



INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
"Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ"
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINAS
DEPARTAMENTO DE MINAS

TRABAJO DE DIPLOMA

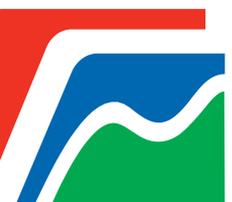
EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERA EN MINAS

**APERTURA DEL SEXTO HORIZONTE DE LA CANTERA DE
MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN EL CACAO.**

Autora: Ana Beatriz Parra Silva

Tutor: Dr. C. Roberto Lincoln Watson Quesada

"Moa 2015"
"Año 57 de la Revolución"





Ana Beatriz Parra Silva

Firma del autor

Dr.C. Roberto Watson Quesada

Firma del tutor



DEDICATORIA

A toda mi familia en especial a mi madre Ana Julia Silva Feria, y a la memoria de mis abuelos Rosa Aurora Feria Silva y Julio Ramón Silva Rodríguez.



AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida.

A toda mi familia que siempre me ha apoyado y siempre han estado a mi lado sin importar las circunstancias, en especial a mi madre por todo su esfuerzo y por ser mi guía y mi inspiración cada día.

A mis tías Julia Rosa y María Dolores que son mis segundas madres, a mis primos Carmen Rosa García, María del Carmen Torres y Jorge Julio Torres que siempre me apoyaron como hermanos.

A mi novio Reinier Salas Falcón por estar a mi lado a lo largo de estos cinco años en los momentos en que más lo necesité, por ser mi compañero incondicional y por nunca defraudarme.

A Jorge Torres, Herlán García y Víctor Pérez que a pesar de no tener su sangre los considero mi familia por toda la ayuda que me han brindado.

A toda la familia de mi novio y en especial a su mamá Rosa Falcón y a su tía Yolaida.

A mi tutor el Dr.C Roberto Watson Quesada, al colectivo de trabajadores de la cantera El Cacao en especial a Rodney Quesada y a su director Norberto, a los trabajadores de la empresa de materiales de la construcción de Granma en especial a la ingeniera Karina Milanés.

A todos mis profesores que me formaron como profesional y me inculcaron cualidades morales y sentimientos de amor y solidaridad, y



en especial a todos los que me ayudaron en la realización de este trabajo.

A mis compañeros de aula que estuvieron a mi lado cada día a lo largo de estos cinco años y me brindaron su ayuda siempre que lo necesité y aunque no pueda mencionarlos a todos siempre estarán en mi corazón, y a todos mis compañeros de la universidad en general.

A la Revolución cubana y a su líder Fidel Castro Ruz por darme la posibilidad de estudiar y formarme como profesional gratuitamente.

Y a todas aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron a que mi sueño se hiciera realidad.

A todos muchas gracias.



PENSAMIENTO



“La alegría es inmensa y sin embargo, queda mucho por hacer todavía. No nos engañemos creyendo que en lo adelante todo será fácil; quizás en lo adelante todo será más difícil.”

Fidel Castro Ruz



Resumen

La cantera de materiales para la construcción "El Cacao" ubicada en el municipio de Jiguaní perteneciente a la provincia Granma, es una de las que aporta mayor cantidad de materiales a toda la región oriental, la misma se explota actualmente a través de cinco frentes de trabajo, los cuales se han ido ampliando hacia los límites por toda la periferia del área tanto hacia el final como hacia los laterales del macizo en dirección (NE), de ahí surge la necesidad de la apertura de un nuevo horizonte de explotación con el objetivo de continuar la extracción de materiales.

La apertura del nuevo horizonte se efectuó mediante la realización de una trinchera de acceso que va de la cota +219 a la +211, para ello se efectuaron los cálculos de todos sus parámetros, como son: longitud, ancho y pendiente. Se realizaron los pasaportes de perforación y voladura tanto para la trinchera de acceso como para la de corte, se hizo el cálculo de los principales parámetros de los equipos a utilizar en la construcción de la misma, y se determinó la cantidad de días necesarios para la apertura. Para valorar la efectividad del proyecto se procedió al cálculo del costo de producción de un m³ de mineral extraído, el cual resultó ser 4.48 \$, y en dependencia del costo de los materiales que se comercializan en El Cacao se obtendrán 538 396.146 pesos de ganancia.

Al terminar dicha actividad se valoró el impacto ambiental que causará la explotación y por consiguiente se elaboró un plan de medidas correctoras para mitigar dicho impacto.



Summary

The quarry of materials for the construction The Cocoa located in the municipality of Jiguaní belonging to the county Granma, is one of those that contributes bigger quantity from materials to the whole oriental region, the same one you explodes at the moment through five work fronts, which have left enlarging toward you limit them for all the periphery of the area as much toward the end as toward the lateral of the solid one in address (NE), of there the necessity of the opening of a new horizon of exploitation arises with the objective of continuing the extraction of materials.

The opening of the new horizon was made by means of the realization of an access trench that goes of the bench mark +219 at +211 o'clock, for they were made it the calculations of all its parameters, like they are longitude, width and slope. They were carried out the perforation passports and explosion so much for the access trench like for that of court, you hiso the calculation of the main parameters of the teams to use in the construction of the same one, and the quantity of necessary days was determined for the opening.

To value the effectiveness of the project you proceeded to the calculation of cost of production of an extracted m^3 of mineral, which turned out to be 4.48 \$, and in dependence of the cost of the materials that you/they are marketed in The Cocoa 538 396.146 gain pesos they will be obtained.

When finishing this activity the environmental impact it was valued that it will cause the exploitation and consequently a plan was elaborated of having measured proofreaders to mitigate this impact.



Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.1 Apertura de los campos de minas y nuevos horizontes.....	5
1.2 Clasificación de los métodos de apertura.....	6
1.3 Elementos y parámetros de las trincheras	6
1.4 Métodos de laboreo de trincheras. Clasificación.	8
1.5 Apertura en Cuba.....	8
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO, DEL YACIMIENTO Y LA CANTERA	11
2.1 Ubicación geográfica.	11
2.2 Comunicación.	12
2.3 Relieve.....	12
2.4 Economía de la región.	13
2.5 Condiciones Climáticas.....	13
2.6 Hidrografía.....	14
2.7 Características geológicas del yacimiento.....	14
2.7.1 Agrietamiento.....	14
2.7.2 Morfología.....	15
2.7.3 Tectónica.	15
2.8 Características hidrogeológicas del yacimiento.....	15
2.9 Calidad de la roca útil y su uso industrial.	16
2.10 Propiedades físico – mecánicas:.....	16
CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA APERTURA DEL SEXTO HORIZONTE	18
3.1 Elección del lugar de emplazamiento de la trinchera de acceso	18



3.2 Cálculo de volúmenes de la trinchera de acceso al horizonte +211	19
3.3 Cálculo de volúmenes en la trinchera de corte.....	22
3.4 Equipamiento minero y de transporte para la trinchera de acceso y corte.	23
3.4.1 Cargador frontal volvo L180E.....	23
3.4.2 Transporte automotor	25
3.4.3 Buldócer Komatsu D-155Ax.....	29
3.5 Trabajos de perforación y voladura.....	32
3.5.1 Equipamiento técnico.....	32
3.5.2 Sustancias explosivas utilizadas.....	32
3.5.3 Detonadores utilizados	34
3.5.4 Pasaporte de perforación y voladura para la trinchera de acceso	36
3.5.5 Pasaporte de perforación y voladura en la trinchera de corte	50
3.6 Régimen de trabajo en la apertura.....	54
3.7 Plan calendario de minería	56
3.8 Evaluación económica	56
3.8.1 Gasto por concepto de materiales (Gm).....	57
3.8.2 Gasto por concepto de mantenimiento (Gmto).....	57
3.8.3 Gasto por concepto de salario (Gs).....	58
3.8.4 Gasto por concepto de amortización (Ga).....	58
3.8.5 Otros gastos por concepto de materiales referidos a los utilizados en los trabajos de perforación y voladura (Gexp).....	58
3.8.6 Cálculo de los gastos directos.....	59
3.8.7 Cálculo del gasto inducido o gasto indirecto.....	59



3.8.8 Costo total de la apertura (Ct)	59
3.8.9 Costo de un metro cúbico de roca extraído (Cme)	59
CAPÍTULO IV: TÉCNICAS DE SEGURIDAD, MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL TRABAJO Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.....	60
4.1 Seguridad minera y del medio ambiente	60
4.1.1 Reducir riesgos de trabajo al mínimo.....	61
4.1.2 Obligaciones de los trabajadores.....	61
4.1.3 Medidas adoptadas:.....	61
4.1.4 Medidas de seguridad durante los trabajos de perforación.....	62
4.1.5 Trabajos de Voladura.....	62
4.1.6 Trabajo con camiones de volteo	62
4.1.7 Medidas de seguridad durante los trabajos con el cargador.....	63
4.1.8 Trabajos con Buldócer.....	63
4.1.9 Vías de Acceso	64
4.2 Protección del medio ambiente.....	64
4.2.1 Identificación y Caracterización de los impactos ambientales	64
4.2.2 Identificación de los impactos.....	65
4.2.3 Medidas de protección y mitigación	65
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69
Anexos	70



INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad que día a día necesita incrementarse. Lo ha hecho desde tiempos remotos, cuando apenas se iniciaba la extracción de minerales y lo sigue haciendo año a año.

En un mundo cada vez más competitivo, donde la optimización de los recursos y el máximo aprovechamiento del material son absolutamente necesarios, este importante sector productivo no puede quedarse atrás.

En toda la historia Universal de la Humanidad, no ha existido ni una sola civilización que no haya basado su desarrollo, en todo o en parte, en el aprovechamiento de los recursos minerales. Sin embargo, a pesar de que las sociedades actuales no podrían sobrevivir sin la explotación de recursos minerales, el rechazo que actualmente vive la industria de los minerales es frontal.

Los minerales y la sociedad han estado ligados desde tiempos más remotos de la Humanidad. Los productos derivados de las sustancias minerales han estado siempre estrechamente ligados a todos los aspectos de la civilización y, en especial, a sus actividades, a su bienestar y a su calidad de vida. El grado de implicación entre el abastecimiento de las materias primas y el progreso es tal, que muchos de los conflictos bélicos habidos desde las épocas más remotas se han debido precisamente a la disputa de yacimientos minerales, situación que sigue presentándose hoy día, como es fácil observar.

Una observación detenida de lo que está sucediendo en el mundo, permite comprender fácilmente como los recursos minerales continúan siendo absolutamente vitales para el desarrollo de las sociedades y economías contemporáneas, partiendo de la propia necesidad de satisfacción de las necesidades básicas. Al igual que sucede con otras actividades económicas, no es posible percibir, en la actividad diaria, la mayor o menor importancia de la actividad minera ni su contribución directa e indirecta, sino que hay que acudir a cifras y estudios. A pesar de ello, los recursos minerales constituyen la parte más esencial e importante de las



fuentes energéticas, de los productos manufacturados, de la obra pública, de la construcción, del abastecimiento de alimentos, de la salud, etc.

El uso actual de minerales y materias primas procedentes de la actividad minera, es la base a partir de la cual se obtienen la mayoría de los productos de consumo y elementos de infraestructura disponibles en una sociedad.

Con frecuencia, el nivel de desarrollo de una sociedad se mide por los usos que cada nación hace de los recursos mineros, propios o importados, y su valor económico en las diferentes etapas de utilización y procesamiento.

El gobierno cubano ha puesto fundamental atención a las canteras de materiales para la construcción a lo largo y ancho del país. La cantera "El Cacao" situada en el municipio Jiguaní en la provincia Granma es una de las que aporta gran cantidad de materiales para la construcción al territorio oriental, garantiza el envío de diversos productos que se necesitan para llevar a cabo tareas planteadas por la revolución, lo cual contribuye con el aporte socio-económico para la construcción del socialismo.

Dicho yacimiento se explota actualmente a través de cinco frentes de trabajo (H +275, H +260, H +246, H +234, H +219), la explotación de la cantera se ha ido ampliando hacia los límites por todas la periferia del área tanto hacia el final como hacia los laterales del macizo en dirección (NE). A partir de lo antes planteado se declara como **problema**: La necesidad de realizar la apertura del sexto horizonte en la cantera de materiales para la construcción "El Cacao".

