu amor, gracias.

A la familia Labañino Felicó por acogerme en su casa como a una hija'.

A mis tutores Dr. C. Ramón Polanco Almanza y Ms. C. Gilberto Palacio por la atención brindada.

A todo el colectivo de trabajo de la EMCCA.

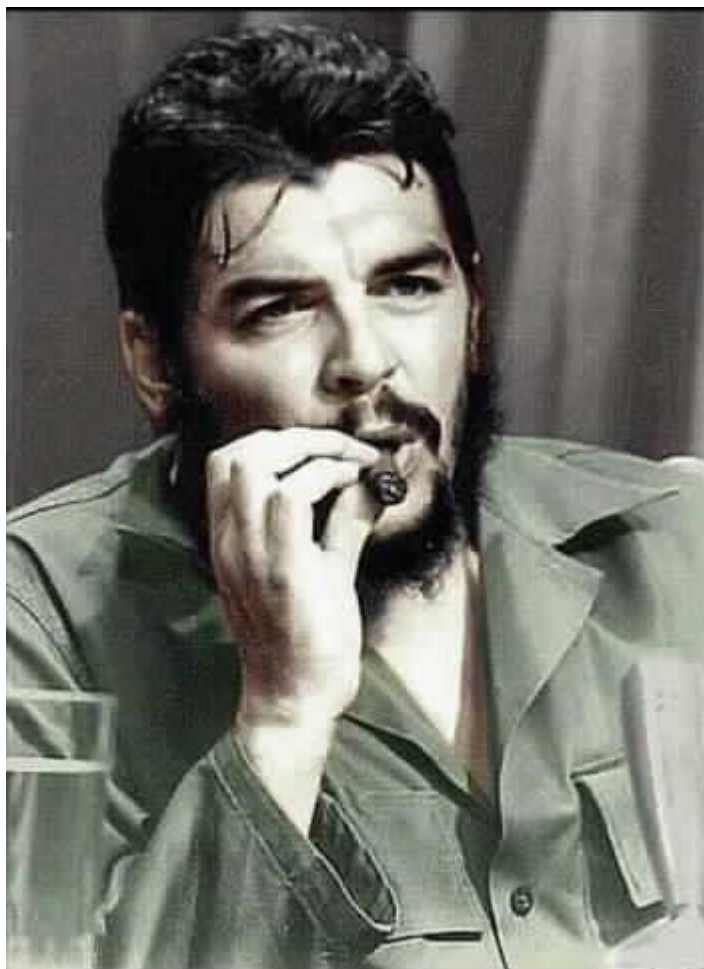
A Héctor Esparraguera por siempre responder a mis preguntas.

A mis amigos y amigas, los verdaderos, que estuvieron a mi lado siempre sin importar las circunstancias, gracias

A mis compañeros de aula que estuvieron a mi lado durante estos cinco años, especialmente a los que me brindaron su ayuda siempre que la necesité y aunque no pueda mencionarlos a todos siempre estarán en mi corazón.

A Juan Manuel Reyes Gómez por toda su ayuda y paciencia. Gracias

PENSAMIENTO



“Todos y cada uno de nosotros paga puntualmente su cuota de sacrificio consciente de recibir el premio en la satisfacción del deber cumplido, conscientes de avanzar con todos hacia el hombre nuevo que se vislumbra en el horizonte”.

A stylized, handwritten signature in black ink.

RESUMEN

En el presente trabajo se diseñó el método de apertura para un nuevo frente de arranque en el yacimiento “Calizas Chambas Sector I” de la Empresa de Materiales para la Construcción de Ciego de Ávila con el fin de garantizar el suministro de material útil para una nueva planta de beneficio. Para el diseño de la apertura se realizaron los cálculos del destape de la capa vegetal existente en el área, así como el cálculo del equipamiento necesario para el desarrollo minero.

Se realizaron los cálculos de los parámetros y el equipamiento para el diseño de apertura y del pasaporte de perforación y voladura. Luego se determinaron los costos para la ejecución de la apertura, se identificaron los impactos que ocasiona la minería al medio ambiente, se proponen las medidas necesarias para mitigar estos impactos así como para la seguridad y salud en el trabajo.

Palabras claves: Cantera, apertura, trinchera.

ABSTRAC

In the present work the method of opening a new front was designed in the orebody “Calizas Chambas Sector I” of the Construction Materials Company of Ciego de Avila in order to guarantee the supply of useful material for a new benefit plant. To design the opening, the calculations of the stripping of the existing vegetal layer in the area were carried out, as well as the calculation of the necessary equipment for the mining development.

The calculations of the parameters and the equipment for the opening design and of drilling and blasting were made. Then the costs were determined for the execution of the opening, the impacts of mining on the environment were identified, the necessary measures are proposed to mitigate these impacts as well as for safety and health at work.

Keywords: Quarry, opening, trench

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPITULO I: CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO DEL YACIMIENTO | 3 |
| 1.1 Ubicación geográfica..... | 3 |
| 1.2 Caracterización geológica del yacimiento..... | 4 |
| 1.2.1 Geología..... | 4 |
| 1.2.2 Características Litológicas | 5 |
| 1.2.3 Relieve | 5 |
| 1.2.4 Clima | 5 |
| 1.2.5 Vías de Comunicación | 6 |
| 1.2.6 Tectónica | 6 |
| 1.2.7 Hidrogeología..... | 6 |
| 1.2.8 Afluencia de agua en la cantera..... | 6 |
| 1.2.9 Estabilidad del macizo | 6 |
| 1.2.10 Agrietamiento..... | 7 |
| 1.2.11 Propiedades físico mecánicas de las rocas..... | 7 |
| 1.2.12 Recursos y reservas minerales de caliza para áridos en el yacimiento | 8 |
| CAPÍTULO II: LABORES MINERAS EN EL YACIMIENTO "CALIZAS CHAMBAS SECTOR I" | 10 |
| 2.1 Sistema de explotación y operaciones mineras..... | 10 |
| 2.3 Tecnología de los trabajos mineros..... | 10 |
| 2.4 Trabajos de arranque-carga y transporte | 10 |
| 2.2 Caracterización del nuevo frente..... | 11 |
| 2.5 Caminos mineros..... | 12 |
| 2.6 Labores de destape..... | 13 |
| 2.7 Labores de apertura..... | 13 |
| 2.7.1 Método de apertura | 13 |
| 2.8 Sustancias explosivas utilizadas..... | 14 |
| 2.8.1 Detonadores utilizados | 15 |
| 2.9 Drenaje..... | 17 |
| 2.10 Escombrera | 17 |
| 2.11 Metodología utilizada para el cálculo del equipamiento..... | 18 |

| | | |
|--|---|----|
| 2.12 | Metodología utilizada para el cálculo de apertura..... | 23 |
| 2.12.1 | Diseño de la trinchera de acceso y de corte | 23 |
| 2.12.2 | Metodología de cálculo utilizada para el pasaporte de perforación y voladura | 25 |
| 2.13 | Régimen de trabajo de la apertura | 28 |
| CAPITULO III: RESULTADOS DEL PROYECTO..... | | 30 |
| 3.1 | Resultados del cálculo del equipamiento utilizado en las labores de destape | 30 |
| 3.2 | Resultados de los cálculos para el diseño de las trincheras | 32 |
| 3.3 | Resultados de los cálculos de perforación y voladura..... | 33 |
| 3.4 | Régimen de trabajo en la apertura..... | 37 |
| 3.5 | Seguridad y salud en el trabajo | 37 |
| CAPITULO IV: EVALUACIÓN ECONÓMICA | | 42 |
| 4.1 | Gastos directos que se originan durante las labores de destape y escombreo | 42 |
| CONCLUSIONES..... | | 45 |
| RECOMENDACIONES..... | | 46 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 47 |
| ANEXOS | | 48 |

INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad necesaria para el desarrollo de todo país que se ha incrementado con el paso de los años y se ha convertido en una necesidad para la sociedad puesto que la mayoría de los materiales y equipos utilizados por los seres humanos contienen distintos tipos de minerales. La comercialización de los minerales extraídos en cualquier parte del mundo aumenta y disminuye significativamente en dependencia de su calidad, valor e intereses del mercado.

La explotación minera de las rocas calizas para la fabricación de cemento y áridos se consideraba hasta hace poco tiempo como un recurso de poco valor, sin embargo, la acelerada demanda de áridos para la construcción fue aumentando debido a la producción de agregados para concreto y piedra picada para obras civiles en general. (Herrera Herbert, 2007)

En Cuba, la explotación de canteras constituye un eslabón fundamental para el desarrollo del país. El yacimiento “Calizas Chambas Sector I” ubicado en el municipio homónimo en la provincia de Ciego de Ávila tiene en la actualidad un gran peso en la producción global de áridos para hormigones de resistencia dentro de la provincia (más del 60 %), debido a la accesibilidad y facilidad de su transportación hacia las obras constructivas y a la calidad de sus producciones. Debido a que este yacimiento es el único que abastece a la provincia de áridos tanto para obras civiles como militares y principalmente para la construcción de instalaciones destinadas al turismo como es el caso de los nuevos hoteles en la cayería norte no se ha podido satisfacer la creciente demanda de grandes volúmenes de áridos a pesar de contar con dos plantas de beneficio; por esta causa la empresa decidió efectuar la implementación de una nueva planta de beneficio para aumentar la productividad de la cantera, y de aquí surge el siguiente problema:

Problema

Necesidad de diseñar el esquema de apertura del yacimiento “Calizas Chambas Sector I” para asegurar el suministro de materia prima mineral a una nueva planta de beneficio.

Objeto de estudio

Métodos de apertura de yacimientos de materiales de construcción a cielo abierto.



Objetivo General

Diseñar la apertura del yacimiento “Calizas Chambas Sector I” para asegurar el suministro de materia prima mineral a una nueva planta de beneficio.

Campo de Acción

Yacimiento “Calizas Chambas Sector I”

Hipótesis

Si se realiza la caracterización geológica del yacimiento, se conocen los parámetros técnicos y tecnológicos de la explotación y la topografía del terreno, se podrá diseñar un esquema de apertura viable desde los puntos de vista técnico, económico y de seguridad minera, para el yacimiento “Calizas Chambas Sector I” que garantice el suministro de materia prima mineral a la nueva planta de beneficio.

Objetivos específicos

1. Realizar la caracterización geológica del yacimiento.
2. Realizar la caracterización técnica y tecnológica de la explotación del yacimiento.
3. Diseñar y calcular la apertura del yacimiento.
4. Realizar el cálculo económico del esquema de apertura diseñado.
5. Identificar las afectaciones ambientales que ocasionará la minería y proponer medidas de seguridad y salud en el trabajo.

Los métodos teóricos empleados son:

- **Histórico-lógico:** para estudiar y valorar la situación geográfica de la zona y establecer los fundamentos teóricos del proceso.
- **Análisis-síntesis:** para analizar las actividades mineras desarrolladas anteriormente en la cantera, sus incidencias en otras zonas y establecer conclusiones para diseñar la apertura del nuevo sector de la cantera.
- **Inducción-deducción:** para realizar la formulación de la hipótesis.
- **Observación:** para observar el área donde se encuentra el yacimiento e identificar los impactos provocados por las actividades mineras al medio ambiente.



CAPITULO I. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO DEL YACIMIENTO

1.1 Ubicación geográfica

El yacimiento “Calizas Chambas Sector I” se localiza a unos 7 km al sureste de la ciudad de Chambas, al sur de la carretera que une dicha ciudad con Morón, a unos 19 km al oeste de esta última y a 60 km al noroeste de la ciudad de Ciego de Ávila.

En las tablas 2.1 y 2.2 se muestran las coordenadas Lambert que delimitan las concesiones del Yacimiento Calizas Chambas Sector I y Ampliación Calizas Chambas Sector I respectivamente.