Objeto de estudio:

Métodos de apertura.

Campo de acción:

Último horizonte del yacimiento "El Cacao".

Objetivo general:

Diseñar la apertura del sexto frente de la cantera "El Cacao" para continuar su explotación.



Hipótesis:

Si se conocen las características ingeniero-geológicas de la zona de estudio y del yacimiento, se diseña la variante más viable técnica, económica y de seguridad minera, se podrá aperturar el sexto frente de la cantera "El Cacao" para poder continuar su explotación.

Objetivos específicos:

1. Exponer el marco teórico de la investigación.
2. Realizar la caracterización ingeniero - geológica de la zona de estudio, yacimiento y de la cantera.
3. Diseñar la apertura del sexto frente.
4. Técnicas de seguridad, medidas de protección del trabajo y protección del medio ambiente.

Tareas de la investigación:

1. Estudio del estado actual del tema en Cuba:
 - Estado actual de la problemática en Cuba.
 - Estado actual de la problemática en la región oriental.
 - Estado actual de la problemática en la cantera.
2. Caracterización ingeniero - geológica de la zona de estudio, del yacimiento y de la cantera.
 - Ubicación geográfica.
 - Comunicación.
 - Relieve.
 - Economía de la región
 - Condiciones Climáticas
 - Hidrografía.
 - Características geológicas del yacimiento.
 - Agrietamiento.
 - Morfología.
 - Tectónica.
 - Características hidrogeológicas del yacimiento.
 - Calidad de la roca útil y su uso industrial



- Propiedades físico – mecánicas
 - Principales exigencias a las condiciones minero – técnicas.
 - Caracterización de los parámetros geométricos de la cantera.
 - Caracterización del equipamiento empleado en la cantera.
3. Diseñar la apertura del sexto frente:
- Apertura.
 - Elementos y parámetros de las trincheras.
 - Elección del lugar de emplazamiento de la trinchera de acceso.
 - Cálculo de volúmenes de la trinchera de acceso.
 - Calculo de volúmenes para trinchera de corte.
 - Equipamiento minero y de transporte para la trinchera de acceso y corte.
 - Trabajos de perforación y voladura
 - Régimen de trabajo para la apertura
 - Plan calendario de minaría.
 - Evaluación económica
4. Técnicas de seguridad, medidas de protección del trabajo y protección del medio ambiente.
- Seguridad minera y del medio ambiente.
 - Reducir riesgos de trabajo al mínimo
 - Obligaciones de los trabajadores.
 - Trabajos de perforación.
 - Trabajos de voladura.
 - Frentes de trabajo en las minas a cielo abierto.
 - Trabajo con cargadores frontales.
 - Trabajo con camiones de volteo.
 - Trabajos con Buldócer
 - Vías de Acceso
 - Protección del medio ambiente.
 - Medidas de protección y mitigación



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Apertura de los campos de minas y nuevos horizontes

Como resultado de la realización de los trabajos mineros, se extraen las rocas de las entrañas de la tierra y se forman las excavaciones mineras a cielo abierto, el conjunto de las cuales se denomina cantera.

Los trabajos mineros se dividen en dos grupos por su participación en la formación de la cantera o mina a cielo abierto:

- Laboreo de las excavaciones mineras y construcciones e instalaciones para garantizar el enlace del transporte en la mina, estos son los trabajos relacionados con la apertura del yacimiento.
- Realización del destape y la extracción, estos son los trabajos mineros relacionados con los sistemas de explotación.

Por apertura se entiende el laboreo de excavaciones mineras (o instalaciones) que permiten el acceso del transporte desde la superficie de la tierra (o desde la plazoleta industrial de la cantera) hasta el yacimiento, o desde cualquier parte ya explotada hasta otra sin explotar, y que garantizan la preparación del frente de trabajo.

La definición dada demuestra que la tarea general de la apertura del yacimiento consiste en una serie de tareas particulares - apertura y preparación de horizontes separados -. Por ejemplo trincheras de entrada que realizan la apertura a cada escalón en conjunto forman el sistema de trincheras, que representan el método de apertura del yacimiento por trincheras.

La apertura realizada del yacimiento determina por mucho tiempo y a veces por siempre el orden de explotación y efectividad del trabajo de la cantera. Al analizar estos problemas el mayor significado lo tienen los siguientes factores:

- . tipo y ubicación mutua de las excavaciones de apertura
- . altura del escalón
- . dirección del desarrollo de los trabajos mineros en el espacio, determina la ubicación de las excavaciones de apertura
- . contornos finales de la cantera



- . sistema de explotación
- . tipo de transporte
- . plazo de construcción de la cantera
- . condiciones y forma de yacencia del cuerpo mineral
- . relieve de la localidad
- . ubicación en la superficie de instalaciones y escombreras
- . calidad del mineral
- . factores climáticos
- . condiciones y posibilidad de financiamiento

1.2 Clasificación de los métodos de apertura.

En el nivel actual de desarrollo de las empresas mineras de extracción, la apertura del campo de cantera puede realizarse de las formas siguientes:

- . con excavaciones mineras a cielo abierto (trincheras y semitrincheras)
- . con excavaciones mineras subterráneas (socavones, pozos, etc.)
- . con construcciones terrestres (presas, canales, etc)
- . con la combinación de las excavaciones mencionadas

La mayor difusión en la actualidad la ha obtenido el método de apertura con trincheras. Los demás métodos tienen una utilización limitada, relacionada con condiciones minero-geológicas específicas, por ejemplo: la combinación de piqueras y socavones para la explotación de yacimientos en las laderas de las montañas y cuando la cantera está situada por encima de las cotas que prevalecen en la superficie; la apertura con presas y canales se utiliza durante la explotación de placeres.

1.3 Elementos y parámetros de las trincheras

Una trinchera de apertura es una excavación minera inclinada que sirve para acceder a los horizontes o bancos de trabajo y permite la ubicación en ella de las vías de comunicación y que se transporte por ellas el mineral útil y las rocas de destape.



Las trincheras se caracterizan por los siguientes elementos y parámetros:

- ancho por el fondo (b);
- ángulo de los laterales (α);
- profundidad final (igual a la altura del banco);
- Longitud;
- pendiente.

Las trincheras de apertura (de entrada) terminan cuando se alcanza la cota del horizonte a preparar, a partir de aquí se laborea una excavación preparatoria horizontal denominada trinchera de corte, la cual crea el frente de trabajo en dicho horizonte

Las trincheras de apertura y de corte poseen profundidad final igual a la altura del banco, sin embargo las de apertura varían su profundidad proporcionalmente a la longitud, alcanzando el valor máximo cuando llega al horizonte que se pretende explotar.

Los ángulos de los bordos de las trincheras independientemente de las funciones de estas se determinan a partir de las propiedades físico-mecánicas de las rocas.

La pendiente "i" de las trincheras de corte como regla es igual a cero (en ocasiones se deja un desnivel muy pequeño para el desagüe, en las de apertura se determina en dependencia del tipo de transporte.

La longitud de las trincheras de apertura se determina a partir de su pendiente y la altura del banco (h), en los gráficos mineros se observa la proyección de la trinchera en el plano horizontal. La longitud de las trincheras de corte se determina en base a la longitud del bloque a preparar y el tipo de transporte utilizado.

El ancho de las trincheras por el fondo (b) se establece fundamentalmente a partir de los equipos mineros y de transporte utilizados en sus labores y los futuros equipos de explotación.

Las trincheras de apertura pueden ser exteriores o interiores partiendo de su ubicación, por el plazo de servicio pueden ser estacionarias (capitales),



semiestacionarias (en el bordo de la cantera temporalmente inactivo) y temporales (en el bordo de trabajo).

1.4 Métodos de laboreo de trincheras. Clasificación.

La apertura y preparación de nuevos horizontes de trabajo en las canteras garantizan el aseguramiento de la estabilidad o el aumento de la longitud del frente mineral, es decir, la estabilidad o el aumento de la productividad mineral de la cantera.

De la velocidad de laboreo de la trinchera depende la duración de la apertura y preparación de nuevos horizontes, la presencia o la ausencia de un frente suficiente de extracción o destape, por lo anteriormente expuesto, existe la tendencia de aumentar siempre la velocidad de laboreo de las trincheras.

Los métodos existentes de laboreo se pueden dividir en dos grupos:

- laboreo directo a toda profundidad con frente continuo;
- laboreo por capas,

A partir de la ausencia o presencia de los medios de transporte existen los siguientes métodos de laboreo.

- con transporte;
- sin transporte;
- métodos combinados.

Los parámetros de las trincheras dependen básicamente del equipamiento para su ejecución.

[Clases de la asignatura Explotación a Cielo Abierto, curso 2014-2015, primer semestre.]

1.5 Apertura en Cuba

La apertura de nuevos horizontes ha estado presente en Cuba desde el comienzo de los trabajos mineros y continúa vigente en la actualidad en todas las canteras de materiales para la construcción y minas del país, el desarrollo de la minería es inevitable y día a día se continúan profundizando y ampliando. En 2002 se realizó el proyecto de la apertura del quinto frente de la cantera El Cacao el mismo se realizó mediante una trinchera interior la cual va desde la



cota +234 a la +219 y tiene una longitud de 260 m, un ancho de 11.5 m, y la altura del banco de 15 m, este frente actualmente se encuentra en explotación.

Actualmente se encuentra en proyecto de apertura, por el diplomante Reinier Salas Falcón, la ampliación norte del yacimiento cantera blanca, a diferencia de este proyecto esa apertura se realizará mediante una semitrinchera que irá de la cota +25 a la +5, la misma tendrá un ancho de 12 m, una longitud de 90 m y la altura del banco será de 9 m.

Se realizó el proyecto de apertura del sector oeste del yacimiento Victoria II por Helvi Penehafo Mbango, el mismo se realizará mediante dos trincheras de acceso una por el flanco norte y la otra por el flanco sur, para de esta forma garantizar la extracción tanto en los períodos de lluvia como de seca, las trincheras irán de la cota +92 a la +82. Para realizar la apertura en el flanco norte se debe construir un camino de acceso ya que no existe acceso en esta, donde se va hacer la apertura. Este camino de acceso se construirá a partir del camino hormigonado que separa el yacimiento en sector oeste y sector este. Se puede ver en el plano topográfico que el área es llana donde la cota oscila entre +96 m y +97 m, es decir la pendiente es muy baja y no requerirá mucho movimiento de tierra. En el periodo de lluvia las operaciones de traslado de mineral hacia la planta de procesamiento no se interrumpirá ya que los camiones transitara por el camino hormigonado. Para hacer la apertura desde el flanco sur se debe construir un camino de acceso a partir de un camino secundario desde la cota +104.5 m hasta la cota +95 m. Según el análisis topográfico esta área es muy compleja, además bajando de la cota +104.5 m hasta la cota +95 m hay una pendiente muy alta lo que significa mucho trabajo de movimiento de tierra (corte y relleno) para la construcción de este camino para que cumpla con los requisitos establecidos, especialmente la pendiente con camiones que va a transitar por ello pueda vencer cuando estén cargados y vacíos. Se realizarán dos trincheras de acceso una por cada flanco que tendrá un ancho de 28 m y una longitud de 125 m, ambas trincheras se unirán mediante una trinchera de corte que tendrá un ancho de 28 m.



También está en proceso de elaboración por el diplomante Carlos Córdova Hechemendía el proyecto de apertura del yacimiento la Cecilia para acceder al nivel superior y así explotar de manera descendente, esta se realizará mediante una rampa de acceso que ira de la cota +100 a la +130, la misma tendrá un ancho de 27 m una longitud de 163 m.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO, DEL YACIMIENTO Y LA CANTERA

2.1 Ubicación geográfica.

El yacimiento se encuentra ubicado en el municipio de Jiguani, provincia de Granma. La zona del yacimiento está comprendida en el mapa topográfico de escala 1:50,000 del I.C.G.C Hoja Baire 4976-IV.

Las coordenadas geográficas del centro del yacimiento son:

20° 16' 42" Latitud Norte

76° 26' 15 Longitud Oeste.

Las coordenadas en el sistema Lambert de los extremos del yacimiento son:

X = 541,778 – 543,299.6

Y = 179,721.3 – 181,572.6

La cantera se encuentra a 1.5 Km. al norte del poblado de Minas Harlem; siendo el centro administrativo más importante de la zona. Además se encuentra enlazada con el pueblo de Santa Rita mediante una carretera de segundo orden (asfaltada), la distancia que la separa del poblado mencionado anteriormente es de 8 Km. Desde la cantera hasta la ciudad de Bayamo hay 32 Km.



Fig. 1: Mapa de ubicación geográfica de la región de estudio



Las coordenadas nacionales del área de explotación ocupan un área de 60 ha en la cantera y son las siguientes:

<u>Vértice</u>	<u>Norte</u>	<u>Este</u>
1	180 700	542 400
2	180 700	541 900
3	181 300	541 900
4	181 600	542 100
5	181 600	542 400
6	181 200	542 800
1	180 700	542 400

El procesamiento para áridos ocupa un área de 10.24 ha y sus coordenadas son las siguientes:

<u>Vértice</u>	<u>Norte</u>	<u>Este</u>
1	180 400	541 824
2	180 443	541 662
3	180 502	541 654
4	180 522	541 724
5	180 597	541 690
6	180 557	541 600
7	180 800	541 600
8	180 800	541 900
9	180 400	541 900
1	180 400	541 824

2.2 Comunicación.

El yacimiento se comunica con el poblado de Minas Harlem y Santa Rita mediante una carretera asfaltada y ésta se une con la carretera central que comunica con el municipio de Jiguaní y Bayamo siendo estos los centros administrativos más importantes de la zona.

2.3 Relieve.

El yacimiento presenta un relieve muy accidentado con variaciones bruscas en la pendiente. Al suroeste de la cantera se encuentra una elevación de caliza de



forma alargada con una longitud algo mayor que 1.5 Km. Las cotas absolutas de la zona alcanzan valores de 200 a 325 metros, en la superficie del área se localizan cañadas relativamente poco profundas con una dirección general Noroeste-Suroeste. El yacimiento drena por varias cañadas más, las cuales son de pequeñas profundidades tendiendo a aumentar la profundidad.

También se observan dos depresiones circulares, encontrándose una al Noroeste de la cantera de Mármol y la otra en la parte Norte del frente de cantera actual, en estas dos depresiones se observa una disminución brusca de la pendiente, por lo que el relieve en estas zonas se presenta algo llano con restos de pequeñas elevaciones.

2.4 Economía de la región.

La región es importante por sus reservas de manganeso metalúrgico, cuyos depósitos no se explotan. La población de la zona está constituida por agricultores pequeños, obreros de esta cantera "El Cacao" y dos de extracción de bloques para mármol así como obreros de empresas minoristas.

Minas Harlem además cuenta con un acueducto propio, dos plantas generadoras de corriente eléctrica, hospital, servicios de correo, banco y se encuentran varias tiendas administrada por el MINCIN.

Las condiciones del transporte son favorables ya que las canteras actuales se encuentran próximas a las carreteras que une a Minas Harlem con Santa Rita y así con la carretera central.

La región posee grandes reservas de materiales para la construcción (calizas) y estas pueden ser utilizadas en otras ramas de la industria.

2.5 Condiciones Climáticas.

Según observaciones de la temperatura, se obtuvieron valores medios de éstas que se pueden considerar históricos y que son aplicados en la zona. En dicho estudio se determinó una media anual de 24,6°C con mínima de 21°C en el mes de Enero y máxima de 32°C en el mes de Agosto.

Basados en datos obtenidos del Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencia, se delimitaron dos períodos de lluvia, comprendido entre Mayo - Junio



- Septiembre y Noviembre, así como dos períodos relativamente secos comprendidos entre Diciembre - Abril - Julio y Agosto.

Las lluvias más frecuentes son de tipo aguaceros tropicales, y en pocas ocasiones duran tiempos prolongados.

2.6 Hidrografía.

Desde el punto de vista de hidrográfico se puede observar que el río cautillo es el de mayor importancia en la zona aunque existen otros arroyos intermedios de menor importancia que son afluentes del mismo.

2.7 Características geológicas del yacimiento.

Las calizas que componen el yacimiento "El Cacao" pertenecen a la formación Charco Redondo de edad Eoceno Medio, las mismas yacen concordantemente sobre la formación "El Cobre" de edad Paleoceno – Eoceno Medio, las rocas de esta última formación no fueron detectadas en el área investigada durante la perforación de los pozos.

En la zona se localizan afloramientos de rocas vulcanógenas del paleoceno, rocas carbonatadas del Eoceno Medio y Superior.

Los depósitos de la secuencia Charco Redondo desarrollados en la zona estudiada, poseen un contenido de hasta 99 % de CO_3Ca (carbonato de calcio) y son bastante homogéneos. Las calizas que componen este yacimiento se presentan masivas y compactas, de colores blancos a crema, llegando incluso a tener tonos rosados.

Las calizas poseen alta dureza, en algunas ocasiones se presentan alteradas y sin indicios de estratificación.

Las arcillas que aparecen en el yacimiento poseen poca potencia pues en la mayor parte de los casos se presentan rellenando oquedades (cavernas rellenas de arcillas), además aparecen cubriendo las calizas en la superficie de algunas zonas de este yacimiento.

2.7.1 Agrietamiento.

En los frentes de canteras se observan grietas con dirección predominante Noroeste – Sureste con un ángulo de inclinación de 10° , en algunas ocasiones



estas grietas se encuentran rellenas por un material de color rojo intenso es decir que el yacimiento es homogéneo y compacto.

2.7.2 Morfología.

El yacimiento presenta una potencia variable oscilando entre 10.95 – 109.85 metros teniendo un promedio total de 55.86 metros. Tiene un buzamiento de 10 – 12° en dirección suroeste. Además está compuesto por calizas organógenas detríticas pelitomórficas. En muy pocas ocasiones se observan intercalaciones de margas de color verde claro. Hay que destacar que también presenta cavernas rellenas de arcillas aunque a veces están vacías.

2.7.3 Tectónica.

Las calizas se encuentran afectadas por los procesos cársticos (cavernas y grietas rellenas de arcillas).

Fuera de los límites del área del yacimiento se localizan fallas, las cuales se hallan en la parte Noreste y Suroeste, presentando una gran longitud. Podemos señalar que la ondulación del terreno observado en el área, está causado por un lento movimiento tectónico y los fenómenos de meteorización y erosión. También es posible encontrar en el macizo las calizas yaciendo horizontalmente o con buzamientos pequeños.

2.8 Características hidrogeológicas del yacimiento.

El yacimiento tiene condiciones hidrogeológicas favorables. Según los datos del informe geológico, el nivel de las aguas subterráneas se encuentra debajo del límite inferior de las reservas calculadas.

No existe peligro de inundación de la cantera con las aguas pluviales, ya que la cantera proyectada es del tipo elevado (montañoso).

En caso de la acumulación de las aguas pluviales en la cantera durante la explotación del horizonte inferior (211 m) será necesario construir un foso y montar la instalación de bombeo, para ello se debe de realizar un amplio estudio para pronosticar el volumen de agua que se acumulará para luego diseñar el foso.



2.9 Calidad de la roca útil y su uso industrial.

Después de haberse evaluado la materia prima que compone el yacimiento diremos que la caliza es masiva, dura, poco absorbente y muy resistente.

Químicamente la caliza es pura presentando los siguientes promedios para todo el yacimiento.

CO ₃ Ca	98,28%
CO ₃ Mg	0,60%
Si ₃ O ₂	0,27%
Al ₂ O ₂	0,10%
Fe ₂ O ₃	0,07%
P ₂ O ₅	0,02%
TiO ₂	0,007%
SO ₃	Tr%
PPI	43,48%
Na ₂ O + K ₂ O	0,021

2.10 Propiedades físico – mecánicas:

Peso específico corriente	2,62 g/cm ³
Saturado	2,66 g/cm ³
Aparente	2,71 g/cm ³
Peso volumétrico	2,64 kg/m ³
Resistencia a la compresión seca	643 kg/cm ²
Saturado	529 kg/cm ²
Coefficiente de trituración	400 kg/cm ²
Absorción	0,56%
Porosidad	2,67%
Coefficiente de esponjamiento	1,5%



Los diferentes usos industriales de la materia prima se ubica en la rama de la construcción entre ello se encuentran los siguientes:

- Producción de áridos finos y gruesos.
- Elaboración de hormigones de alta resistencia, morteros y mamposterías.
- Producción de cal y carburo de calcio.
- Fines ferroviarios (balastos y traviesas).
- Para la industria azucarera.
- Alcalización de las aguas.

2.11 Principales exigencias a las condiciones minero-técnicas:

- Potencia mínima del horizonte útil: 15 m
- Potencia máxima de las rocas de destape: 5 m
- Relación de la potencia de rocas de destape con respecto a la potencia del horizonte útil- no menos de 1: 10 m.
- La fortaleza de la roca en base a la resistencia a compresión es de 6.
- Espesor de intercalaciones estériles- 1,5 m por escalón de 15 m.

[Vinet, J; Regueíferos, M. (1976). *Informe final sobre los trabajos de exploración detallada del yacimiento de calizas " El Cacao "*. Granma: Jiguaní.]

CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA APERTURA DEL SEXTO HORIZONTE

3.1 Elección del lugar de emplazamiento de la trinchera de acceso

Con la apertura de este nuevo frente se obtiene un volumen de reservas listas de 900 000 m³ en un área de 60 000 m² (hasta donde llega el avance de los horizontes superiores). La cantera con una extracción anual de 240 000 m³ en macizo asegura reservas para cuatro años de explotación en este solo frente. Se prevé la apertura a través de una trinchera de acceso que irá de la cota + 219 a la cota de proyecto +211, la trinchera se encontrará a una distancia de 400 m de la planta y las coordenadas del punto de inicio y fin de la misma son las siguientes:

Punto de inicio:

X: 542 103,6710

Y: 180 889,4557

Punto final:

X: 542 187,7230

Y: 180993,1367

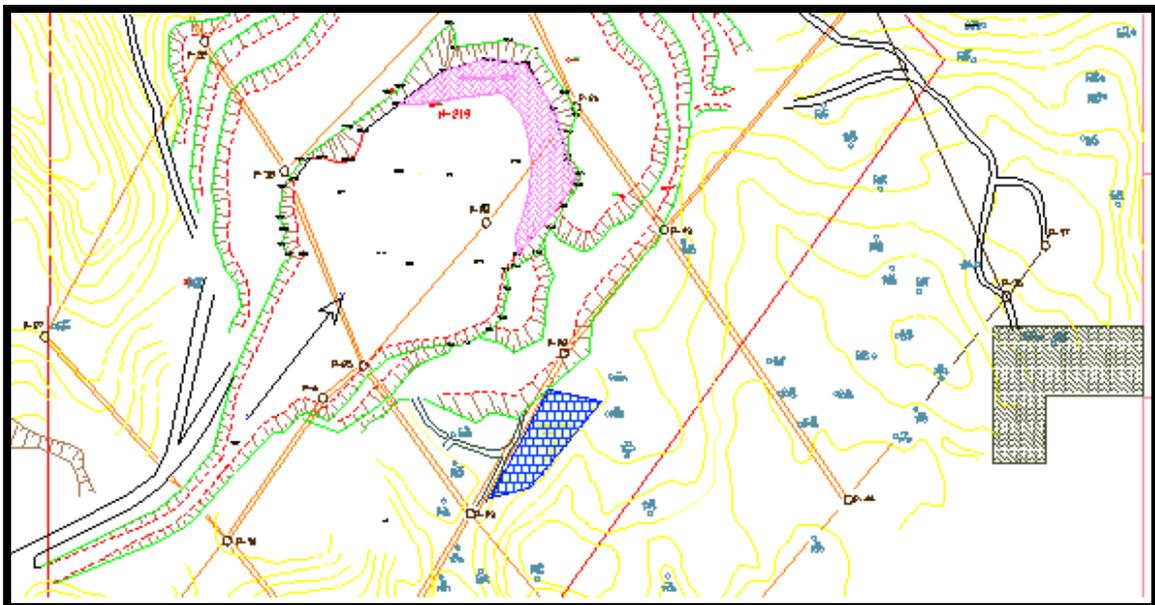


Fig. 2 Ubicación de la trinchera de acceso



Fig. 3: punto de inicio de la trinchera

Teniendo en cuenta las propiedades físico-mecánico del material a extraer, se planifica la fragmentación de la roca con perforación y voladura.