Tabla 1.1 Coordenadas de Calizas Chambas Sector 1

| CALIZAS CHAMBAS SECTOR I | | |
|--------------------------|-----------|-----------|
| Vértice | X | Y |
| 1 | 719703,00 | 259617,00 |
| 2 | 720120,00 | 259662,00 |
| 3 | 720272,00 | 259653,00 |
| 4 | 720419,00 | 259478,00 |
| 5 | 720365,00 | 259219,00 |
| 6 | 720233,00 | 259110,00 |
| 7 | 720159,00 | 259196,00 |
| 8 | 719943,00 | 259228,00 |
| 9 | 719654,00 | 259237,00 |
| 1 | 719703,00 | 259617,00 |

Tabla 1.2 Coordenadas de la ampliación Calizas Chambas Sector 1

Fuente: Empresa Materiales de la Construcción de Ciego de Ávila

| AMPLIACION CALIZAS CHAMBAS SECTOR I | | |
|-------------------------------------|-----------|-----------|
| Vértice | X | Y |
| 1 | 719654,00 | 259237,00 |
| 2 | 720159,00 | 259196,00 |
| 3 | 720159,00 | 258800,00 |
| 4 | 719654,00 | 258800,00 |
| 1 | 719654,00 | 259237,00 |



En la figura 1.1 se observa una vista satelital del área de la cantera



Figura 1.1 Vista satelital del área de la cantera

1.2 Caracterización geológica del yacimiento

1.2.1 Geología

El “Yacimiento Calizas Chambras Sector I” está representado morfológicamente por un área que ocupa 10,0 km² y está asociado a la Formación Chambras, que va desde el Jurásico-Cretácico hasta el cuaternario superior. (Informe de exploración orientativa y detallada del Ing. Marcelo Martínez M. 1981 EGM Camagüey, MINBAS de 1981)

Desde el punto de vista estructural el cuerpo se encuentra en una elevación de forma monoclinal fallado donde las calizas aparecen buzando hacia el norte con un ángulo que oscila entre 5° y 15° siendo los valores más frecuentes entre 12° y 15°. Por su parte las rocas de caja están representadas por margas, pertenecientes a la Fm. Güines (N²₁₋₂), que se localiza en la porción sur del yacimiento, en la porción norte se localizan las tobas medio-ácidas algo alteradas, posible Fm, Tamarindo.

La potencia de roca útil es muy variada en todo el yacimiento, oscilando entre 14,6 y 56,8 m, siendo la potencia más frecuente entre 30 y 40 m.



1.2.2 Características Litológicas

El yacimiento “Calizas Chambas Sector 1” comprende litologías calcáreas, los tipos litológicos de rocas aquí presente son:

1. Calizas cavernosas duras con fósiles, grietas de color blanco y gris claro con oquedades rellenas con arcillas.
2. Caliza porosa de grano medio a grueso, color blanco, beige, y rosado, con fósiles y en algunos casos es blanda.

En cada una de las litologías anteriores el relleno de las grietas y cavernas es de hematita y minerales arcillosos.

Desde el punto de vista mineralógico las rocas presentan minerales tales como calcita y dolomitas principalmente, también se pueden encontrar óxidos de aluminio, azufre y sílice entre otros como consecuencia de los procesos propios del medio sedimentario y la zona de suministro de material.

1.2.3 Relieve

El relieve de la región forma un macizo inclinado relativamente llano, una altura máxima absoluta sobre el nivel del mar de 125–130 m y una mínima de 90-100 m con respecto al nivel del mar.

1.2.4 Clima

El clima es el que predomina en nuestro país, con dos estaciones bien definidas, una de lluvia y otra seca. De acuerdo a los datos obtenidos la lluvia media anual, asciende a 1 561 mm, el período lluvioso se extiende desde mayo a octubre y el seco desde noviembre a abril, el mes más lluvioso resulta ser mayo y el más seco noviembre.

La temperatura media anual de esta región es de 25,4 °C, y el mes más caluroso es julio con 30 °C.

La velocidad del viento como promedio es de 7,7 km/h con dirección predominante desde el NE



1.2.5 Vías de Comunicación

La red de comunicaciones es buena, formada por la carretera de primer orden que comunica el yacimiento con el municipio de Chambas, un gran número de terraplenes y caminos vecinales y el Ferrocarril Central de Cuba, situado a 3 km del yacimiento.

Por las características de la ubicación del yacimiento, es evidente que presenta de forma general, una situación óptima.

1.2.6 Tectónica

En el yacimiento son comunes los fenómenos plicativos y disyuntivos, estableciéndose dos zonas tectónicas con una dirección general NE-SW. Las cuales forman un graben que constituye la parte central del yacimiento.

1.2.7 Hidrogeología

La situación hidrogeológica local en el yacimiento según informe se presenta poco complejo ya que el mismo está formado por una elevación de cota 115 m, la red hidrográfica se presenta poco desarrollada formada por un pequeño arroyo intermitente que corre al suroeste del yacimiento. En época de lluvia se presentan algunos manantiales en el sector sur en la cota 112 m.

De forma general las condiciones hidrogeológicas del yacimiento son sencillas, sin gradientes bruscos con la zona de alimentación principal (por las lluvias) situada a lo largo de su eje central y las zonas de descargas hacia los flancos sur y norte. El material útil puede ser explotada hasta la cota +40 m sin complicaciones hidrogeológicas ya que el manto freático llega hasta este nivel.

1.2.8 Afluencia de agua en la cantera

De acuerdo con los trabajos realizados la posición del nivel freático no afecta la extracción hasta la cota +40 m, lográndose drenar gravitacionalmente, debido a la permeabilidad del macizo entre el carso y las grietas.

1.2.9 Estabilidad del macizo

A lo largo del yacimiento y en sus alrededores se observa un alto grado de estabilidad en la zona del macizo rocoso por lo que en sentido general no hay



peligros de desprendimientos ni derrumbes. Puede asegurarse que la roca presenta estabilidad.

1.2.10 Agrietamiento

Estudios realizados en el yacimiento han evaluado el agrietamiento empleando el método planimétrico recomendado por B. N Kutusov, realizando el conteo de grietas in situ, lo cual demuestra que en el área en estudio no se observa ningún sistema de fallas, el mayor desarrollo del agrietamiento se observa en los sectores adyacentes a la superficie, cuya intensidad disminuye a medida que se aleja de estas zonas y en la profundidad. Además, se observa agrietamiento vertical, también relleno de arcilla.

En el yacimiento solo se han detectado algunas grietas casi verticales con rumbos variables sin ninguna influencia en su estructura geológica. El relleno de las grietas está compuesto por limonita generalmente.

En este yacimiento se extraen rocas cuyas dimensiones medias deben ser superiores a los 30 mm y no deben sobrepasar los 800 mm. Según las mediciones realizadas en el macizo las dimensiones medias de los pedazos de rocas son de 100-500 mm, siendo el porcentaje de bloque mayor de 300 mm de aproximadamente 70%, lo que indica baja probabilidad de existencia de bloques menores de 30 mm en el macizo por debajo de los parámetros necesarios para la elaboración mecánica. Aproximadamente el 5% del macizo está formado por bloques que están fuera de las dimensiones requeridas para la preparación mecánica los cuales se consideran bloques sobre medidos.

Los resultados de investigaciones realizadas (según la clasificación dada por Kutusov) fueron procesadas estadísticamente, concluyendo que el macizo donde se experimentó se clasifica como “fuertemente agrietado, de bloques medios”

1.2.11 Propiedades físico mecánicas de las rocas

La resistencia a la compresión es superior a los 400 kg/cm² (39,2 MPa) predominando los valores entre 400-600 kg/cm² (39,2-58,8 MPa) La marca de la piedra triturada varía desde "400" a "1200" siendo la predominante la "500". La absorción oscila de 0,2-4,0 % y como promedio 2,8 %. La masa volumétrica oscila desde 2,36 a 2,70 g/cm³ y su promedio es 2,51 g/cm³. La porosidad es inferior al 12,4 % que se necesita para los áridos. La abrasión “Los Ángeles” en las diferentes



fracciones fue inferior al 48 % como lo exige la norma. El coeficiente de reblandecimiento osciló entre 0,61-0,97, aunque este no está limitado por norma.

La relación entre la resistencia a la compresión de la roca que se va usar en el árido grueso y la resistencia a la compresión que se desea en el hormigón debe ser como mínimo de 1,5 veces el valor determinado por el ensayo de resistencia a compresión.

1.2.12 Recursos y reservas minerales de caliza para áridos en el yacimiento

La reestimación de recursos ampara un período de extracción de 25 años, con un área de 30,58 ha, según el balance presentado en el 2016, realizado por EXPLOMAT, basado en los datos de los Informes precedentes y los volúmenes extraídos en zona no concesionada para ese momento, en el cual para todo el yacimiento se delimitaron globalmente 3 bloques, Uno en el área concesionada y dos bloques en área no concesionada, por los resultados de esta reestimación la cual delimitó 63 bloques por pisos de explotación y abarcando zonas que antes no estaban concesionadas (la ampliación). Por otra parte, anteriormente el bloque 2C₁b, estaba dentro de área no concesionada, ahora debido a la ampliación de la concesión, los volúmenes reestimados se enmarcan dentro de este estado y ese bloque no existe como tal. A tales efectos los recursos para el 01-01-2016 se reflejan a continuación.

ÁREA CONCESIONADA:

| | |
|--------------------|---|
| Recursos Medidos | 1308.464 x 10 ³ m ³ |
| Recursos Indicados | 9940.672 x 10 ³ m ³ |

ÁREA NO CONCESIONADA:

| | |
|--------------------|--|
| Recursos Medidos | 233.838 x 10 ³ m ³ |
| Recursos Indicados | 6589.604 x 10 ³ m ³ |
| Recursos Inferidos | 24860.311 x 10 ³ m ³ |

ÁREA CONCESIONADA EN PILARES DE SEGURIDAD:

| | |
|--------------------|---|
| Recursos Medidos | 468.966 x 10 ³ m ³ |
| Recursos Indicados | 1337.603 x 10 ³ m ³ |

ÁREA NO CONCESIONADA EN PILARES DE SEGURIDAD:

| | |
|--------------------|---|
| Recursos Medidos | -- |
| Recursos Indicados | 7494.391 x 10 ³ m ³ |



Recursos Inferidos

27508.627 x 10³ m³

Datos obtenidos del Balance de recursos y reservas minerales.



CAPÍTULO II. LABORES MINERAS EN EL YACIMIENTO "CALIZAS CHAMBAS SECTOR I"

2.1 Sistema de explotación y operaciones mineras

Las labores mineras en la cantera "Calizas Chambas Sector I", se realizan en el sector oeste de este yacimiento, dentro del área de ampliación solicitada y aprobada por la ONRM en el año 2012, la apertura de los diferentes niveles u horizontes se realiza a través de trincheras internas con carácter temporal, teniendo en cuenta las características del relieve de esa zona, buscando siempre la disminución de la distancia de transportación a las plantas procesadoras, construyendo caminos temporales dentro de las reservas probadas.

2.3 Tecnología de los trabajos mineros

Los trabajos mineros en las canteras están representados por los procesos tecnológicos: la preparación de las rocas para la excavación, la excavación-carga, el traslado de la masa mineral (las rocas estériles a las escombreras y los minerales a los depósitos) y en el caso que en la cantera se realice la elaboración primaria de los minerales, el beneficio de los mismos.

A cada proceso tecnológico le corresponden determinados trabajos auxiliares que permiten su realización o la facilitan. Además, en las canteras se realizan una serie de procesos auxiliares generales como el suministro eléctrico, el muestreo de los minerales, el mantenimiento y reparación de equipos, drenaje, entre otros que aseguran la ejecución de los trabajos mineros.

2.4 Trabajos de arranque-carga y transporte

Los trabajos de arranque-carga contemplan la excavación de las rocas y su carga (traslación y descarga) en los medios de transporte o en la escombrera. Normalmente la excavación-carga se realiza por una máquina o un conjunto de ellas (complejo).

Uno de los factores básicos que influyen sustancialmente sobre el costo económico de la extracción de los minerales a cielo abierto es la elección del equipamiento básico de excavación, condicionado por el tipo de yacimiento, las propiedades de las rocas, la productividad requerida de una máquina y de toda la cantera, el arranque



global o selectivo, la mecanización de los procesos, los parámetros de la cantera y sus elementos, las condiciones climáticas entre otros.