3.2 Cálculo de volúmenes de la trinchera de acceso al horizonte +211

Los trabajos proyectados para la construcción de la trinchera de acceso se ejecutarán mediante la excavación en roca dura, que son los trabajos encaminados a extraer el material útil que se encuentra en la sección de la vía y que permite el acceso al nuevo escalón.

Longitud de la trinchera de acceso:

$$LD = \frac{H * 100}{i}$$

Donde:

i = Pendiente del camino (8 %)

H = Altura (11 m)

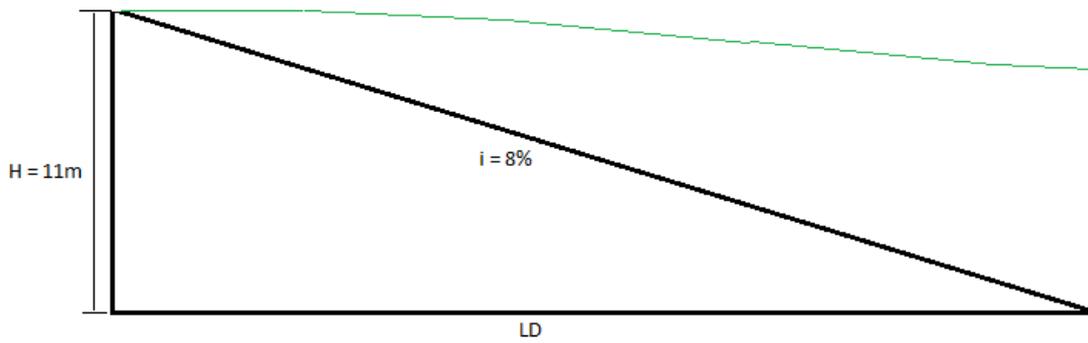
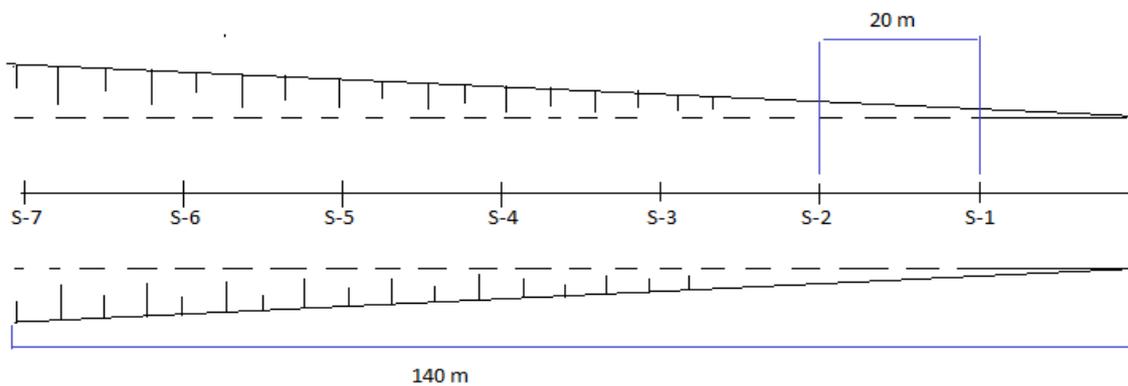


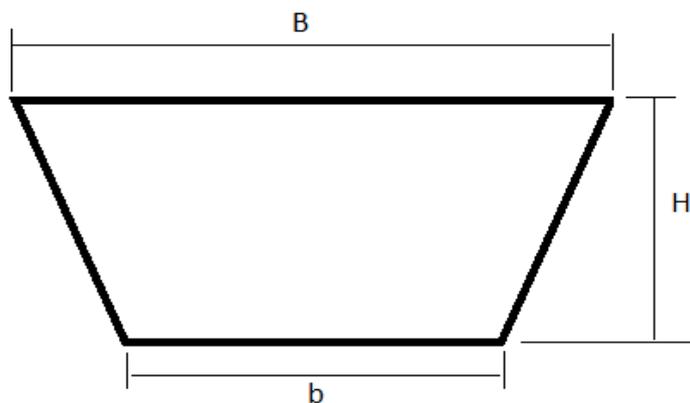
Fig. 4: Esquema longitudinal de una trinchera de acceso

La trinchera de acceso tendrá una longitud de 140 m.

Para obtener los volúmenes a extraer en la trinchera de acceso se realizaron 7 secciones distantes cada una a 20 metros. (fig. 5)



El área de cada una de las secciones se calculó por la regla del trapecio (fig.6)



$$A_m = h * \frac{B+b_n}{2}$$



Donde:

B – Ancho superior, m

b_n – Ancho por el piso de la trinchera acceso, m

H – Altura, m

$$b_n = 2A + m + 2n + 2x$$

$$b_n = 2 * 3,80 + 1,5 + 2 * 0,6 + 2 * 0,6$$

$$b_n = 11,5 \text{ m}$$

Donde:

b_n – Ancho por el piso, m.

A – Ancho del camión, m.

m – Holgura entre dos camiones al encuentro; m. (m=1 a 2 m)

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

x – ancho cuneta.

El cálculo del volumen se realizó por la siguiente fórmula:

$$V_m = \frac{A_0 + A_1}{2} \times L + \frac{A_1 + A_2}{2} \times L + \dots + \frac{A_{n-1} + A_n}{2} \times L$$

$$V_m = \frac{0 + 19,3}{2} * 20 + \frac{19,3 + 39,1}{2} * 20 + \frac{39,1 + 50,3}{2} * 20 + \frac{50,3 + 63,3}{2} * 20 + \frac{63,3 + 82}{2} * 20 \\ + \frac{82 + 98}{2} * 20 + \frac{98 + 115,5}{2} * 20$$

$$V_m = 12\,295,5 \text{ m}^3$$

Donde:

V_m – Volumen en macizo, m^3 .

A – Área de las secciones, m^2 .

L – distancia entre las secciones, m. L= 20 m.



Tabla 3.1 Áreas de las secciones así como la de los volúmenes.

Nº de las secciones	Estacionado	Roca dura		
		Área (m ²)	Long (m)	Vol (m ³)
0	0+000	-	-	-
1	0+020	19,3	20	193
2	0+040	39,1	20	584
3	0+060	50,3	20	894
4	0+080	63,3	20	1136
5	0+100	82	20	1453
6	0+120	98	20	1800
7	0+140	115,5	20	2135
Total				8195
Volumen Total esponjado (1.50)				12 295.5

3.3 Cálculo de volúmenes en la trinchera de corte.

Determinación del ancho por el piso de la excavación en la trinchera de corte.

$$b_c = 2(n + R) + A$$

$$b_c = 2(1,0 + 9,25) + 3,8$$

$$b_n = 24,3 \text{ m}$$

Donde:

b_c – Ancho por el piso de la trinchera de corte.

n – Ancho de los bordes sobrantes de la franja rodante, 0,4 a 1,0 m.

R – Radio de giro del camión.

A – Ancho del camión.

Cálculo de volúmenes de la trinchera corte.

$$V_{TC} = (b_c + H * \cot \beta) * H * L$$

$$V_{TC} = (24,3 + 8 * \cot 85^0) * 8 * 200$$

$$V_{TC} = 39\,999 \text{ m}^3$$

In situ



$$V_{TC} = 39\,999 * 1,5 = 59\,999,7 \text{ m}^3$$

Esponjado

Donde

H – altura del escalón, m.

β – ángulo del talud.

L – longitud de la trinchera de corte, m.

3.4 Equipamiento minero y de transporte para la trinchera de acceso y corte.

3.4.1 Cargador frontal volvo L180E.

El equipamiento previsto para realizar los trabajos de extracción y carga de los camiones volteo es un cargador frontal volvo L180E, por lo que calcularemos la productividad que este puede alcanzar en el periodo de apertura.

1. Productividad del cargador frontal volvo L180E

$$Q_c = \frac{3600 * Ec \text{ arg} * Tt * Kll * Ku}{Tc * Ke} = 2\,566 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Donde:

$Ec \text{ arg}$ → Capacidad de la cuchara del cargador. – $4,4 \text{ m}^3$

Tt → Tiempo del turno de trabajo. -12 h

Kll → Coeficiente de llenado de la cuchara del cargador. – 0,75

Ku → Coeficiente de utilización del cargador. – 0,81

Tc → Tiempo de ciclo. – 30 seg

Ke → Coeficiente de esponjamiento. -1,5

2. Tiempo de ciclo del cargador frontal.

$$Tc = tll + tmc + td + tmv = 30 \text{ seg}$$



Donde:

t_{ll} → Tiempo para llenar la cuchara del cargador. – 7 seg

t_{mc} → Tiempo de movimiento cargado. – 9 seg

t_d → Tiempo de descarga de la cuchara. - 6 seg

t_{mv} → Tiempo de movimiento vacío. - 8 seg

3. Cantidad de cargadores necesario para la carga del transporte.

$$C_c = \frac{K_{irr} * V}{Q_c * N_t * N_d} = 0,7 \approx 1 \text{ cargador}$$

Donde:

K_{irr} → Coeficiente de irregularidad de los trabajos del cargador: 1,15

V → Volumen de material que tiene que cargar el cargador: 72 295,2 m³

N_t → Número de turnos de trabajo del cargador: 1

N_d → Número de días de trabajo del cargador: 46 días

Q_c → Productividad del cargador: 2566 m³/turno

4. Cantidad de cucharones necesarios para la carga del transporte.

$$N_c = \frac{E_{cam}}{E_{carg} * K_{ll}} = 4,2 \approx 4 \text{ cucharones}$$

E_{cam} → Capacidad de carga del camión - 14 m³



Tabla 3.2 parámetros del cargador frontal volvo L180E.

Simbología	Denominación de los parámetros	Valor
Q_c	Productividad del cargador frontal (m^3 /turno)	2566
$E_{c\ arg}$	Capacidad de la cuchara del cargador (m^3)	4,4
T_t	Tiempo del turno de trabajo (horas)	12
K_{ll}	Coeficiente de llenado de la cuchara del cargador	0,75
K_u	Coeficiente de utilización del cargador	0,81
K_e	Coeficiente de esponjamiento	1,5
T_c	Tiempo de ciclo(seg)	30
t_{ll}	Tiempo para llenar la cuchara del cargador(seg)	7
t_{mc}	Tiempo de movimiento cargado(seg)	9
t_d	Tiempo de descarga de la cuchara(seg)	6
t_{mv}	Tiempo movimiento vacío(seg)	8
C_c	Cantidad de cargadores necesarios	1
N_d	Número de días de trabajo	46
N_c	Cantidad de cucharones necesarios	4
E_{cam}	Capacidad de carga del camión(m^3)	14

3.4.2 Transporte automotor

El transporte del material se prevé realizarlo con camiones volteo Velaz 7540 desde el frente de trabajo hasta el molino. Los camiones se desplazarán a una velocidad de 20 km/h cargados y 25 km/h vacío, estos equipos serán cargados por el cargador frontal Volvo L 180 E.