En la minería a cielo abierto existe el concepto de mecanización integral como el conjunto de máquinas y mecanismos desde el frente hasta las escombreras incluyendo el trasporte, que aseguran el cumplimiento de los índices planificados en los trabajos de extracción y destape y el funcionamiento armonioso de los procesos tecnológicos continuos.

2.2 Caracterización del nuevo frente

El nuevo frente que se pretende explotar está localizado al noroeste de la cantera, donde el relieve predominante es generalmente llano, aspecto que facilita el diseño y ejecución de las excavaciones de apertura y preparación del sector, condicionando en muchas ocasiones por la complejidad del relieve. El área aproximada del sector es de 28 500 m² con una capa de estéril con grandes cantidades de arcilla aproximadamente de 1 m de potencia.

Régimen de trabajo de la cantera

En el sector I el régimen de trabajo será como sigue:

| | |
|------------------------------|-----|
| Días calendarios. | 365 |
| Días feriados y domingos. | 58 |
| Días estimados de lluvias. | 27 |
| Días laborables o efectivos. | 280 |
| Turnos de trabajo al día. | 1 |
| Horas de un turno. | 12 |
| Eficiencia (%). | 85 |

Los trabajos mineros en el turno se realizan de acuerdo a la etapa que se trabaja ya sea en el desbroce y destape o en la extracción del material útil según lo planificado, es este caso es preciso especificar que solo se realizará el destape (este material será trasladado a la escombrera), el material extraído en la apertura será llevado a la planta de beneficio puesto que es material útil.

Volumen de material in situ a extraer en un año



$$Pc = \frac{Q}{Ka * K_1 * Ke} = 97\,181,73m^3/año \quad (1)$$

Donde:

$Q \rightarrow$ Productividad anual de la planta: $100\,000\,m^3/año$

$Ka \rightarrow$ Coeficiente de aprovechamiento de la planta: 0,75

$K_1 \rightarrow$ Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de materia prima por concepto de transportación y pérdidas en la planta: 0,98

$Ke \rightarrow$ Coeficiente de esponjamiento de las rocas: 1,4

2.5 Caminos mineros

Son aquellos por los cuales se realiza el transporte habitual de materiales durante la explotación. Para este proyecto se utilizarán los caminos ya existentes en el yacimiento.

Criterios para la reparación y el mantenimiento para los caminos mineros

En la ubicación continua de un camino para el transporte de equipos pesados la superficie está sometida a deformaciones por el constante paso de los vehículos de acarreo y otros.

Aunque el deterioro puede ser controlado en gran medida por el tipo de material empleado en la superficie, se deberá considerar un programa de mantenimiento de los caminos según los requerimientos de seguridad y factores económicos.

El derrame de material de vehículos sobrecargados es un problema significativo, sino se previene esta situación o si se permite la permanencia en la ruta de este material provocará el desgaste intensivo de los neumáticos de los camiones con el consiguiente incremento de los gastos de explotación. Esta situación puede prevenirse con una buena operación durante la carga que evite el colmado de los camiones más allá del límite permisible.

Las medidas anteriormente expuestas no contribuyen a la solución total, puesto que las condiciones anormales de la superficie ocurrirán de forma periódica requiriendo procedimientos adicionales. La influencia del costo de los neumáticos en el costo total de la transportación es significativa, por esa causa el mantenimiento de los caminos es un aspecto muy importante en las minas a cielo abierto.



2.6 Labores de destape

El destape es la actividad que permite retirar todo el material de sobrecarga y dejar el material útil listo para que sea arrancado por cualquiera de los medios, sea por perforación y voladura (Rocas de elevada fortaleza), o mediante retroexcavadora, buldócer con ripper (Rocas suaves) (G. 2007).

Las labores de destape iniciaran en la cota +93 m, con un volumen de escombro de 28 500 m³, debido a las características existentes del nuevo frente de trabajo ya mencionadas en el acápite 2.2 el destape se realizará utilizando el buldócer con ripper para el mullido del material y traslado con la cuchilla hasta el área donde carga el cargador frontal Liugong 877 a los camiones Belaz 540 los cuales realizarán el traslado hacia la escombrera interna a una distancia de 240 m. Al terminar las labores de destape se comenzará la apertura en el nivel +92 m.

2.7 Labores de apertura

Por apertura de un yacimiento se entiende el laboreo de excavaciones mineras que permiten el acceso del transporte desde la superficie del terrestre hasta las zonas mineralizadas del yacimiento, o desde cualquier parte ya explotada a otra sin explotar que garantizan la preparación del frente de trabajo. La apertura de los yacimientos se realiza para asegurar la comunicación entre los puntos de carga de la masa minera y su descarga en la superficie. Al proyectar la apertura es necesario considerar que la máxima cantidad de masa minera se transporta por las trincheras y caminos principales. El tramo de vía que tiene la traza más compleja y el peor perfil, se denomina tramo limitante. Según el tramo limitante se realiza los cálculos básicos del transporte (Quesada, R. W.).

2.7.1 Método de apertura

El método de apertura utilizado es con trinchera de acceso inclinada, primero se diseña la trinchera de apertura desde el nivel +92 la cual alcanzará el nivel +84. Luego se realiza el diseño de la trinchera de corte, esta bordeará toda la zona del banco de trabajo por el sector noroeste del yacimiento aprovechando el material útil del área de manera que una vez ampliada en la dirección de desarrollo del frente los equipos puedan operar sin dificultad. En ambas trincheras se utilizará el método de



perforación y voladura considerando la fortaleza de las rocas. Una vez terminada la trinchera de corte queda el frente listo para pasar a la extracción del mineral desde el cual se puede desarrollar el frente de acuerdo al sistema de laboreo establecido. El material extraído en ambas trincheras será trasladado por los camiones BeLAZ hasta la planta de beneficio ubicada aproximadamente a 600 m del área de apertura

Trabajos de perforación y voladura

Los trabajos de perforación y voladura serán contratados a la empresa Explomat encargada de esta actividad en todas las canteras del ministerio de la construcción. El pago se realiza en forma de paquete después de realizada cada voladura, con una tarifa de 2,13 \$/m³ de roca volada. Para la realización de dichos trabajos Explomat Centro cuenta con un complejo de barrenación compuesto por una carretilla Atlas Copco XAHS 447 con diámetro del taladro de 115 mm. Las voladuras son realizadas por el personal especializado de Explomat y la transportación de explosivos y medios por la Empresa Materiales de la Construcción.

2.8 Sustancias explosivas utilizadas

Para la conformación de la columna de cada barreno se realiza la combinación de tres explosivos fundamentales:

Senatel Magnafrac (como carga de fondo), *Fortel* (explosivo encartuchado como carga de columna), y *Amex* (explosivo a granel, conocido como ANFO, nitrato de amonio + petróleo). Como iniciadores se utilizan los detonadores no eléctricos Handidet, de diferentes medidas de su cordón detonante, conectores de superficie de diferentes retardos R/45 ms y R/75 ms. Para el empalme del bloque a volar hasta el refugio se utiliza un conector de 200 m de largo. Como sistema de iniciación se utiliza la combinación del sistema eléctrico con el no eléctrico, utilizándose tanto en el tiro y la voladura detonadores eléctricos instantáneos, accionados por un explosor.

- **Senatel Magnafrac:**

Es una emulsión encartuchada a prueba de agua, robusta y sensible a un detonador. El explosivo es de color blanco y de una consistencia robusta similar a la masilla. Está diseñado para aplicaciones de primado y como columna explosiva de densidad media en minería y trabajos de voladuras en general. La alta velocidad de detonación



y la naturaleza robusta del Senatel Magnafrac la hacen un cebador ideal para la iniciación de columnas de ANFO.

Los cartuchos de Senatel Magnafrac son empacados en film que se rompen durante el apisonamiento para maximizar el acoplamiento y la fuerza en volumen dentro del barreno.

- **FORTEL**

Es de color pardo y de una consistencia similar a la masilla, explosivo encartuchado a prueba de agua, diseñado para aplicaciones de minería cielo abierto y como columna explosiva de densidad media en minería y trabajos de voladuras en general, en reemplazo de productos explosivos a granel. La alta velocidad de detonación y la naturaleza robusta de Fortel la hacen un producto ideal para voladuras en rocas competentes y con presencia de agua.

- **ANFO:**

Es una mezcla balanceada entre nitrato de amonio poroso y combustible diesel, coloreado en rojo. Puede ser cargado en barrenos horizontales e inclinados y es suministrado en sacos de 25 kg. Es adecuado para ser usado en barrenos secos y que permanecerán secos hasta la detonación. El ANFO puede ser usado como carga de columna en minería cielo abierto, subterránea o canteras y para trabajos de voladuras en general. Puede ser vertido o cargado neumáticamente dentro del barreno.

En la tabla 2.4 se muestran los datos técnicos de las sustancias explosivas.

Tabla 2.4 Datos técnicos de las sustancias explosivas

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | SENATEL | ANFO |
|---------------------------------------|----------------|----------------|
| Densidad (g/cm ³) | 1,15 | 0,8 |
| Velocidad de Detonación (m/s) | 5200 | 3100 – 4100 |
| Resistencia al agua | Excelente | Pobre |
| Energía (Kcal/Kg) | 740 | 912 |
| Volumen de los Gases (Lts/Kg) | 783,0 | - |
| Gasto específico (g/cm ³) | 0,55 | 0,55 |
| Longitud del cartucho (mm) | 460 | Carga a granel |
| Diámetro del cartucho (mm) | 100 | - |
| Peso del cartucho (kg) | 4,167 | - |

2.8.1 Detonadores utilizados

- **Exel Handidet**



Corresponde a un detonador compuesto por dos cápsulas y un tubo de señal. Una de las cápsulas se utiliza en superficie para iniciar tubos de señal, mientras que la otra se usa en el interior de los taladros tanto para iniciar boosters como explosivos encartuchados.

Los detonadores no eléctricos Exel Handidet están compuestos principalmente por 4 elementos:

- Cápsula de baja potencia (Fuerza 1), ensamblada al interior de un conector de superficie, diseñado para iniciar hasta seis tubos de señal.
- Cápsula Fuerza 12, cuya función es iniciar la carga explosiva que va al interior del barreno.
- Tubo de señal de color naranja, componente que transmite la señal a la cápsula de retardo. En el momento que el tubo es iniciado, transmite interiormente una onda de choque de baja energía la cual inicia los retardos de ambas cápsulas. Etiqueta de retardo, elemento que indica el tiempo de retardo nominal de ambas cápsulas y el largo del detonador.

Detonador de superficie: Exel Conectadet

Corresponde a un detonador compuesto por una cápsula de baja potencia (Fuerza 1) ensamblada en un conector de superficie, cuya finalidad es conectar filas de un mismo disparo en voladuras donde los pozos han sido primados con Exel Handidet o Exel MS. Otra modalidad que presenta Exel Conectadet es enrollado en carretes (formato de metraje largo), destinado a iniciar voladuras desde la zona de seguridad.

Estos detonadores no eléctricos están compuestos por:

- Cápsula de baja potencia (Fuerza 1), ensamblada al interior de un conector de superficie.
- Tubo de choque de color amarillo, componente que transmite la señal a la cápsula de retardo. En el momento que el tubo es iniciado, transmite interiormente una onda de choque de baja energía la cual inicia los retardos al interior de la cápsula.
- Etiqueta, elemento que indica el tiempo de retardo y el largo del detonador.



- Conector J, dispositivo que permite conectar el cordón detonante al tubo no eléctrico en caso que se requiera.

Se aplica principalmente en voladuras a cielo abierto y está diseñado para iniciar el tubo no eléctrico, el cual tiene como beneficio:

- Mayor seguridad en la operación gracias a la gran resistencia que tiene el tubo no eléctrico.
- Mayor control de la voladura a través de una baja dispersión.
- Producto seguro y fácil de conectar.
- Fácil y rápida verificación de conexión.
- Reduce inventarios en polvorines.
- Apto para utilizarse en voladuras cercanas a sitios poblados gracias al bajo nivel de ruido que genera.