El cálculo de la necesidad de camiones volteo cargado por el cargador frontal volvo se determinó de la siguiente forma

1. Cálculo del tiempo de recorrido total del camión

$$Trt = trc + trv + tc + td + tmc + tmd + ter = 9,56 \text{ min}$$

Donde:

trc → Tiempo de recorrido cargado.- 1,2 km/h



$trv \rightarrow$ Tiempo de recorrido vacío. – 0,96 km/h

$tc \rightarrow$ 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

2. Tiempo de recorrido cargado

$$trc = 60 * \frac{dprc}{Vprc} = 1,2 \text{ min}$$

Donde:

$dprc \rightarrow$ Distancia promedio de recorrido cargado. - 400 m

$Vprc \rightarrow$ Velocidad promedio de recorrido cargado.- 20 km/h

3. Tiempo de recorrido vacío

$$trv = 60 * \frac{dprv}{Vprv} = 0,96 \text{ min}$$

Donde:

$dprv \rightarrow$ Distancia promedio de recorrido vacío. – 400 m

$Vprv \rightarrow$ Velocidad promedio de recorrido vacío. – 25 km/h

4. Tiempo de carga de un camión

$$tc = \frac{Nc}{Nciclo} = 2$$

$$Nciclo = \frac{60}{Tc} = 2$$



Donde:

N_c → Cantidad de cucharas cargadas en un camión. - 4

N_{ciclo} → Cantidad de ciclos de excavación en un minuto.- 2

T_c → Tiempo de ciclo del cargador. – 30 seg

5. Cálculo de la cantidad de viajes de un camión por turno

$$N_v = \frac{T_t - (T_{op} + T_{des})}{T_{rt}} = 61 \text{ viajes}$$

Donde:

T_t → Duración del turno de trabajo.- 720 min

T_{op} → Tiempo para realizar las operaciones preparatorias y finales. – 45 min

T_{des} → Tiempo de descanso en el turno de trabajo. – 90 min

6. Cálculo del volumen de rocas que cabe en el camión

$$V = E_{carg} * K_{ll} * N_c = 13,2 \text{ m}^3$$

Donde:

E_{carg} → Capacidad de carga del cargador. – 4,4 m³

K_{ll} → Coeficiente de llenado de la cuchara del cargador. – 0,75

N_c → Cantidad de cucharas cargadas en un camión – 4

7. Cálculo de la productividad del camión por turnos

$$Q_t = N_v * k_{ll} * E_{cam} = 802.76 \text{ m}^3/\text{turno}$$

$$k_{ll} = \frac{V}{E_{cam}} = 0,94$$



8. Cálculo de la cantidad de camiones trabajando en el turno

$$N_{trab} = \frac{P_{tc}}{Q_t * K_{uc}} * K_{irr} = 1,8 \approx 2 \text{ camiones}$$

Donde:

P_{tc} → Productividad de la cantera por turno. -1224 m³

Q_t → Productividad del camión por turno -802,76 m³ / turno

K_{uc} → Coeficiente de utilización de los camiones en el turno. – 0,81

K_{irr} → Coeficiente de irregularidad del camión durante el ciclo de trabajo.- 0,9

9. Cálculo de la cantidad de camiones en inventario.

$$N_{inv} = \frac{N_{trab}}{K_{pt}} = 2.4 \approx 3 \text{ camiones}$$

K_{pt} : Coeficiente de preparación técnica del equipo

Tabla 3.3 parámetros del camión volteo

Simbología	Denominación de los parámetros	Valor
T_{rt}	Tiempo de recorrido total del camión (min)	9,56
t_{rc}	Tiempo de recorrido cargado (min)	1,2
t_{rv}	Tiempo de recorrido vacío (min)	0,96
t_c	Tiempo de carga (min)	2
t_d	Tiempo de descarga(min)	0,5
t_{mc}	Tiempo de maniobra durante la carga (min)	0,5
t_{md}	Tiempo de maniobra durante la descarga (min)	0,4
t_{er}	Tiempo de espera y retención (min)	4
d_{prc}	Distancia promedio de recorrido cargado (km)	0,4
V_{prc}	Velocidad promedio de recorrido cargado(km/h)	20
d_{prv}	Distancia promedio de recorrido vacío (km)	0,4
V_{prv}	Velocidad promedio de recorrido vacío(km/h)	25



<i>Nc</i>	Cantidad de cucharas cargadas en un camión	4
<i>Nciclo</i>	Cantidad de ciclos de excavación en un minuto	2
<i>Tc</i>	Tiempo de ciclo del cargador (seg)	30
<i>Nv</i>	Cantidad de viajes de un camión por turno	61
<i>Tt</i>	Duración del turno de trabajo (min)	720
<i>Top</i>	Tiempo para realizar las operaciones preparatorias y finales (min)	45
<i>Tdes</i>	Tiempo de descanso en el turno de trabajo (min)	90
<i>V</i>	Volumen de rocas que cabe en el camión (m ³)	13,2
<i>Ec arg</i>	Capacidad de carga del cargador (m ³)	4,4
<i>Kll</i>	Coeficiente de llenado de la cuchara del cargador	0,75
<i>Ntrab</i>	Cantidad de camiones trabajando en el turno	2
<i>Qt</i>	Productividad del camión por turno (m ³ /turno)	802,76
<i>Ptc</i>	Productividad de la cantera por turno (m ³ turno)	1224
<i>Kuc</i>	Coeficiente de utilización de los camiones en el turno	0,81
<i>Kirr</i>	Coeficiente de irregularidad del camión durante el ciclo de trabajo	0,9
<i>Ninv</i>	Cantidad de camiones en inventario	3
<i>Kpt</i>	Coeficiente de preparación técnica del equipo	0,85

3.4.3 Buldócer Komatsu D-155Ax

1- Productividad del buldócer

$$P_t = \frac{3600 * T_t * V * K_a * K_u * K_i}{K_e * T_c} = 1691,5 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Donde:

Tt → Duración del turno de trabajo. -12 h

V → Volumen del material en estado mullido que se traslada con la cuchilla.-
6,4 m³



K_a → Coeficiente que tiene en cuenta el aumento del rendimiento cuando la cuchilla del buldócer tiene forma de caja. - 1

K_u → Coeficiente de utilización del buldócer en el turno. – 0,81

K_i → Coeficiente que tiene en cuenta la pendiente del terreno donde trabaja el buldócer. – 0,75

K_e → Coeficiente de esponjamiento. – 1,5

T_c → Duración del ciclo. – 66,2 seg

$$V = \frac{(L * h^2)}{2} * \cot \beta = 6,4 m^3$$

Donde:

L → Longitud de la cuchilla. – 4 m

h → Altura de la cuchilla. – 1,5 m

β → Angulo del material durante el traslado. – 35°

$$T_c = \frac{l_1}{V_1} + \frac{l_2}{V_2} + \frac{l_1 + l_2}{V_3} + t_c + 2t_g = 66,2 \text{ seg}$$

Donde:

l_1 → Longitud para cortar el volumen V de la cuchilla del buldócer. – 5 m

l_2 → Distancia que recorre el buldócer cargado.- 25 m

v_1 → Velocidad de movimiento durante corte. – 1 m/s

v_2 → Velocidad de movimiento del buldócer cargado. – 1.3 m/s

v_3 → Velocidad de movimiento del buldócer vacío. – 2 m/s

t_c → Tiempo de cambio de velocidad. - 7 seg

t_g → Tiempo de giro del buldócer. 10 seg



Tabla 3.4 parámetros del buldócer

Simbología	Denominación de los parámetros	Valor
P_t	Productividad de buldócer por turnos(m^3 /turno)	1691,5
T_t	Duración del turno de trabajo(h)	12
V	Volumen del material en estado mullido que se traslada con la cuchilla(m^3)	6,4
K_a	Coeficiente que tiene en cuenta el aumento del rendimiento cuando la cuchilla del buldócer tiene forma de caja	1
K_u	Coeficiente de utilización del buldócer en el turno	0,81
K_i	Coeficiente que tiene en cuenta la pendiente del terreno donde trabaja el buldócer	1
K_e	Coeficiente de esponjamiento	1.5
T_c	Duración del ciclo(seg)	66,2
l_1	Longitud para cortar el volumen V de la cuchilla del buldócer(m).	5
l_2	Distancia que recorre el buldócer cargado (m).	25
v_1	Velocidad de movimiento durante corte(m/seg)	1
v_2	Velocidad de movimiento del buldócer cargado (m/seg).	1,3
v_3	Velocidad de movimiento del buldócer vacío(m/seg)	2
t_c	Tiempo de cambio de velocidad(seg)	7
t_g	Tiempo de giro(seg)	10
L	Longitud de la cuchilla(m)	4
h	Alto de la cuchilla(m)	1,5
β	Angulo del material durante el traslado.	35^0
K_p	Coeficiente que tiene en cuenta la pérdida del material durante el traslado.	0,85



3.5 Trabajos de perforación y voladura

3.5.1 Equipamiento técnico

Los trabajos de perforación y voladura serán contratados por la empresa EXPLOMAT, la misma lo realiza con una carretilla barrenadora modelo Rock 460 PC que utiliza un compresor Atlas Copco XHAS – 365, con diámetro del taladro de 115 mm.

1- Cálculo de la productividad de la carretilla barrenadora.

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

Dt → Duración del turno de trabajo; 720 *min*

Tpc → Tiempo de operaciones preparatorias conclusivas; 30 *min*

Tpr → Tiempo de paradas reglamentarias en el 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 Tf se han tomado por los resultados obtenidos desde el año 2000 por la brigada de explomat.

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

[Herrera Herbert, J. (2006). Introducción a los fundamentos de la tecnología minera. Capítulo I: *Situación actual de la minería y análisis del desarrollo de la industria de los minerales*. Madrid: Editorial Fundación Gómez Pardo.]

3.5.2 Sustancias explosivas utilizadas

- **Senatel Magnafrac:**

1- Descripción

La emulsión encartuchada Senatel Magnafrac es un explosivo robusto y sensible a un detonador. El explosivo es de color blanco y de una consistencia robusta, similar a la masilla.



2- Aplicación

Es un explosivo encartuchado a prueba de agua, 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 de Senatel Magnafrac la hacen un cebador ideal para la iniciación de columnas de ANFO.

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

- **Anfo:**

1- Descripción

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 25kg.

2- Aplicación

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.

Tabla 3.5 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	-



3.5.3 Detonadores utilizados

- **Exel Handidet**

1- Descripción

Corresponde a un detonador compuesto por dos cápsulas y un tubo no eléctrico. Una de las cápsulas se utiliza en superficie para iniciar tubos no eléctricos, mientras que la otra se usa en el interior de los barrenos 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 no eléctricos.
- Cápsula Fuerza 12, cuya función es iniciar la carga explosiva que va al interior del barreno.
- Tubo de choque 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.

2- Aplicación

El detonador Exel Handidet se utiliza en voladuras a cielo abierto. Este producto está diseñado para ser utilizado en conjunto con Exel Conectadet, entre sus beneficios se cuenta con:

- 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.



- **Detonador de superficie: Exel Conectadet**

1- Descripción

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.

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

- 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.

2- Aplicación

El detonador Exel Conectadet se utiliza principalmente en voladuras a cielo abierto.

Este producto está diseñado para iniciar tubo no eléctrico, contándose entre sus beneficios:

- 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.

[Catálogo " *Unión Latinoamericana de Explosivos* ". (2013) ULAEX.]

3.5.4 Pasaporte de perforación y voladura para la trinchera de acceso

1- Línea de menor resistencia por el piso

$$Wp = 53 * Kt * Dc \sqrt{\frac{\Delta * e}{\gamma}}$$

$$Wp = 53 * 0,9 * 0,115 \sqrt{\frac{1,15 * 1}{2,64}}$$

$$Wp = 3,6 \text{ m}$$

Donde:

K_T : Coeficiente de agrietamiento del macizo de rocas: 0,9

D_c : Diámetro de los taladros: 0,115 m

Δ : Densidad de carga: 1,15 g/cm³

γ : Masa volumétrica de la roca: 2,64 g/cm³

e : Coeficiente de la capacidad de trabajo : 1

2- Distancia entre taladros en la fila

$$a = M \times W_p$$

$$a = 1 \times 3,6$$

$$a = 3,6 \text{ m}$$

Donde:

M : Coeficiente de aproximación de las cargas: 1

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

3- Distancia entre filas de taladros rectos

$$b = 0,85 \times a$$

$$b = 0,85 \times 3,6$$



$$b = 3,06 \text{ m}$$

Donde:

a: Distancia entre taladros en la fila

4- Número de filas

$$N_f = \frac{B}{b} + 1$$

$$N_f = \frac{11,5}{3,06} + 1$$

$$N_f = 4,8 \approx 5 \text{ filas}$$

Donde:

b: Distancia entre filas de taladros

B: Ancho de la rampa de acceso por el fondo: 11.5 m

5- Reajuste de la distancia entre filas de taladros rectos

$$b_r = \frac{B}{N_f - 1}$$

$$b_r = \frac{11.5}{5 - 1}$$

$$b_r = 2,9 \text{ m}$$

Donde:

N_f : Número de filas

B: Ancho de la rampa de acceso por el fondo: 11.5 m

6- Números de taladros en una fila

$$N_{ff} = \frac{M_a}{a}$$

$$N_{ff} = \frac{140}{3,6}$$

$$N_{ff} = 38.88 \approx 39$$

Donde:

M_a : Cantidad de metros de avance: 140 m



a: Distancia entre taladros en la fila : 3,6 m

7- Reajuste de la distancia entre taladros de la fila

$$a_r = \frac{M_a}{N_{ff}}$$

$$a_r = \frac{140}{39}$$

$$a_r = 3,6 \text{ m}$$

Donde:

M_a : Cantidad de metros de avance: 140 m

N_{ff} : Números de taladros en la fila: 39

8- Longitud de sobreperforación

$$L = 0,2 \times W_p$$

$$L = 0,2 \times 3,6$$

$$L = 0,72 \text{ m}$$

Donde:

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

9- Longitud mínima de relleno

$$L_r = 0,75 \times W_p$$

$$L_r = 0,75 \times 3,6$$

$$L_r = 2,7 \text{ m}$$

Donde:

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

10- Magnitud de la carga de los taladros rectos de cada columna

$$Q_1 = q \times a_r \times W_p \times H_1 = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 0,3 = 1,9 \text{ Kg}$$

$$Q_2 = q \times a_r \times W_p \times H_2 = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 0,6 = 3,9 \text{ Kg}$$

$$Q_3 = q \times a_r \times W_p \times H_3 = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 0,9 = 5,8 \text{ Kg}$$



$$Q_4 = q \times a_r \times W_p \times H_4 = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 1,2 = 7,8 \text{ Kg}$$

$$Q_5 = q \times a_r \times W_p \times H_5 = 0,5 \times 3,56 \times 3,6 \times 1,5 = 9,7 \text{ Kg}$$

$$Q_6 = q \times a_r \times W_p \times H_6 = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 1,8 = 11,7 \text{ Kg}$$

$$Q_7 = q \times a_r \times W_p \times H_7 = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 2,1 = 13,6 \text{ Kg}$$

$$Q_8 = q \times a_r \times W_p \times H_8 = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 2,4 = 15,5 \text{ Kg}$$

$$Q_9 = q \times a_r \times W_p \times H_9 = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 2,7 = 17,5 \text{ Kg}$$

$$Q_{10} = q \times a_r \times W_p \times H_{10} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3 = 19,4 \text{ Kg}$$

$$Q_{11} = q \times a_r \times W_p \times H_{11} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3,3 = 21,4 \text{ Kg}$$

$$Q_{12} = q \times a_r \times W_p \times H_{12} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3,3 = 21,4 \text{ Kg}$$

$$Q_{13} = q \times a_r \times W_p \times H_{13} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3,4 = 22,0 \text{ Kg}$$

$$Q_{14} = q \times a_r \times W_p \times H_{14} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3,5 = 22,7 \text{ Kg}$$

$$Q_{15} = q \times a_r \times W_p \times H_{15} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3,6 = 23,3 \text{ Kg}$$

$$Q_{16} = q \times a_r \times W_p \times H_{16} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3,8 = 24,6 \text{ Kg}$$

$$Q_{17} = q \times a_r \times W_p \times H_{17} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3,9 = 25,3 \text{ Kg}$$

$$Q_{18} = q \times a_r \times W_p \times H_{18} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4,1 = 26,6 \text{ Kg}$$

$$Q_{19} = q \times a_r \times W_p \times H_{19} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4,2 = 27,2 \text{ Kg}$$

$$Q_{20} = q \times a_r \times W_p \times H_{20} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4,4 = 28,5 \text{ Kg}$$

$$Q_{21} = q \times a_r \times W_p \times H_{21} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4,6 = 29,8 \text{ Kg}$$

$$Q_{22} = q \times a_r \times W_p \times H_{22} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4,7 = 30,5 \text{ Kg}$$

$$Q_{23} = q \times a_r \times W_p \times H_{23} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4,9 = 31,7 \text{ Kg}$$

$$Q_{24} = q \times a_r \times W_p \times H_{24} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 5,2 = 33,7 \text{ Kg}$$

$$Q_{25} = q \times a_r \times W_p \times H_{25} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 5,4 = 35 \text{ Kg}$$

$$Q_{26} = q \times a_r \times W_p \times H_{26} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 5,6 = 36,3 \text{ Kg}$$



$$Q_{27} = q \times a_r \times W_p \times H_{27} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 5.8 = 37.6 \text{Kg}$$

$$Q_{28} = q \times a_r \times W_p \times H_{28} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 6.1 = 39.5 \text{Kg}$$

$$Q_{29} = q \times a_r \times W_p \times H_{29} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 6.2 = 40.2 \text{ Kg}$$

$$Q_{30} = q \times a_r \times W_p \times H_{30} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 6.3 = 40.8 \text{Kg}$$

$$Q_{31} = q \times a_r \times W_p \times H_{31} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 6.6 = 42.8 \text{ Kg}$$

$$Q_{32} = q \times a_r \times W_p \times H_{32} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 6.7 = 43.4 \text{ Kg}$$

$$Q_{33} = q \times a_r \times W_p \times H_{33} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 6.9 = 44.7 \text{ Kg}$$

$$Q_{34} = q \times a_r \times W_p \times H_{34} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 7.1 = 46.0 \text{ Kg}$$

$$Q_{35} = q \times a_r \times W_p \times H_{35} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 7.3 = 47.3 \text{ Kg}$$

$$Q_{36} = q \times a_r \times W_p \times H_{36} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 7.5 = 48.6 \text{ Kg}$$

$$Q_{37} = q \times a_r \times W_p \times H_{37} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 7.6 = 49.2 \text{ Kg}$$

$$Q_{38} = q \times a_r \times W_p \times H_{38} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 7.8 = 50.5 \text{ Kg}$$

$$Q_{39} = q \times a_r \times W_p \times H_{39} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 8 = 51.8 \text{ Kg}$$

Donde:

H: Altura hasta donde se pretende aperturar

q: Gasto específico de S.E se toma de tabla: (0,5 kg/m³)

W_p: Línea de menor resistencia por el piso: 3.6 m

a_r: Distancia entre taladros en la fila: 3.6 m

11-Longitud de los taladros rectos de cada columna:

$$L_1 = H_1 + L = 0,3 + 0,72 = 1,02 \text{ m}$$

$$L_2 = H_2 + L = 0,6 + 0,72 = 1,32 \text{ m}$$

$$L_3 = H_3 + L = 0,9 + 0,72 = 1,62 \text{ m}$$

$$L_4 = H_4 + L = 1,2 + 0,72 = 1,92 \text{ m}$$

$$L_5 = H_5 + L = 1,5 + 0,72 = 2,22 \text{ m}$$



$$\begin{aligned}L_6 &= H_1 + L = 1.8 + 0,72 = 2.52 \text{ m} \\L_7 &= H_2 + L = 2.1 + 0,72 = 2.82 \text{ m} \\L_8 &= H_3 + L = 2.4 + 0,72 = 3.12 \text{ m} \\L_9 &= H_4 + L = 2.7 + 0,72 = 3.42 \text{ m} \\L_{10} &= H_5 + L = 3 + 0,72 = 3.72 \text{ m} \\L_{11} &= H_1 + L = 3.3 + 0,72 = 4.02 \text{ m} \\L_{12} &= H_2 + L = 3.3 + 0,72 = 4.02 \text{ m} \\L_{13} &= H_3 + L = 3.4 + 0,72 = 4.12 \text{ m} \\L_{14} &= H_4 + L = 3.5 + 0,72 = 4.22 \text{ m} \\L_{15} &= H_5 + L = 3.6 + 0,72 = 4.32 \text{ m} \\L_{16} &= H_1 + L = 3.8 + 0,72 = 4.52 \text{ m} \\L_{17} &= H_2 + L = 3.9 + 0,72 = 4.62 \text{ m} \\L_{18} &= H_3 + L = 4.1 + 0,72 = 4.82 \text{ m} \\L_{19} &= H_4 + L = 4.2 + 0,72 = 4.92 \text{ m} \\L_{20} &= H_5 + L = 4.4 + 0,72 = 5.12 \text{ m} \\L_{21} &= H_2 + L = 4.6 + 0,72 = 5.32 \text{ m} \\L_{22} &= H_3 + L = 4.7 + 0,72 = 5.42 \text{ m} \\L_{23} &= H_4 + L = 4.9 + 0,72 = 5.62 \text{ m} \\L_{24} &= H_5 + L = 5.2 + 0,72 = 5.92 \text{ m} \\L_{25} &= H_1 + L = 5.4 + 0,72 = 6.12 \text{ m} \\L_{26} &= H_2 + L = 5.6 + 0,72 = 6.32 \text{ m} \\L_{27} &= H_3 + L = 5.8 + 0,72 = 6.52 \text{ m} \\L_{28} &= H_4 + L = 6.1 + 0,72 = 6.82 \text{ m} \\L_{29} &= H_5 + L = 6.2 + 0,72 = 6.92 \text{ m} \\L_{30} &= H_1 + L = 6.3 + 0,72 = 7.02 \text{ m} \\L_{31} &= H_2 + L = 6.6 + 0,72 = 7.32 \text{ m} \\L_{32} &= H_3 + L = 6.7 + 0,72 = 7.42 \text{ m} \\L_{33} &= H_4 + L = 6.9 + 0,72 = 7.62 \text{ m} \\L_{34} &= H_5 + L = 7.1 + 0,72 = 7.82 \text{ m} \\L_{35} &= H_3 + L = 7.3 + 0,72 = 8.02 \text{ m} \\L_{36} &= H_4 + L = 7.5 + 0,72 = 8.22 \text{ m}\end{aligned}$$

$$L_{37} = H_5 + L = 7.6 + 0,72 = 8.32 \text{ m}$$

$$L_{38} = H_1 + L = 7.8 + 0,72 = 8.52 \text{ m}$$

$$L_{39} = H_2 + L = 8 + 0,72 = 8.72 \text{ m}$$

Donde:

H: Altura hasta donde se pretende aperturar

L: Longitud de sobreperforación: 0.72 m

Los taladros de los bordes de la trinchera se perforarán con una inclinación de 70° para lograr una mejor precisión en el ángulo del talud.

1- Distancia entre filas de taladros inclinados y rectos en cada columna de la 1 a la 39

La distancia de los taladros inclinados (D_i) con respecto a los rectos se determinó de la siguiente forma (ver figura 3.1):

$$D_i = x + br$$

Donde:

br : Distancia entre filas de taladros rectos

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

L: Longitud del taladro hasta donde se pretende aperturar

H: Altura hasta donde se pretende aperturar

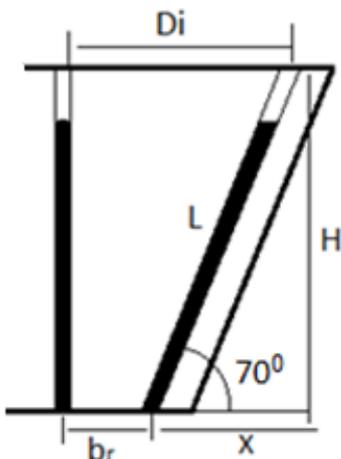


Fig.7 Esquema de los taladros rectos e inclinados



Tabla 3.6 Parámetros para determinar la distancia entre las filas de taladros rectos y los inclinados

Valores de x (m)	(br) Distancia entre filas de taladros rectos (m)	(Di) distancia entre taladros inclinados y los rectos (m)
0,1	2,9	3
0,2	2,9	3,1
0,3	2,9	3,2
0,5	2,9	3,4
0,6	2,9	3,5
0,6	2,9	3,5
0,7	2,9	3,6
0,7	2,9	3,6
1,1	2,9	4
1,1	2,9	4
1,2	2,9	4,1
1,2	2,9	4,1
1,2	2,9	4,1
1,2	2,9	4,1
1,2	2,9	4,1
1,2	2,9	4,1
1,2	2,9	4,1
1,3	2,9	4,2
1,3	2,9	4,2
1,3	2,9	4,2
1,3	2,9	4,2
1,4	2,9	4,3
1,4	2,9	4,3
1,7	2,9	4,6
1,8	2,9	4,7
1,8	2,9	4,7
1,9	2,9	4,8
1,9	2,9	4,8
1,9	2,9	4,8
1,9	2,9	4,8
2	2,9	4,9
2	2,9	4,9
2	2,9	4,9
2,4	2,9	5,3
2,4	2,9	5,3
2,4	2,9	5,6
2,5	2,9	5,4
2,5	2,9	5,4
2,5	2,9	5,4
2,5	2,9	5,4
2,6	2,9	5,5