(<http://www.oricaminingsservices.com>. (s.f.). Recuperado el 10 de mayo de 2017)

2.9 Drenaje

Según los estudios hidrogeológicos, en el área de explotación no existe agua subterránea hasta el nivel +40, y en los periodos de lluvia el área no se inunda, es decir, toda es absorbida por el macizo rocoso, es por esto que no se considera necesario la inversión en una zanja de desagüe.

2.10 Escombrera

El material estéril se transportará hasta la escombrera interna ya existente en el yacimiento.

En la figura 2.2 se puede observar una vista en planta del área de depósito de escombro.

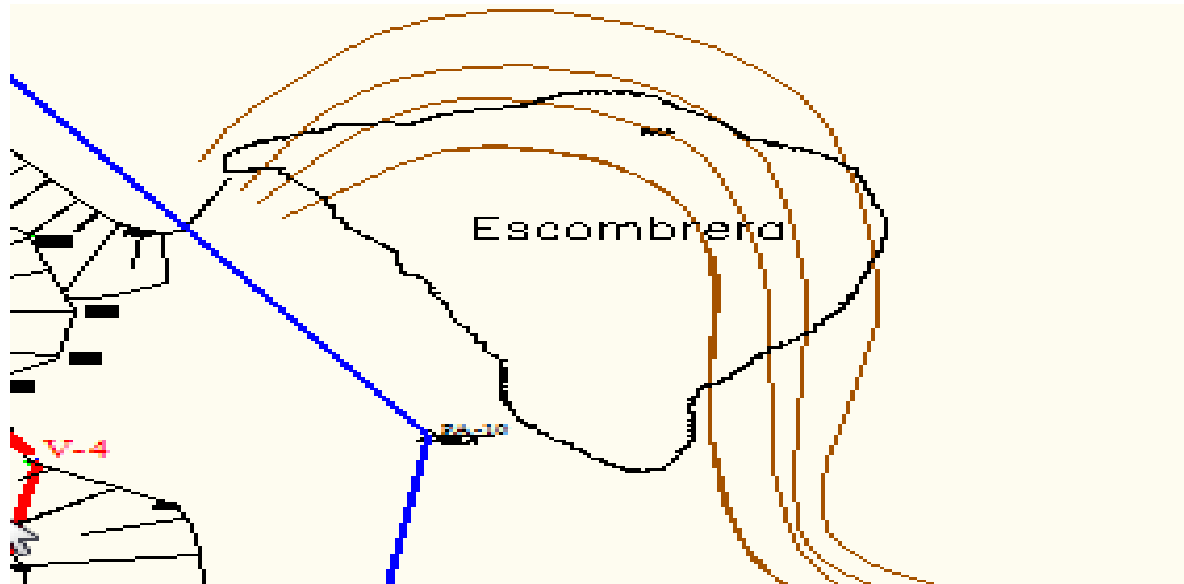


Figura 2.2 Vista del área de depósito de escombros

2.11 Metodología utilizada para el cálculo del equipamiento

Para los cálculos de los parámetros de operación del equipamiento utilizado para el destape debe partir del cálculo del volumen.

Cálculo del buldócer

Productividad horaria

$$Q = \frac{3\,600 * Tt * V * Kp * Ku * Ki}{Ke * Tc} ; (m^3) \quad (2)$$

Donde:

$Tt \rightarrow$ Duración del turno de trabajo: 12 h

$V \rightarrow$ Volumen del material en estado mullido que traslada la cuchilla: 3,43 m

$Ku \rightarrow$ Coeficiente de utilización del buldócer en el tiempo: 0,85

$Ke \rightarrow$ Coeficiente de esponjamiento de la roca: 1,4

$Kp \rightarrow$ Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas del material durante su traslado
0,99

$$Kp = 1 - L_2 * (\beta)^3 \quad (3)$$

Donde:

$\beta \rightarrow$ Coeficiente que tiene en cuenta la friabilidad y humedad del material: 0,006

$L_2 \rightarrow$ Distancia de transportación del material hasta la pila: 10 m



$K_i \rightarrow$ Coeficiente que tiene en cuenta la pendiente del terreno donde trabaja el buldócer = 1

$$V = \frac{L * h * a}{2} \quad (4)$$

Donde:

$L \rightarrow$ Longitud de la cuchilla del buldócer: 4m

$h \rightarrow$ Alto de la cuchilla del buldócer: 1m

$a \rightarrow$ Ancho del prisma formado por el material a los lados de la cuchilla durante el traslado: 1,73

$$a = \frac{h}{\tan \Phi} \quad (5)$$

$\Phi \rightarrow$ Ángulo de reposo natural durante el traslado: 30°

T_c – Tiempo de ciclo del buldócer. 43, 60 s.

$$T_c = \frac{l_1}{V_1} + \frac{l_2}{V_2} + \frac{l_1 + l_2}{V_3} + t_c + 2t_g; (s) \quad (6)$$

Donde:

$l_1 \rightarrow$ Longitud para cortar el volumen de la cuchilla del buldócer: 10 m

$l_2 \rightarrow$ Longitud de traslación de las rocas: 3 m

$V_1 \rightarrow$ Velocidad del movimiento durante el corte: 1m/s

V_2 : Velocidad de movimiento cargado: 1,3 m/s

$V_3 \rightarrow$ Velocidad de movimiento vacío: 2 m/s

$t_c \rightarrow$ Tiempo de cambio de las velocidades: 4,8 s

$t_g \rightarrow$ Tiempo de giro del buldócer: 10 s

Productividad por turno

$$Q_t = Q * T_t * 0,85; (m^3/turno) \quad (7)$$

Donde:

$T_t \rightarrow$ Tiempo del turno: 12 h

Productividad diaria

$$Q_d = Q_t * N_t; (m^3/día) \quad (8)$$

Donde:



$Nt \rightarrow$ Número de turnos en un día: 1

Productividad mensual

$$Q_{mes} = Qd * Nd; (m^3/mes) \quad (9)$$

Donde:

$Nd \rightarrow$ Número de días en un mes: 23 días

Productividad anual

$$Qa = 280 * Qd; (m^3/ano) \quad (10)$$

Donde:

$Qd \rightarrow$ Productividad diaria ($m^3/día$)

Cantidad de buldócer anual

$$Nb = \frac{Vd}{Qa} \quad (11)$$

Donde:

$Vd \rightarrow$ Volumen(m^3)

$Qa \rightarrow$ Productividad anual; 5 837 440 $m^3/año$

Cálculo del Cargador frontal Liugong 877

Productividad teórica

$$Q_{teo} = \frac{3600 * E}{Tc}; (m^3) \quad (12)$$

Donde:

$E \rightarrow$ Capacidad de la cuchara; ($5 m^3$)

$Tc \rightarrow$ Tiempo de ciclo del cargador; (30 s)

Tiempo de ciclo del cargador

$$Tc = tll + tmc + td + tmv; (min) \quad (13)$$

$tll \rightarrow$ Tiempo para llenar la cuchara del cargador; (7 s)

$tmc \rightarrow$ Tiempo de movimiento cargado; (9 s)

$td \rightarrow$ Tiempo de descarga de la cuchara; (6 s)

$tmv \rightarrow$ Tiempo de movimiento vacío; (8 s)

Productividad técnica

$$Q_{tec} = Q_{teo} * \frac{Kll}{Ke}; (m^3/hora) \quad (14)$$



Donde:

$Kll \rightarrow$ Coeficiente de llenado del cubo; (0,75)

$Ke \rightarrow$ Coeficiente de esponjamiento; (1,4)

Productividad de explotación

$$Qexp = Qteo * Ku * Kdm; (m^3/hora) \quad (15)$$

$Ku \rightarrow$ Eficiencia (Coeficiente de utilización); (0,81)

$Kdm \rightarrow$ Disponibilidad mecánica; (75%)

Productividad de explotación por día

$$Qexpd = Qexp * Tt; (m^3/día) \quad (16)$$

$Tt \rightarrow$ Duracion del turno de trabajo; (12 h)

Productividad de explotación por turno

$$Qexpt = Qexpd * nt(m^3/turno) \quad (17)$$

$nt \rightarrow$ Número de turnos en el día; (1)

Cálculo del transporte automotor Camiones BeLAZ 540

Tiempo de ciclo

$$Ttc = trc + trv + tc + td + tmc + tmd + ter ; (min) \quad (18)$$

$trc \rightarrow$ Tiempo de recorrido cargado; (0,72 min)

$trv \rightarrow$ Tiempo de recorrido vacío; (0,57 min)

$tc \rightarrow$ Tiempo de carga; (2 min)

$td \rightarrow$ Tiempo de descarga; (0,5 min)

$tmc \rightarrow$ Tiempo de maniobra durante la carga; (0,5 min)

$tmd \rightarrow$ Tiempo de maniobra durante la descarga; (0,4 min)

$ter \rightarrow$ Tiempo de espera y retención; (4 min)

Tiempo de recorrido cargado

$$Trc = 60 * \frac{dprc}{Vprc}; (min) \quad (19)$$

Donde:

$dprc \rightarrow$ Distancia de recorrido del camión cargado.

$Vprc \rightarrow$ Velocidad promedio de recorrido del camión cargado; (20km/h)



Tiempo de recorrido vacío

$$Trv = 60 * \frac{dprv}{Vprv}; (min) \quad (20)$$

Donde:

$dprv$ → Distancia de recorrido del camión vacío.

$Vprv$ → Velocidad promedio de recorrido del camión vacío; (25 km/h)

Tiempo de carga del camión

$$Tc = \frac{Nc}{Nciclo}; (min) \quad (21)$$

Donde:

Nc → Cantidad de ciclos del cargador en un minuto; (2 ciclos)

Tc → Tiempo de ciclo del cargador; 30 s

Cantidad de viajes de un camión por turno

$$Nv = \frac{Tt - (Top + Tdes)}{Tc}; (viajes) \quad (22)$$

Donde:

Tt → Duración del turno de trabajo: 720 min

Top → Tiempo para realizar operaciones preparatorias y finales: 45 min

$Tdesc$ → Tiempo de descanso del turno de trabajo: 90 min

Tc → Tiempo de ciclo del camión: 8,69 min

En el tiempo de descanso se incluyen los tiempos reglamentarios según la norma para el descanso: almuerzo, 60 min; merienda, 15 min; tiempo para habilitar, 15 min.

Productividad del camión por turno

$$Qt = Nv * Kll * Ecam; (m^3/turno) \quad (23)$$

Donde

Kll → Coeficiente de llenado: 0,81

Nv → Número de viajes en un turno

$Ecam$ → Capacidad de carga del camión: 15,6 m³

Productividad diaria



$$Qd = Qt * nt = Qt; (m^3/dia) \quad (24)$$

Donde

$Qt \rightarrow$ Productividad del camión por turno

$Nt \rightarrow$ Número de turnos en el día (1)

Productividad anual

$$Qa = Na * Qd; (m^3/ano) \quad (25)$$

Donde:

$Na \rightarrow$ Número de días laborables del año: 280 días

Cantidad de camiones trabajando

$$N_{trb} = \frac{Pt}{Qt * Ku} * Ki; (camiones) \quad (26)$$

Dónde:

$Pt \rightarrow$ Productividad por turno de la cantera; $(357m^3/turno)$

$Ku \rightarrow$ Coeficiente de utilización de los camiones; (80%)

$Ki \rightarrow$ Coeficiente de irregularidad diaria de los viajes; (0,9)

2.12 Metodología utilizada para el cálculo de apertura

2.12.1 Diseño de la trinchera de acceso y de corte

Parámetros a tener en cuenta:

Pendiente de la trinchera de acceso; $i = 8 \%$

Altura del escalón; $h = 8 m$

Berma de seguridad; $d = 2 m$

Talud de la trinchera de acceso; $\beta = 28,8^\circ$

Talud del escalón de la cantera; $\alpha = 85^\circ$

Radio de giro del camión; $r = 8,3 m$

Ancho del camión; $x = 3,48 m$

Coeficiente de esponjamiento; $Ke = 1,4$

Longitud del camión; $Lc = m$

Cálculo de la trinchera de apertura

Ancho de la trinchera de apertura por el piso



$$B_p = 2A + m + 2n + 2x \quad (27)$$

Donde:

$B_p \rightarrow$ Ancho por el piso, m.

$A \rightarrow$ Ancho del camión (3,48 m).

$m \rightarrow$ Holgura entre dos camiones al encuentro; m. ($m=1$ a 2 m)

$n \rightarrow$ Ancho de los bordes sobrantes de la franja rodante; 0,4 a 1,0 m.

$x \rightarrow$ Ancho cuneta (1m).

Longitud de la trinchera de apertura

$$L_{ta} = \frac{h}{i}; (m) \quad (28)$$

Donde:

$h \rightarrow$ Altura del banco; (8 m)

$i \rightarrow$ Pendiente de la trinchera; (8%)

Área de la trinchera de apertura

$$S_{ta} = \frac{(B_p + h * \cot \alpha) * h}{2}; (m^2) \quad (29)$$

Donde:

α - Ángulo de talud;(85°)

Volumen de ejecución de la trinchera de apertura

$$V_{ta} = S_{ta} * L_{ta}; (m^3) \quad (30)$$

Velocidad de ejecución de la trinchera de apertura

$$V_{ta} = \frac{Q}{S_t}; (m^3/mes) \quad (31)$$

Donde:

$Q \rightarrow$ Productividad de explotación mensual; (8 333 m^3/mes)

Tiempo de ejecución de la trinchera de apertura



$$tet = \frac{Lta}{Vta}; (\text{días}) \quad (32)$$

Cálculo de los parámetros de la trinchera de corte

Ancho de la trinchera de corte por el fondo

El ancho de la trinchera de corte se asume de 50 m.

Donde:

$x \rightarrow$ Ancho del camión; (3,48 m)

$lc \rightarrow$ Longitud de camión; (7,5 m)

$r \rightarrow$ Radio de giro del camión; (8,3 m)

$d \rightarrow$ Berma de seguridad; (2 m)

Área de la sección transversal de la trinchera de corte

$$S_{tc} = (B_p + h * \cot \alpha) * h; (m^2) \quad (33)$$

Longitud de la trinchera de corte

La longitud de la trinchera de corte se asume en este caso igual a 50 m.

Volumen de ejecución de la trinchera de corte

$$V_{tc} = S_{tc} * L_{tc}; (m^3) \quad (34)$$

Velocidad de ejecución de la trinchera de corte

$$V_{tc} = \frac{Q}{S_t}; (m^3/mes) \quad (35)$$

Dónde:

$Q \rightarrow$ Productividad de explotación mensual; ($8\,333\,m^3/mes$)

Tiempo de ejecución de la trinchera de corte

$$tet = \frac{Ltc}{Vtc}; (dias) \quad (36)$$

2.12.2 Metodología de cálculo utilizada para el pasaporte de perforación y voladura

Cálculo de la productividad de la carretilla barrenadora



$$Pcb = \frac{Dt - (Tpc + Tpr)}{Tf + To} = 130 \text{ m/turno} \quad (37)$$

Donde:

Dt : Duración del turno de trabajo; 720min

Tpc : Tiempo de operaciones preparatorias conclusivas; 30min

Tpr : Tiempo de paradas reglamentarias en un turno; 25 min

Tf : Tiempo fundamental para la perforación de un taladro;

To : Tiempo de las operaciones auxiliares en la perforación de un metro de barreno; 1,02-1,15 min/ m.

Los valores promedios de T_f se han tomado por los resultados obtenidos desde el año 2000 por la brigada de Explomat.

$Tf = 4 \text{ min/m}$

El Gasto específico del explosivo patrón Amonita 6JV para cargas de fragmentación en el laboreo a cielo abierto, perteneciente a un coeficiente de fortaleza según Protodiakonov de calizas fuertes ($f = 10$) es igual a $0,7 \text{ Kg /m}^3$ (Noguel 1998)

La dimensión máxima de los pedazos de roca explosionadas se establece por la capacidad geométrica de la cuchara de la excavadora.

$$L_{\text{máx}} = 0,5 * \sqrt[3]{E} = 0,85 \text{ m} \quad (38)$$

Donde:

$L_{\text{máx}} \rightarrow$: Dimensión máxima de los pedazos de roca volada

$E \rightarrow$: Capacidad geométrica de la cuchara del cargador: 5 m^3

Línea de menor resistencia

$$Wp = 53 * Kt * d * \sqrt{\frac{\Delta * e}{\gamma}}; (m) \quad (39)$$

Donde:

$Kt \rightarrow$ Coeficiente de agrietamiento de macizo de rocas, varía entre 0,9 y 1,1
(En este caso se toma como 0,9 por estar trabajando en rocas monolíticas)

$d \rightarrow$ Diámetro de los barrenos: $d = 0,115 \text{ m}$

$\Delta \rightarrow$ Densidad de carga $0,73 \text{ g/cm}^3$

$e \rightarrow$ Coeficiente de la capacidad de trabajo de la sustancia explosiva = 0,75



$\gamma \rightarrow$ Masa volumétrica 1,33 t/m³

$$e = \frac{C.T. Empleada}{C.T. Patrón} \quad (40)$$

$C.T. \rightarrow$ Capacidad de Trabajo S.E. Patrón, Amonita GJB =360 cm³

$C.T. \rightarrow$ Capacidad de Trabajo S.E. Empleada, Senatel Magnafrac =480 cm³

La densidad real de carga se determina por la relación del diámetro del taladro y el diámetro de carga de explosivo dentro de este:

$$\Delta = \frac{\text{Diámetro de carga}}{\text{Diámetro de taldrs}} \quad (41)$$

Distancia entre filas

$$a = 1,3 * Wp; (m) \quad (42)$$

Distancia entre taladros de una fila

$$b = wp; (m) \quad (43)$$

Número de filas

$$Nf = \frac{B}{b} + 1; (m) \quad (44)$$

Donde:

$B \rightarrow$ Ancho de la trinchera;(m)

Reajuste de las distancias entre filas

$$br = \frac{B}{Nf - 1}; (m) \quad (45)$$

Número de taladros en una fila

$$Nbf = \frac{Ca}{br}; (m) \quad (46)$$

Donde:

$Ca \rightarrow$ Cantidad de metros de avance;(m)

Reajuste de las distancias entre taladros de la fila

$$ar = \frac{Ca}{Nbf}; (m) \quad (47)$$

Longitud de la sobreperforación

$$Ls = 0,2 * Wp; (m) \quad (48)$$

Magnitud de la carga de cada taladro



$$Qn = q * ar * Wp * Hn; (kg) \quad (49)$$

Longitud de los taladros de columna

$$Ln = Hn + Ls; (m) \quad (50)$$

Nota: En el caso del cálculo para la trinchera de apertura la magnitud de carga y longitud de los taladros se realiza independientemente para cada taladro para que esta trinchera quede con la pendiente que se necesita.

Donde:

$q \rightarrow$ Gasto específico de la sustancia explosiva: $0,5 \text{ kg/m}^3$

$Hp \rightarrow$ Altura hasta donde se pretende realizar la apertura

Los taladros de los bordes de la trinchera se perforarán con una inclinación de 85° para lograr una mayor precisión en el ángulo del talud.

Distancias entre filas de taladros inclinados y rectos en cada columna

La distancia de los taladros inclinados con respecto a los rectos se determinó de la siguiente forma:

$$Di = x + br; (m) \quad (51)$$

Donde:

$br \rightarrow$ Distancia entre filas de taladros rectos

$$x = \sqrt{L^2 - H^2} \quad (\text{Teorema de Pitágoras}) \quad (52)$$

$L \rightarrow$ Longitud del taladro donde se pretende realizar la apertura

2.13 Metodología de cálculo para el régimen de trabajo de la apertura

Días necesarios para la perforación de la trinchera de apertura

$$Dpta = \frac{Mpa}{Pba}; (\text{días}) \quad (53)$$

Donde:

$Mpa \rightarrow$ Cantidad de metros a perforar en la trinchera de acceso, se determinó mediante la suma de las longitudes de cada uno de los taladros de la trinchera de acceso: $130,26 \text{ m}$

$Pba \rightarrow$ Productividad de la carretilla barrenadora: 130 m/día

Tiempo para la carga y el transporte en la trinchera de acceso



$$Tcta = \frac{Vta}{Qc * 2}; (días) \quad (54)$$

Donde:

$Vta \rightarrow$ Volumen a extraer en la trinchera de apertura; m^3

$Qc \rightarrow$ Productividad del camión Belaz; $m^3/día$

Días de ejecución de la trinchera de acceso

$$Dta = Tcta + Dpta + Tmto + Tll; (días) \quad (55)$$

Donde:

$Tmto \rightarrow$ Tiempo de reparación y mantenimiento

$Tll \rightarrow$ Tiempo de interrupciones por lluvia

Días necesarios para la perforación de la trinchera de corte

$$Dptc = \frac{Mpc}{Pbc}; (días) \quad (56)$$

Donde:

$Mpc \rightarrow$ Cantidad de metros a perforar en la trinchera de corte: 276,48 m

$Ct \rightarrow$ Cantidad de taladros

$Lt \rightarrow$ Longitud de los taladros; (m)

$Pbc \rightarrow$ Productividad de la carretilla barrenadora; 130 m/día

Tiempo para la carga y el transporte de la trinchera de corte

$$Tctc = \frac{Vtc}{Qc * 2}; (días) \quad (57)$$

Donde:

$Vtc:$ Volumen a extraer en la trinchera de corte; m^3

Días de ejecución de la trinchera de corte

$$Dtc = Tctc + Dpta + Tmto + Tll; (días) \quad (58)$$



CAPITULO III: RESULTADOS DEL PROYECTO

En este capítulo se muestran los resultados de los cálculos realizados para el proyecto.

Volumen de material in situ a extraer en un año $\rightarrow 97181,73m^3/\text{año}$

3.1 Resultados del cálculo del equipamiento utilizado en las labores de destape

En las tablas 3.1, 3.2, y 3.3 se muestran los resultados de los cálculos del equipamiento utilizado para las labores de destape, correspondientes a las fórmulas (2-26).