2- Magnitud de la carga de los taladros inclinados

$$Q_1 = q \times a_r \times W_p \times L_{i1} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 0,32 = 2.1 \text{ Kg}$$

$$Q_2 = q \times a_r \times W_p \times L_{i2} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 0,64 = 4.1 \text{ Kg}$$

$$Q_3 = q \times a_r \times W_p \times L_{i3} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 0,96 = 6.2 \text{ Kg}$$

$$Q_4 = q \times a_r \times W_p \times L_{i4} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 1.3 = 8.4 \text{ Kg}$$

$$Q_5 = q \times a_r \times W_p \times L_{i5} = 0,5 \times 3,56 \times 3,6 \times 1.6 = 10.4 \text{ Kg}$$

$$Q_6 = q \times a_r \times W_p \times L_{i6} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 1.9 = 12.3 \text{ Kg}$$

$$Q_7 = q \times a_r \times W_p \times L_{i7} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 2.2 = 14.3 \text{ Kg}$$

$$Q_8 = q \times a_r \times W_p \times L_{i8} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 2.5 = 16.2 \text{ Kg}$$

$$Q_9 = q \times a_r \times W_p \times L_{i9} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 2.9 = 18.8 \text{ Kg}$$

$$Q_{10} = q \times a_r \times W_p \times L_{i10} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3.2 = 20.7 \text{ Kg}$$

$$Q_{11} = q \times a_r \times W_p \times L_{i11} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3,5 = 22.7 \text{ Kg}$$

$$Q_{12} = q \times a_r \times W_p \times H_{12} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3.5 = 22.7 \text{ Kg}$$

$$Q_{13} = q \times a_r \times W_p \times H_{13} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3.6 = 23.3 \text{ Kg}$$

$$Q_{14} = q \times a_r \times W_p \times L_{i14} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3.7 = 23.98 \text{ Kg}$$

$$Q_{15} = q \times a_r \times W_p \times L_{i15} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 3.8 = 24.6 \text{ Kg}$$

$$Q_{16} = q \times a_r \times W_p \times L_{i16} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4 = 25.9 \text{ Kg}$$

$$Q_{17} = q \times a_r \times W_p \times L_{i17} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4.1 = 26.6 \text{ Kg}$$

$$Q_{18} = q \times a_r \times W_p \times L_{i18} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4.3 = 27.9 \text{ Kg}$$

$$Q_{19} = q \times a_r \times W_p \times L_{i19} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4.4 = 28.5 \text{ Kg}$$

$$Q_{20} = q \times a_r \times W_p \times L_{i20} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4.6 = 29.1 \text{ Kg}$$

$$Q_{21} = q \times a_r \times W_p \times L_{i21} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4.8 = 31.1 \text{ Kg}$$

$$Q_{22} = q \times a_r \times W_p \times L_{i22} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 4.9 = 31.7 \text{ Kg}$$

$$Q_{23} = q \times a_r \times W_p \times L_{i23} = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 5.2 = 33.7 \text{ Kg}$$



$$Q_{24} = q \times a_r \times W_p \times L_{i24} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 5.5 = 35.7 \text{ Kg}$$

$$Q_{25} = q \times a_r \times W_p \times L_{i25} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 5.7 = 36.9 \text{ Kg}$$

$$Q_{26} = q \times a_r \times W_p \times L_{i26} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 5.9 = 38.2 \text{ Kg}$$

$$Q_{27} = q \times a_r \times W_p \times L_{i27} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 6.1 = 38.5 \text{ Kg}$$

$$Q_{28} = q \times a_r \times W_p \times L_{i28} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 6.4 = 41.5 \text{ Kg}$$

$$Q_{29} = q \times a_r \times W_p \times L_{i29} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 6.4 = 41.5 \text{ Kg}$$

$$Q_{30} = q \times a_r \times W_p \times L_{i30} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 6.5 = 42.1 \text{ Kg}$$

$$Q_{31} = q \times a_r \times W_p \times L_{i31} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 6.9 = 44.7 \text{ Kg}$$

$$Q_{32} = q \times a_r \times W_p \times L_{i32} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 7 = 45.4 \text{ Kg}$$

$$Q_{33} = q \times a_r \times W_p \times L_{i33} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 7.3 = 47.3 \text{ Kg}$$

$$Q_{34} = q \times a_r \times W_p \times L_{i34} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 7.5 = 48.6 \text{ Kg}$$

$$Q_{35} = q \times a_r \times W_p \times L_{i35} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 7.7 = 49.9 \text{ Kg}$$

$$Q_{36} = q \times a_r \times W_p \times L_{i36} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 7.9 = 51.2 \text{ Kg}$$

$$Q_{37} = q \times a_r \times W_p \times L_{i37} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 8 = 51.8 \text{ Kg}$$

$$Q_{38} = q \times a_r \times W_p \times L_{i38} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 8.2 = 53.1 \text{ Kg}$$

$$Q_{39} = q \times a_r \times W_p \times L_{i39} = 0,5 \times 3.6 \times 3,6 \times 8.4 = 54.4 \text{ Kg}$$

Donde:

L_i : longitud hasta donde se pretende aperturar

q : Gasto específico de S.E se toma de tabla: (0,5 kg/m³)

W_p : Línea de menor resistencia por el piso: 3.6 m

a_r : Distancia entre taladros en la fila: 3.6 m

3- Longitud de los taladros inclinados

$$L_{i1} = \frac{H + l_s}{\text{sen } \alpha} = 1,04 \text{ m}$$



$$Li_2 = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 1,36 \text{ m}$$

$$Li_3 = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 1,68 \text{ m}$$

$$Li_4 = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 2 \text{ m}$$

$$Li_5 = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 2,32 \text{ m}$$

$$Li_6 = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 2,62 \text{ m}$$

$$Li_7 = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 2,92 \text{ m}$$

$$Li_8 = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 3,22 \text{ m}$$

$$Li_9 = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 3,62 \text{ m}$$

$$Li_{10} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 3,92 \text{ m}$$

$$Li_{11} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 4,22 \text{ m}$$

$$Li_{12} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 4,22 \text{ m}$$

$$Li_{13} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 4,32 \text{ m}$$

$$Li_{14} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 4,42 \text{ m}$$

$$Li_{15} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 4,52 \text{ m}$$

$$Li_{16} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 4,72 \text{ m}$$

$$Li_{17} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 4,82 \text{ m}$$



$$Li_{18} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 5 \text{ m}$$

$$Li_{19} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 5,12 \text{ m}$$

$$Li_{20} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 5,32 \text{ m}$$

$$Li_{21} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 5,52 \text{ m}$$

$$Li_{22} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 5,52 \text{ m}$$

$$Li_{23} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 5,92 \text{ m}$$

$$Li_{24} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 6,22 \text{ m}$$

$$Li_{25} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 6,42 \text{ m}$$

$$Li_{26} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 6,62 \text{ m}$$

$$Li_{27} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 6,82 \text{ m}$$

$$Li_{28} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 7,12 \text{ m}$$

$$Li_{29} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 7,22 \text{ m}$$

$$Li_{30} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 7,32 \text{ m}$$

$$Li_{31} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 7,62 \text{ m}$$

$$Li_{32} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 7,72 \text{ m}$$

$$Li_{33} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 8 \text{ m}$$



$$Li_{34} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 8,22 \text{ m}$$

$$Li_{35} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 8,42 \text{ m}$$

$$Li_{36} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 8,62 \text{ m}$$

$$Li_{37} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 8,72 \text{ m}$$

$$Li_{38} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 8,92 \text{ m}$$

$$Li_{39} = \frac{H + ls}{\text{sen } \alpha} = 9,12 \text{ m}$$

Donde:

H: altura

L_s: Longitud de sobreperforación: 0,72 m

Tabla 3.7 Parámetros del pasaporte de perforación y voladura de la trinchera de acceso

Parámetros	Unidad	Valor
Línea de menor resistencia	m	3,6
Distancia entre taladros en la fila	m	3,6
Distancia entre filas de taladros rectos	m	3,06
Número de filas	u	5
Reajuste de la distancia entre filas de taladros rectos	m	2,9
Números de taladros en una fila	u	39
Reajuste de la distancia entre taladros en la fila	m	3,6
Longitud de sobreperforación	m	0,72
Diámetro del taladro	m	0,115
Cantidad de taladros	u	195
Cantidad de detonadores	u	200



Tabla 3.8 Parámetros de los barrenos

# del Barreno	Altura (m)	Longitud del barreno (m)		Magnitud de carga (Kg)	
		Rectos	Inclinados	Rectos	Inclinados
1	0,3	1,02	1,04	1,9	2,1
2	0,6	1,32	1,36	3,9	4,1
3	0,9	1,62	1,68	5,8	6,2
4	1,2	1,92	2	7,8	8,4
5	1,5	2,22	2,32	9,7	10,4
6	1,8	2,52	2,62	1,7	12,3
7	2,1	2,82	2,92	13,6	14,3
8	2,4	3,12	3,22	15,5	16,2
9	2,7	3,42	3,62	17,5	18,8
10	3	3,72	3,92	19,4	20,7
11	3,3	4,02	4,22	21,4	22,7
12	3,3	4,02	4,22	21,4	22,7
13	3,4	4,12	4,32	22	23,3
14	3,5	4,22	4,42	22,7	23,98
15	3,6	4,32	4,52	23,3	24,6
16	3,8	4,52	4,72	24,6	25,9
17	3,9	4,62	4,82	25,3	26,6
18	4,1	4,82	5	26,6	27,9
19	4,2	4,92	5,12	27,2	28,5
20	4,4	5,12	5,32	28,5	29,1
21	4,6	5,32	5,52	29,8	31,1
22	4,7	5,52	5,52	30,5	31,7
23	4,9	5,62	5,92	31,7	33,7
24	5,2	5,92	6,22	33,7	35,7
25	5,4	6,12	6,42	35	36,9
26	5,6	6,32	6,62	36,3	38,2
27	5,8	6,52	6,28	37,6	39,5
28	6,1	6,82	7,12	39,5	41,5
29	6,2	6,92	7,22	40,2	42,1
30	6,3	7,02	7,32	40,8	42,8
31	6,6	7,32	7,62	42,8	44,7
32	6,7	7,42	7,72	43,4	45,4
33	6,9	7,62	8	44,7	47,3
34	7,1	7,82	8,22	46	48,6
35	7,3	8,02	8,42	47,3	49,9
36	7,5	8,22	8,62	48,6	51,2
37	7,6	8,32	8,72	49,2	51,8
38	7,8	8,52	8,92	50,5	53,1
39	8	8,72	9,12	51,8	54,4



3.5.5 Pasaporte de perforación y voladura en la trinchera de corte

1- Línea de menor resistencia por el piso

$$W_p = 53 \times K_t \times D_c \sqrt{\frac{\Delta \times e}{\gamma}}$$

$$W_p = 53 \times 0,9 \times 0,115 \sqrt{\frac{1,15 \times 1}{2,64}}$$

$$W_p = 3,6 \text{ m}$$

Donde:

K_t : Coeficiente de agrietamiento del macizo de rocas: 0,9

D_c : Diámetro de los taladros: 0,115 m

Δ : Densidad de carga: 1,15 g/cm³

γ : Masa volumétrica de la roca: 2,64 g/cm³

e : Coeficiente de la capacidad de trabajo : 1.