Tabla 3.1 Resultados de los cálculos del buldócer para el destape

| Volumen a extraer | | 28 500 m ³ |
|---|-----------|---------------------------|
| Parámetros | Valor | U/M |
| Productividad horaria(Q) | 2 042 | m ³ /hora |
| Duración del turno de trabajo(Tt) | 12 | horas |
| Volumen del material en estado mullido que traslada la cuchilla(V) | 3,43 | m ³ |
| Coeficiente de utilización del buldócer en el tiempo(Ku) | 0,85 | - |
| Coeficiente de esponjamiento de la roca (Ke) | 1,4 | - |
| Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas del material durante su traslado(Kp) | 0,99 | - |
| Coeficiente que tiene en cuenta la friabilidad y humedad del material(β) | 0,006 | - |
| Distancia de transportación del material hasta la pila(l_2) | 10 | m |
| Coeficiente que tiene en cuenta la pendiente del terreno donde trabaja el buldócer(Ki) | 1 | - |
| Ancho del prisma formado por el material a los lados de la cuchilla durante el traslado(α) | 1,73 | - |
| Ángulo de reposo natural durante el traslado(Φ) | 30 | ° |
| Productividad por turno(Qt) | 20 848 | m ³ /turno |
| Productividad diaria (Qd) | 20 848 | m ³ /día |
| Productividad mensual (Qm) | 486 383 | m ³ /mes |
| Productividad trimestral ($Qtri$) | 1 459 360 | m ³ /trimestre |
| Productividad anual (Qa) | 5 837 440 | m ³ /año |
| Cantidad de buldócer anual (Cc) | 5 | — |



Tabla 3.2 Resultados de los cálculos del cargador Frontal Liugong 877 para el destape

| Simbología | Parámetros | Valor | U/M |
|-------------------|---|--------------|------------|
| Q_{teo} | Productividad teórica | 600 | $m^3/hora$ |
| Q_{tec} | Productividad técnica | 321,43 | $m^3/hora$ |
| Q_{exp} | Productividad de explotación | 364,5 | $m^3/hora$ |
| Q_{expd} | Productividad de explotación por día | 4 374 | $m^3/día$ |
| Q_{expt} | Productividad de explotación por turno | 4 374 | $m^3/día$ |
| T_t | Tiempo del turno de trabajo | 12 | horas |
| T_c | Tiempo de ciclo | 30 | s |
| t_{ll} | Tiempo para llenar la cuchara del cargador | 7 | s |
| T_{mc} | Tiempo de movimiento cargado | 9 | s |
| T_d | Tiempo de descarga | 6 | s |
| T_{mv} | Tiempo de movimiento vacío | 8 | s |
| C_c | Cantidad de cargadores necesarios | 1 | — |
| N_c | Cucharones necesarios para cargar el transporte | 4 | — |

Tabla 3.3 Resultados de los cálculos del transporte automotor Camiones Belaz 540 para el destape

| Simbología | Parámetros | Valor | U/M |
|-------------------|---|--------------|-------------|
| T_c | Tiempo de ciclo | 8,69 | min |
| T_{rc} | Tiempo de recorrido cargado | 0,72 | min |
| T_{rv} | Tiempo de recorrido vacío | 0,57 | min |
| T_c | Tiempo de carga del camión | 2 | min |
| | Distancia de recorrido | 240 | m |
| N_v | Cantidad de viajes de un camión por turno | 68 | — |
| Q_t | Productividad por turno | 859,24 | $m^3/turno$ |
| Q_d | Productividad diaria | 859,24 | $m^3/día$ |
| N_c | Número de camiones | 1 | — |



3.2 Resultados de los cálculos para el diseño de las trincheras

Las tablas 3.4 y 3.5 muestran los resultados del cálculo de las trincheras de acceso y corte respectivamente, (fórmulas desde 27-36).

Tabla 3.4 Parámetros de las trincheras de apertura

| Simbología | Parámetros | Valor | U/M |
|-------------|--|--------|-----------------------------|
| <i>Bp</i> | Ancho de la trinchera de apertura | 13 | <i>m</i> |
| <i>Lta</i> | Longitud de la trinchera de apertura | 100 | <i>m</i> |
| <i>Sta</i> | Área de la trinchera de apertura | 109,59 | <i>m</i> ² |
| <i>Vta</i> | Volumen de la trinchera de apertura | 10 960 | <i>m</i> ³ |
| <i>Veta</i> | Velocidad de ejecución de la trinchera de apertura | 2,53 | <i>m</i> ³ / día |
| <i>tet</i> | Tiempo de ejecución de la trinchera de apertura | 39,53 | días |

Tabla 3.5 Parámetros de la trinchera de corte

| Simbología | Parámetros | valor | U/M |
|------------|---|-----------|-----------------------------|
| <i>Bp</i> | Ancho de la trinchera de corte | 50 | <i>m</i> |
| <i>Lta</i> | Longitud de la trinchera de corte | 50 | <i>m</i> |
| <i>Sta</i> | Área de la trinchera de corte | 405,60 | <i>m</i> ² |
| <i>Vta</i> | Volumen de la trinchera de corte | 20 279,96 | <i>m</i> ³ |
| <i>Vet</i> | Velocidad de ejecución de la trinchera de corte | 0,68 | <i>m</i> ³ / día |
| <i>tet</i> | Tiempo de ejecución de la trinchera de corte | 73,53 | días |

En las tablas 3.6, 3.7 y 3.8 se muestran los resultados del cálculo del equipamiento a utilizar en la trinchera de acceso y de corte

Tabla 3.6 Resultados de los cálculos del cargador frontal Liugong 877 para la trinchera de apertura

| Simbología | Denominación de los parámetros | Valor |
|------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| <i>V</i> | Volumen de material | 10 960 <i>m</i> ³ |
| <i>Qt</i> | Productividad del cargador frontal | 3124 <i>m</i> ³ /turno |
| <i>Qd</i> | Productividad diaria | 3124 <i>m</i> ³ /día |
| <i>Cc</i> | Cantidad de cargadores trabajando | 1 |



Tabla 3.7 Resultados de los cálculos del Transporte automotor (camiones Belaz 540) para las trincheras de apertura

| Simbología | Denominación de parámetros | Valor | U/M |
|-------------------|---|--------------|----------------------------|
| <i>Trt</i> | Tiempo de recorrido total del camión | 10,6 | <i>min</i> |
| <i>trc</i> | Tiempo de recorrido cargado | 1,6 | <i>min</i> |
| <i>trv</i> | Tiempo de recorrido vacío | 1,3 | <i>min</i> |
| <i>tc</i> | Tiempo de carga del camión | 2 | <i>min</i> |
| <i>td</i> | Tiempo de descarga | 0,5 | <i>min</i> |
| <i>tmc</i> | Tiempo de maniobra cargado | 0,5 | <i>min</i> |
| <i>tmd</i> | Tiempo de maniobra en la descarga | 0,4 | <i>min</i> |
| <i>ter</i> | Tiempo de espera y retención | 4 | <i>min</i> |
| <i>dprc</i> | Distancia promedio de recorrido cargado | 600 | <i>m</i> |
| <i>dprv</i> | Distancia promedio de recorrido vacío | 600 | <i>m</i> |
| <i>Vprc</i> | Velocidad promedio de recorrido cargado | 20 | <i>km/hora</i> |
| <i>Vprv</i> | Velocidad promedio de recorrido vacío | 25 | <i>km/hora</i> |
| <i>Nv</i> | Cantidad de viajes de un camión por turno | 55 | — |
| <i>V</i> | Volumen de rocas que cabe en un camión | 15 | <i>m³</i> |
| <i>Qt</i> | Productividad del camión por turno | 859 | <i>m³/turno</i> |
| <i>Qd</i> | Productividad diaria | 859 | <i>m³/día</i> |
| <i>Nc</i> | Cantidad de camiones trabajando | 1 | — |

Tabla 3.8 Resultados de los cálculos del Cargador Liugong 877 para la trinchera de corte

| Simbología | Parámetros | Valor | U/M |
|-------------------|------------------------|--------------|------------|
| <i>Nc</i> | Cantidad de cargadores | 1 | — |

Tabla 3.9 Resultados de los cálculos del transporte automotor Belaz 85 A en la trinchera de corte

| Simbología | Parámetros | Valor | U/M |
|-------------------|----------------------|--------------|------------|
| <i>Nc</i> | Cantidad de camiones | 1 | — |

3.3 Resultados de los cálculos de perforación y voladura

En las tablas 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 y 3.14 se muestran los resultados de los cálculos de perforación y voladura para la trinchera de apertura y corte respectivamente (fórmulas 37-52)



Tabla 3.10 Resultados de los cálculos de perforación y voladura para la trinchera de apertura

| Simbología | Parámetros | Valor | U/M |
|-------------------|--|--------------|------------|
| <i>Pcb</i> | Productividad de la carretilla barrenadora | 130 | m^3/h |
| <i>Wp</i> | Línea de menor resistencia | 2,19 | <i>m</i> |
| <i>Nf</i> | Número de filas | 7 | — |
| <i>br</i> | Reajuste de las distancias entre filas | 2,16 | <i>m</i> |
| <i>Nbf</i> | Número de taladros en una fila | 47 | — |
| <i>ar</i> | Reajuste de las distancias entre filas | 2,17 | <i>m</i> |
| <i>Ls</i> | Longitud de la sobreperforación | 0,44 | <i>m</i> |

Tabla 3.11 Longitud de cada barreno y taladro respectivamente para la trinchera de apertura

| Simbología | Longitud | U/M |
|-------------------|-----------------|------------|
| L_1 | 0,61 | <i>m</i> |
| L_2 | 0,78 | <i>m</i> |
| L_3 | 0,95 | <i>m</i> |
| L_4 | 1,12 | <i>m</i> |
| L_5 | 1,29 | <i>m</i> |
| L_6 | 1,46 | <i>m</i> |
| L_7 | 1,63 | <i>m</i> |
| L_8 | 1,80 | <i>m</i> |
| L_9 | 1,97 | <i>m</i> |
| L_{10} | 2,14 | <i>m</i> |
| L_{11} | 2,31 | <i>m</i> |
| L_{12} | 2,48 | <i>m</i> |
| L_{13} | 2,65 | <i>m</i> |
| L_{14} | 2,82 | <i>m</i> |
| L_{15} | 2,99 | <i>m</i> |
| L_{16} | 3,16 | <i>m</i> |
| L_{17} | 3,33 | <i>m</i> |
| L_{18} | 3,50 | <i>m</i> |
| L_{19} | 3,67 | <i>m</i> |
| L_{20} | 3,84 | <i>m</i> |
| L_{21} | 4,01 | <i>m</i> |
| L_{22} | 4,18 | <i>m</i> |
| L_{23} | 4,35 | <i>m</i> |
| L_{24} | 4,52 | <i>m</i> |
| L_{25} | 4,69 | <i>m</i> |
| L_{26} | 4,86 | <i>m</i> |
| L_{27} | 5,03 | <i>m</i> |
| L_{28} | 5,20 | <i>m</i> |
| L_{29} | 5,37 | <i>m</i> |
| L_{30} | 5,54 | <i>m</i> |



| | | |
|----------|------|-----|
| L_{31} | 5,71 | m |
| L_{32} | 5,88 | m |
| L_{33} | 6,05 | m |
| L_{34} | 6,22 | m |
| L_{35} | 6,39 | m |
| L_{36} | 6,56 | m |
| L_{37} | 6,73 | m |
| L_{38} | 6,90 | m |
| L_{39} | 7,07 | m |
| L_{40} | 7,25 | m |
| L_{41} | 7,42 | m |
| L_{42} | 7,59 | m |
| L_{43} | 7,76 | m |
| L_{44} | 7,93 | m |
| L_{45} | 8,10 | m |
| L_{46} | 8,27 | m |
| L_{47} | 8,44 | m |

Tabla 3.12 Magnitud de carga de cada barreno y taladro respectivamente para la trinchera de apertura

| Magnitud de carga | Valor | U/M |
|--------------------------|--------------|------------|
| Q_1 | 2,11 | Kg |
| Q_2 | 2,69 | Kg |
| Q_3 | 3,28 | Kg |
| Q_4 | 3,87 | Kg |
| Q_5 | 4,46 | Kg |
| Q_6 | 5,05 | Kg |
| Q_7 | 5,64 | Kg |
| Q_8 | 6,22 | Kg |
| Q_9 | 6,81 | Kg |
| Q_{10} | 7,40 | Kg |
| Q_{11} | 7,99 | Kg |
| Q_{12} | 8,58 | Kg |
| Q_{13} | 9,17 | Kg |
| Q_{14} | 9,75 | Kg |
| Q_{15} | 10,34 | Kg |
| Q_{16} | 10,93 | Kg |
| Q_{17} | 11,52 | Kg |
| Q_{18} | 12,11 | Kg |
| Q_{19} | 12,69 | Kg |
| Q_{20} | 13,28 | Kg |
| Q_{21} | 13,87 | Kg |
| Q_{22} | 14,46 | Kg |
| Q_{23} | 15,05 | Kg |



| | | |
|----------|-------|------|
| Q_{24} | 15,64 | Kg |
| Q_{25} | 16,22 | Kg |
| Q_{26} | 16,81 | Kg |
| Q_{27} | 17,40 | Kg |
| Q_{28} | 17,99 | Kg |
| Q_{29} | 18,58 | Kg |
| Q_{30} | 19,18 | Kg |
| Q_{31} | 19,75 | Kg |
| Q_{32} | 20,34 | Kg |
| Q_{33} | 20,93 | Kg |
| Q_{34} | 21,52 | Kg |
| Q_{35} | 22,11 | Kg |
| Q_{36} | 22,69 | Kg |
| Q_{37} | 23,28 | Kg |
| Q_{38} | 23,87 | Kg |
| Q_{39} | 24,46 | Kg |
| Q_{40} | 25,08 | Kg |
| Q_{41} | 25,07 | Kg |
| Q_{42} | 26,26 | Kg |
| Q_{43} | 26,85 | Kg |
| Q_{44} | 21,43 | Kg |
| Q_{45} | 28,02 | Kg |
| Q_{46} | 28,61 | Kg |
| Q_{47} | 29,20 | Kg |

Tabla 3.13 Parámetros del pasaporte de perforación y voladura para la trinchera de corte

| Simbología | Parámetros | Valor | U/M |
|-------------------|---|--------------|------------|
| Wp | Línea de menor resistencia | 2,19 | m |
| ar | Reajuste de las distancias entre filas | 3,12 | m |
| Nf | Número de filas | 24 | — |
| br | Reajuste de las distancias entre taladros de una fila | 2,17 | m |
| Nbf | Número de taladros en una fila | 23 | — |
| Ls | Longitud de la sobreperforación | 0,44 | m |

Tabla 3.14 Longitud de los taladros en la trinchera de corte

| Simbología | Longitud | U/M |
|-------------------|-----------------|------------|
| L | 8,44 | m |



Tabla 3.15 Magnitud de carga de los taladros de la trinchera de corte

| Simbología | Valor | U/M |
|------------|-------|------|
| Q | 29,20 | Kg |

3.4 Régimen de trabajo en la apertura

La tabla 3.16 muestra los resultados de los cálculos para el régimen de trabajo (fórmulas 53-58).