2- Distancia entre taladros en la fila

$$a = M \times W_p$$

$$a = 1 \times 3,6$$

$$a = 3,6 \text{ m}$$

Donde:

M : Coeficiente de aproximación de las cargas: 1

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

3- Distancia entre filas de taladros

$$b = 0,85 \times a$$

$$b = 0,85 \times 3,6$$

$$b = 3,06 \text{ m}$$

Donde:

a : Distancia entre taladros en la fila



4- Número de filas

$$N_f = \frac{B}{b} + 1$$

$$N_f = \frac{24,3}{3,06} + 1$$

$$N_f = 8,9 \approx 9 \text{ filas}$$

Donde:

b: Distancia entre filas de taladros: 3,06 m

B: Ancho da la trinchera de corte: 24,3 m

5- Reajuste de la distancia entre filas

$$b_r = \frac{B}{N_f - 1}$$

$$b_r = \frac{24,3}{9 - 1}$$

$$b_r = 3m$$

Donde:

N_f : Número de filas

B: Ancho de la trinchera de corte: 24.3 m

6- Números de taladros en una fila

$$N_{ff} = \frac{M_a}{a}$$

$$N_{ff} = \frac{200}{3,6} + 1$$

$$N_{ff} = 56,5 \approx 56$$

Donde:

M_a : cantidad de metros de avance: 200 m

a: Distancia entre taladros en la fila



7- Reajuste de la distancia entre taladros de la fila

$$a_r = \frac{M_a}{N_{fr} - 1}$$

$$a_r = \frac{200}{56 - 1}$$

$$a_r = 3,6 \text{ m}$$

Donde:

M_a : Cantidad de metros de avance: 200 m

N_{fr} : Números de taladros en la fila

8- Longitud de sobreperforación

$$L = 0,2 \times W_p$$

$$L = 0,2 \times 3,6$$

$$L = 0,72 \text{ m}$$

Donde:

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

9- Longitud mínima de relleno

$$L_r = 0,75 \times W_p$$

$$L_r = 0,75 \times 3,6$$

$$L_r = 2,7 \text{ m}$$

Donde:

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

10- Magnitud de carga del taladro

$$Q = q \times a_r \times W_p \times H = 0,5 \times 3,6 \times 3,6 \times 8 = 51,84 \text{ Kg}$$

Donde:

H: Altura hasta donde se pretende aperturar

q: Gasto específico de S.E se toma de tabla

W_p : Línea de menor resistencia por el piso

a_r : Distancia entre taladros en la fila



11-Longitud del taladro

$$L_t = H + L = 8 + 0,72 = 8,72 \text{ m}$$

Donde:

H: Altura hasta donde se pretende aperturar

L: Longitud de sobreperforación

[Otaño Noguel, J. (1998). *Fragmentación de rocas con explosivo* La Habana: Editorial Félix Varela.]

Tabla 3.9 Parámetros del pasaporte de perforación y voladura en la trinchera de corte

Parámetros	Valor	Unidad de medida
Línea de menor resistencia	3,6	m
Distancia entre taladros en la fila	3,6	m
Distancia entre filas de taladros	3,06	m
Número de filas	9	u
Reajuste de la distancia entre filas	3	m
Cantidad de barrenos en una fila	56	u
Longitud de los barrenos	8,72	m
Magnitud de carga de los barrenos	51,84	kg
Reajuste de la distancia entre taladros de la fila	3,6	m
Longitud de sobreperforación	0,72	m
Longitud mínima de relleno	2,7	m
Diámetro del barreno	0,155	m
Cantidad de barrenos	504	u
Cantidad de detonadores	514	u



3.6 Régimen de trabajo en la apertura

Los días necesarios para transportar el material a la planta se determinaron en base a la productividad de los equipos de transporte, en este caso son los camiones volteo Belaz 7540, y el volumen a extraer en la trinchera de acceso y corte: 12 295,5 m³ y 59 999,7 m³ respectivamente, y los días para la perforación y explosión se calcularon en base a la productividad de la carretilla barrenadora y la cantidad de metros a perforar.

➤ **Días necesarios para la perforación de la trinchera de acceso**

$$Dpta = \frac{Mpa}{Pba} = 9 \text{ días}$$

Donde:

Mpc: 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: 1 093,37 m.

Pbc: productividad de la carretilla barrenadora: 130 m/día

Para realizar la voladura en la trinchera de acceso la misma se dividió en 7 secciones, pero por la cantidad de volumen a extraer en las tres primeras estas se realizarán juntas, por tanto se realizarán cinco voladuras.

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

$$Tcta = \frac{Vta}{Qc * 2} = 7,6 \approx 8 \text{ días}$$

Donde:

Vta – volumen a extraer en la trinchera de acceso

Qc - productividad del camión Belaz 7540: 802,76 m³/turno

En dependencia del volumen a extraer en cada sección los días para la carga de la roca será aproximadamente entre uno y dos días para cada una. Los



trabajos de carga y explosión se realizarán en el horario de almuerzo y de esa forma no se verán afectados los demás procesos.

➤ **Días de ejecución de la trinchera de acceso**

$$Dta = Tcta + Dpta + Tmto + Tll$$

$$Dta = 8 + 9 + 2 + 1 = 20 \text{ días}$$

Donde:

Tmto – tiempo de reparación y mantenimiento

Tll – tiempo de interrupciones por lluvia

➤ **Días necesarios para la perforación de la trinchera de corte**

$$Dptc = \frac{Mpc}{Pbc} = 34 \text{ días}$$

$$Mpc = Ct * Lt$$

$$Mpc = 504 * 8,72 = 4\,394,88 \text{ m}$$

Donde:

Mpc: Cantidad de metros a perforar en la trinchera de corte

Ct: cantidad de taladros

Lt: longitud de los taladros; m

Pbc: productividad de la carretilla barrenadora, 130 m/día

➤ **Tiempo para la carga y el transporte en la trinchera de corte:**

$$Tctc = \frac{Vtc}{Qc * 2} = 37.4 \approx 38 \text{ días}$$

Donde:

Vtc – volumen a extraer en la trinchera de corte

Por motivos de seguridad y para realizar los trabajos con más facilidad la extracción en la trinchera de corte se realizará mediante diez voladuras. Los trabajos de carga y transporte se realizarán al unísono con la perforación,



cuando se perfore la primera sección y se haga la voladura se comenzará la carga del material y se continuará la perforación de las otras secciones, por tanto los días para la ejecución de la trinchera de corte serán 38.

➤ **Días de ejecución de la trinchera de corte**

$$Dtc = Dtc + Tmto + Tll$$

$$Dtc = 38 + 3 + 2 = 43 \text{ días}$$

Donde:

Dtc – total de días en la trinchera de corte

3.7 Plan calendario de minería

Los trabajos en la construcción de la trinchera de apertura hasta la cota +211 se comenzarán cuando exista la aprobación de este proyecto. El material extraído en las trincheras irá directo a la producción ya que es material útil, el volumen a extraer en la rampa de acceso es de 12 295.5 m³ y en la de corte 59 999.7 m³, y se prevee la extracción de todo el material en un período de 63 días. En la trinchera de acceso la primera actividad a realizar es el replanteo parcial de los trabajos, posteriormente se realizará la barrenación y voladura y luego se extraerá el material de la cota +219 a la cota +211. La carga de la roca se realizará con el cargador frontal Volvo L180E a los camiones Belaz 7540 de 14 m³ de capacidad trasladándolo hasta el molino a 400 m.

3.8 Evaluación económica

Obtener el costo de producción de un metro de material extraído, es una necesidad que indica la efectividad de cualquier operación que se realice durante la apertura de la cantera. Para ello se tienen en cuenta los gastos directos que se originan durante su ejecución, así como los gastos surgidos por concepto de depreciación, mantenimiento, reparación, fondo salarial y otros gastos directos incurridos durante la apertura. El costo de un metro cúbico se puede obtener a partir de los gastos directos, gastos generales y los gastos inducidos.



3.8.1 Gasto por concepto de materiales (Gm)

Tabla 3.10: Precio de los materiales principales:

Equipos	Costo de neumáticos	Costo de lubricante	Consumo de combustible	Costo de combustible	Reparación y mantenimiento
	(CUC/h)	(CUC/h)	(L/h)	(CUC/L)	(CUC/h)
Camión Belaz 7540	5,71	2,5	15	0,81540073	10,57
Bulldócer Komatsu D 155Ax	-	2,5	36	0,81540073	10,62
Cargador Volvo L180E	3,20	2,5	21	0,81540073	9,65

Tabla 3.11: Gastos de materiales

Equipos	Horas de trabajo	Gastos materiales	Importe (CUC)
Camión Belaz 7540	966	Combustible	23 630,31
		Neumáticos	5 515,86
		Lubricantes	2 363
Bulldócer Komatsu D 155Ax	184	Combustible	5 401,2
		Neumáticos	-
		Lubricantes	504,12
Cargador Volvo L180 E	483	Combustible	8 270,61
		Neumáticos	1 545,6
		Lubricantes	827,06
Total			47 057,76

3.8.2 Gasto por concepto de mantenimiento (Gmto)

Tabla 3.12: Gastos de reparación y mantenimiento:

Equipos	Marca	Horas de trabajo	Reparación y mantenimiento	Importe (CUC)
Camión	Belaz 7540	966	10,57	10 210,62
Bulldócer	Komatsu D155Ax	184	10,62	1 954,1
Cargador	Volvo L180E	483	9,65	4 660,95
Total				16 825, 67



3.8.3 Gasto por concepto de salario (Gs)

La cantera cuenta con una brigada de seis obreros; es decir, un jefe de cantera, un técnico, operador de buldócer, operador cargador y dos chóferes

Tabla 3.13: Gastos por concepto de salario

Ocupación	Salarios (\$/h)	Cantidad de trabajadores	Hora de trabajo en la apertura	Salario en el período de apertura (\$)
Jefe de cantera	2,98	1	552	1644,96
Operador de buldócer	2,45	1	184	450,8
Técnico	2,91	1	552	1606,3
Operador de cargador	2,28	1	552	1258,6
Chofer	2,38	2	1104	2627,5
Total				7588,16

3.8.4 Gasto por concepto de amortización (Ga)

Tabla 3.14: Gastos por concepto de amortización.

Equipo	Cantidad	Valor (CUC)	Años de vida útil	Depreciación anual (CUC)	Depreciación en la apertura(CUC)
Camión Belaz 7540	3	136 055,04	15	5442,2	851,5
Buldócer Komatsu D155Ax	1	54 685,17	15	729,1	114,1
Cargador Volvo I180E	1	246 258,31	15	3283,4	513,4
Total					1479

3.8.5 Otros gastos por concepto de materiales referidos a los utilizados en los trabajos de perforación y voladura (Gexp)

Es necesario comentar que el gasto total como consecuencia de los trabajos de perforación y voladura en la apertura será contratado a EXPLOMAT, el mismo es de 3,22 \$ por m³ a extraer, es decir 232 790,544 \$ en la apertura.



3.8.6 Cálculo de los gastos directos

$$GD = G_m + G_{mto} + G_s + G_a + G_{exp}$$

$$GD = 47\,057,76 + 16\,825,67 + 7588,16 + 232\,790,544 + 1479$$

$$GD = 305\,741,134 \$$$

3.8.7 Cálculo del gasto inducido o gasto indirecto

$$GI = k * GD = 305\,741,134 * 0,6 = 18\,344,46 \$$$

Donde

G exp - Gasto por concepto de perforación y voladura

G_m - Gasto por concepto de materiales

G_{mto} - Gasto por concepto de mantenimiento

G_a - Gasto por concepto de amortización

G_s - Gasto por concepto de salario

K-coeficiente que tiene en cuenta la estimación de los gastos indirectos
(k=6%=0,06)

3.8.8 Costo total de la apertura (Ct)

$$C_t = GD + GI$$

$$C_t = 18\,344,46 + 305\,741,134 = 324\,085,59 \$$$

3.8.9 Costo de un metro cúbico de roca extraído (Cme)

$$C_{me} = \frac{C_t}{V} = \frac{324\,085,59}{72\,295,2} = 4,48 \$$$

Si se extraen 72 295,2 m³ en la apertura y se multiplica por el precio menor de los productos que comercializa El Cacao (Rajón de Voladura), 11,93 \$ se obtiene 862 481,736.

Y el costo de la apertura es de 324 085,59 \$, entonces se obtendrán 538 396.146 pesos de ganancias.



CAPÍTULO IV: TÉCNICAS DE SEGURIDAD, MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL TRABAJO