Tabla 3.16 Resultados de los cálculos del régimen de trabajo

| Simbología | Parámetros | Valor |
|------------|---|------------|
| $Dpta$ | Días necesarios para la perforación de la trinchera de apertura. | 5,85 días |
| $Tcta$ | Tiempo para la carga y el transporte de la trinchera de apertura. | 12,75 días |
| Dta | Días necesarios para la ejecución de la trinchera de apertura | 21,6 días |
| $Dptc$ | Días necesarios para la perforación de la trinchera de corte. | 18,05 días |
| $Tctc$ | Tiempo para la carga y transporte de la trinchera de corte. | 23,60 días |
| Dtc | Días necesarios para la ejecución de la trinchera de corte | 44,65 días |

3.5 Seguridad y salud en el trabajo

En nuestro país desde el 28 de diciembre de 1977 está vigente la Ley 13 de Protección e Higiene del trabajo y su Reglamento general contenido en el decreto 101 del 3 de marzo de 1982 que rige el sistema de Seguridad y Salud del Trabajo (SST), las obligaciones, atribuciones y funciones de los organismos rectores en esta materia y de las administraciones; los deberes y derechos de los trabajadores y las funciones de la organización sindical, es decir, que en todo lo referente a SST cualquier Empresa está obligada a tener implantado, regir y cumplir el Reglamento anterior.(Yacel, 2013)

Medidas de seguridad para el trabajo con los cargadores

- No se permiten personas ni equipos en el área de trabajo de los cargadores en operación, con excepción de los camiones que se estén cargando.
- No se trabajará en bancos de altura mayor de 10.0 m cuando existan grietas o zonas inestables.



- No se trabajará con cables defectuosos o de menor resistencia.
- En tiempo de tormentas eléctricas o vientos fuertes se tomarán medidas de protección.
- El traslado de un cargador solo puede realizarse bajo la supervisión del jefe de turno u otra persona calificada.
- Durante el movimiento debe garantizarse el contacto visual o por radio, entre el operador y el especialista que dirige el movimiento.
- Los cargadores deben de estar provistos de señalización sonora para indicar el inicio y fin de cada operación a realizar.

Medidas de seguridad para el trabajo con perforadora

- Mantenerse a una distancia adecuada cuando se realice el traslado de la perforadora y el compresor.
- Tomar precauciones al tocar el varillaje y la broca, inmediatamente después de su utilización, ya que se corre el riesgo de quemaduras.
- Utilización, por parte del personal, de cascos anti ruidos, protecciones para los ojos y máscaras anti polvo.
- Utilizar los captadores para eliminar el polvo producido en la perforación.
- Utilizar luces de advertencia en los vehículos para aviso de sus movimientos en la cantera.
- El cambio de piezas se realizará con la perforadora estacionada. Estas operaciones pueden ser peligrosas y únicamente las realizará el personal calificado.

Medidas de seguridad para el trabajo con buldócer

- Se prohíbe operar los equipos con fallas en sus sistemas de seguridad. Se prohíbe pasar a una distancia menor de 10,0 m por detrás de los equipos trabajando.
- Se prohíbe trabajar en los bordes de los taludes que sean inestables o con altura mayor de 10,0 m.
- No transportar personas en la cabina ni en las parrillas laterales.

Medidas de seguridad para el trabajo con camión



- En tiempos lluviosos o de mucho polvo se reducirá la velocidad al mínimo durante el cruce con otros vehículos.
- No se acercará durante la descarga menos de 4,0 m a los bordes de los taludes que tengan una altura mayor de 4,0 m.
- No se desplazará el vehículo con el volteo levantado.
- No se permite llevar personas fuera de la cabina.
- No se puede adelantar a otro vehículo de transporte en movimiento.

Generalidades sobre la protección del Medio Ambiente

Las actividades mineras y su fin último de aprovechamiento de recursos configuran una importante parcela de la actividad económica de nuestro país. El desarrollo industrial, minero y urbano es uno de los factores que de manera más notable ha contribuido a la degradación del medioambiente, lo que ha llevado a la mayoría de los países industrializados a la necesidad de dar una respuesta efectiva a estos problemas con el fin de evitar cualquier atentado contra la naturaleza y proteger la calidad de vida.

Sin embargo, la preocupación de la sociedad hacia el medio ambiente cada vez es mayor y conllevó a un cambio en la forma de pensar de la industria minera, y con esto se han incorporado en las explotaciones mineras medidas hacia cuidado al medio ambiente.

En el artículo 41 c) de la Ley de Minas se expresa que:

Todos los concesionarios están obligados a preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área objeto de la concesión, elaborando estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades; tanto en dicha área como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquellos que puedan ser afectados.

En este capítulo se muestran los principales impactos producidos en la cantera “Calizas Chambas Sector I” durante su explotación y se proponen medidas para la protección y mitigación de estos impactos.



Identificación de los principales impactos producido por la explotación Minera

En la cantera en estudio se identificaron los siguientes impactos:

Degradación del suelo (Negativo), pérdida de la calidad o cantidad de suelo, lo que puede deberse a varios procesos principalmente por proceso de erosión. El proceso de degradación más importante es la pérdida de suelo por la acción del agua, el viento y los movimientos masivos o, más localmente, la acción de los vehículos y el pisoteo de los trabajadores. Sólo es grave en algunas áreas, sus efectos acumulativos y a largo plazo ofrecen preocupación.

Atmósfera (Negativo), existencia de grandes cantidades de polvo en el ambiente producto de los camiones, por la acción del viento sobre superficies cubiertas de partículas finas, la trituración de las rocas en el molino, descarga en el molino y en la formación de escombreras.

La acción del ruido debido a la trituración de la roca con martillos neumáticos, barrenación y movimiento de los equipos de carga y de transporte.

La acción del ruido debido a los trabajos de perforación y voladura.

Deforestación irreversible (Negativo) de la zona de cantera producto de la extracción del material útil.

Paisaje, pérdida de la calidad del paisaje producto de la extracción del material útil y la conformación de la cantera al final de la explotación.

Mejoras socioeconómicas (Positivo): Esta cantera además de contribuir al desarrollo de nuestra economía contribuye una fuente de empleo principalmente para los pobladores del municipio de Chambas y atenciones comunitarias en conjunto con las organizaciones de masas.

Medidas generales de protección y mitigación de impactos

Después de identificar los diferentes impactos negativos que ocasiona la cantera Calizas Chambas Sector I para el medio ambiente durante su explotación, se propone tener en cuenta las siguientes medidas para mitigar estos impactos.

1. Realizar un control del polvo en toda la cantera.
2. Riego de agua o estabilizante químicos a los caminos dos veces en un turno de trabajo.



3. Siembra de árboles para crear pantallas rompe vientos donde se pueda para disminuir la erosión del suelo.
4. Los camiones de carga de mineral transitaran a una velocidad moderada para no generar gran cantidad de polvo.
4. Realizar una explotación del yacimiento que permita la utilización a largo plazo de la cantera para otros fines económicos y sociales.
5. Eliminación de montículos y repies en el área de explotación.
6. Realizar el limpiado de los sedimentos y evitar su desbordamiento.
7. En las explotaciones con emanaciones de gases nocivos se realizará un análisis del ambiente trimestralmente como mínimo.
8. Durante la realización del desarrollo minero realizar el desbroce solo del área que está prevista sin afectar la vegetación de áreas circundantes.
9. Evitar el derramen de combustibles y lubricantes.



CAPITULO IV: EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.1 Gastos directos que se originan durante las labores de destape y escombreo

Los gastos directos originados por el proceso de desatape están constituidos por la suma de los gastos por concepto de salario, por concepto de amortización de los equipos y los gastos por concepto de combustible.

Gastos originados por perforación y voladura (G_{pv})

$$G_{pv} = V_{roca} * 2,13 = 31\,239,96 * 2,13 = \$66\,541,11 \quad (59)$$

En la tabla 4.1 se aprecian los gastos originados por concepto de salario.

Tabla 4.1 Gastos originados por concepto de salario (G_s)

| Puesto de trabajo | Cantidad Operadores | Salario mensual (\$/mes) | Tiempo de trabajo (meses) | Salario total (\$) |
|-----------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| Operario del cargador | 3 | 2100 | 1,12 | 7 056 |
| Operario del Buldócer | 5 | 2550 | 1,12 | 14 280 |
| Operario del camión | 3 | 2300 | 1,12 | 7 728 |
| Total | 11 | | | 29 064 |

En la tabla 4.2 se aprecian los gastos originados por concepto de combustible

Tabla 4.2 Gastos por concepto de combustible (G_c)

| Equipos | Cantidad Equipos | Consumo horario (l/hora) | Horas Operación | Precio del litro (US\$) | Costo Total |
|--------------|------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------|
| Cargador | 3 | 28 | 618,24 | 0,87 | 45 180,97 |
| Buldócer | 5 | 18,81 | 618,24 | 0,87 | 50 586,56 |
| Camión | 3 | 10 | 618,24 | 0,87 | 16 129,8 |
| Total | 11 | | | | 111 897,33 |

Gastos durante la carga y transporte

$$G_{ct} = G_s + G_c \quad (60)$$

$$G_{ct} = 111\,897,33 + 29\,064$$

$$G_{ct} = 140\,961,33\$$$



En la tabla 4.3 se muestran los gastos originados por concepto de neumáticos

Tabla 4.3 Gastos totales originados consumo de neumáticos

| Equipos | Cantidad Equipos | Consumo de neumático al año (U) | Costo de neumático(US\$) | Costo total |
|--------------|------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------|
| Cargador | 3 | 12 | 5000 | 60 000 |
| Camión | 3 | 18 | 500 | 9000 |
| Total | | | | 69 000 |

Gastos totales por consumo de neumático

$$G_n = \$69\,000 \quad (61)$$

En la tabla 4.4 se muestran los gastos totales originados mantenimiento (G_m)

Tabla 4.4. Gastos totales por concepto de mantenimiento

| Equipos | Cantidad Equipos | Horas de explotación (h) | Costo por hora | Costo total |
|--------------|------------------|--------------------------|----------------|------------------|
| Bulldócer | 5 | 618,24 | 10,62 | 32 828,54 |
| Cargador | 3 | 618,24 | 9,65 | 17 898 |
| Camión | 3 | 618,24 | 10,57 | 19 604,39 |
| Total | | | | 70 330,93 |

Gastos directos generales

$$G_d = G_c + G_{pv} + G_n + G_m \quad (62)$$

$$G_d = 111\,897,33 + 66\,541,11 + 70\,330,93$$

$$G_d = 248\,769,37\$$$

Gastos indirectos de la de apertura

$$G_i = G_d \times 0,12 \quad (63)$$

$$G_i = 248\,769,37 * 0,12$$

$$G_i = 29\,852,32\$$$

Gastos totales de la de apertura

$$G_t = G_d + G_i \quad (64)$$

$$G_t = \$278\,621,69$$

Costo por metro cúbico de roca extraído

$$Cme = \frac{G_t}{V} \$/m^3 \quad (65)$$



$$C_{me} = 4,66\$/m^3$$

V- volumen a extraer ($59\,743,509\,m^3$)



CONCLUSIONES

1. La caracterización ingeniero geológica del yacimiento Calizas Chambas Sector I permitió establecer los parámetros para su apertura.
2. La variante de apertura con trinchera de acceso de 100 m de longitud, 8 % de pendiente y 13 m de ancho por la zona noroeste del yacimiento permite la explotación desde el nivel +92 m hasta el +84 m del yacimiento Calizas Chambas Sector I.
3. El costo por metro cúbico de roca extraída durante la apertura del yacimiento asciende a 4,66 \$/m³.
4. Se establecieron las medidas para mitigar los impactos ambientales y de seguridad en el trabajo.



RECOMENDACIONES

1. Realizar el diseño de la explotación del yacimiento “Calizas Chambas Sector I” a partir de la cota +40 m considerando las complejidades hidrogeológicas.
2. Actualizar el cálculo económico de este proyecto en el momento de su ejecución por las posibles variaciones de precios de los materiales fundamentales.



BIBLIOGRAFÍA

1. Ávila, E. M. (2016). *Balance de Recursos minerales*. Ciego de Ávila.
2. Departamento de Ingeniería Civil de Minas, U. d. (s.f.). *Diseño de minas a Cielo Abierto*.
3. Dr. Fernando Plá Ortiz de Urbina, D. H. (s.f.). *Cuerso de laboreo I*. Universidad de Madrid Escuela tecnico Superior.
4. G., I. J. (2007). *Explotación a Cielo Abierto de Materiales de la Construcción*.
5. Helbert, J. H. (2006). *Métodos de minería a cielo abierto*. Madrid.
6. <http://www.oricaminingservices.con>. (s.f.). Recuperado el 10 de mayo de 2017, de <http://www.oricaminingservices.con:/ce/es/product/products> and [services/initiating systems/page initiating systems/exel conectadet/682](http://www.oricaminingservices.con/services/initiating systems/page initiating systems/exel conectadet/682)
7. Jose Otaño Noguel, A. C. (2001). *Trabajos mineros a Cielo Abierto*. Moa.
8. Jurídica. (s.f.). *Ley de Minería*.
9. Ministerio de Minas y Energía, U. P. (s.f.). *Explotación de Materiales de la Construcción*.
10. Noguel, J. O. (1998). *Fragmentación de rocas con explosivos*.
11. Quesada, R. W. (s.f.). *Curso de explotación a Cielo Abierto*.
12. Quesada, R. W. (s.f.). *Explotación de canteras*.
13. ULAEX, (2015) Catálogo de explosivos.



ANEXOS

Anexo 1: Buldócer Komatsu D-85A



Anexo 2 Características técnicas del buldócer Komatsu D-85A

Fuente: Empresa Materiales de la construcción de Ciego de Ávila

| Parámetros | Valor | U/M |
|-------------------------|--------|-------|
| Largo | 5,65 | m |
| Alto | 3,6 | m |
| Altura de la cuchilla | 1 | m |
| Ancho de la cuchilla | 4 | m |
| Consumo de combustible | 18,81 | L/h |
| Potencia | 180 | HP |
| Altura máxima de corte | 5 | m |
| Radio de giro exterior | 3,3 | m |
| Tipo de combustible | Diesel | — |
| Velocidad de corte | 120 | m/min |
| Velocidad de transporte | 190 | m/min |
| Disponibilidad mecánica | 85 | % |



Anexo 3: Cargador frontal Liugong 877



Anexo 4 Características técnicas del cargador frontal Liugong 877

Fuente: Empresa Materiales de la construcción Ciego de Ávila

| Parámetros | Valor | U/M |
|-------------------------|-------|--------|
| Volumen del cubo | 5 | m^3 |
| Disponibilidad mecánica | 81 | % |
| Radio de giro | 7 | m |
| Consumo de combustible | 28 | L/hora |

Anexo 5: Camión BeLAZ 540

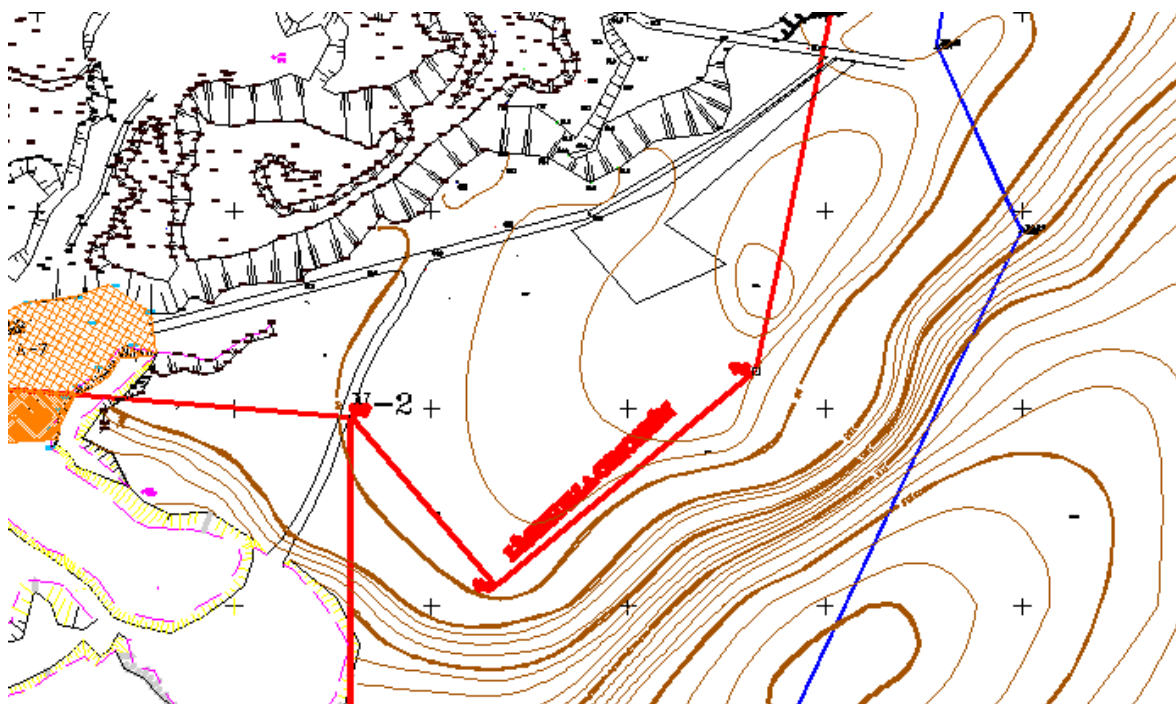


Anexo 6 Características técnicas del camión BeLAZ 540

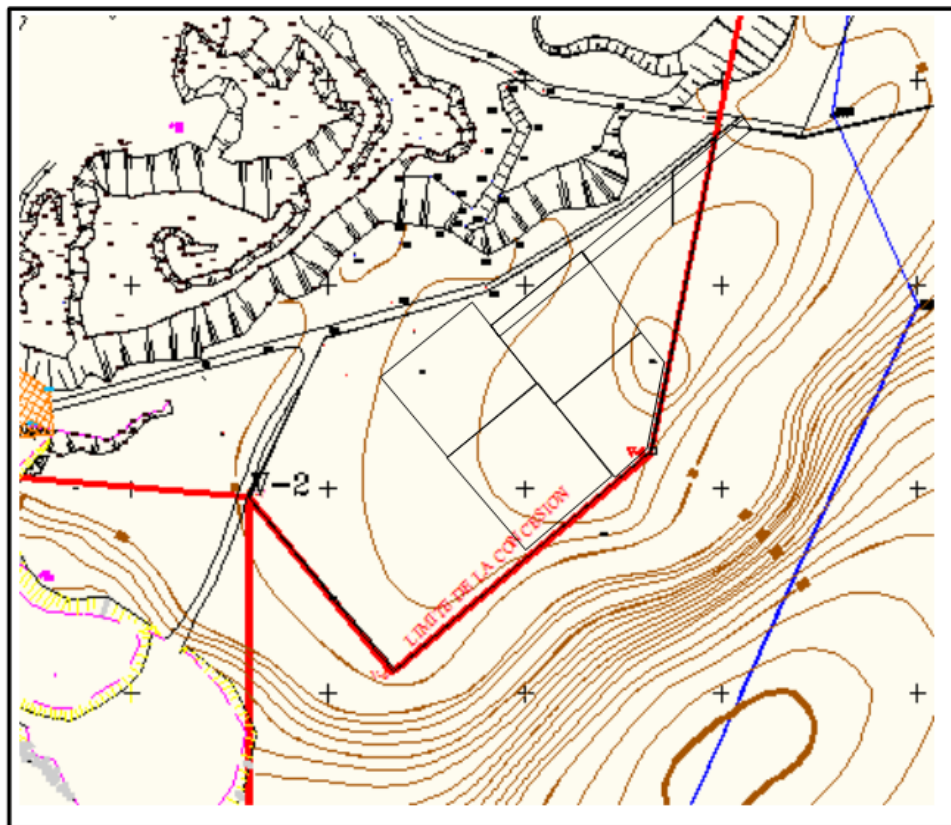
Fuente: Empresa Materiales de la construcción Ciego de Ávila

| Parámetros | Valor | U/M |
|------------------------------|-------|--------|
| Capacidad de carga | 15,6 | m^3 |
| Tipo de combustible | | |
| Potencia del motor | | |
| Consumo de combustible | | |
| Pendiente máxima superable | 10 | % |
| Ancho | 3,48 | m |
| Longitud | | |
| Mínimo radio de giro | 8,3 | m |
| Disponibilidad mecánica | | |
| Velocidad del camión cargado | 20 | km/h |
| Velocidad del camión vacío | 25 | km/h |

Anexo 7 Esquema de las trincheras de apertura y corte



Anexo 8 Esquema de Apertura del Sector I del yacimiento Calizas Chambas



Anexo 8 Esquema de Apertura del Sector I del yacimiento Calizas Chambas.

Anexo 9: Sustancias Explosivas para la voladura

Senatel Magnafrag





Fortel

Emp. Mat. Const. de Ciego de Avila
- MateCAN
Confianza en el Exito



Amex



Anexo 10: Accesorios utilizados para la voladura

Exel Handidet de 25 ms



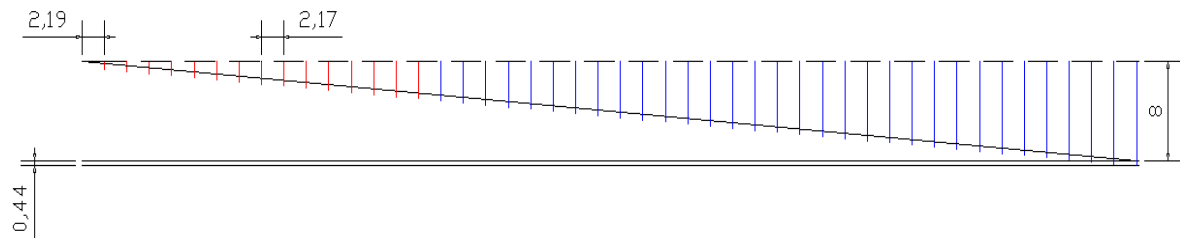
Exel Conectadet de 42 ms



Detonador eléctrico



Anexo 11 Perfil longitudinal de la disposición de los barrenos y taladros en la trinchera de apertura



Anexo 12 Perfil longitudinal de la trinchera de apertura.

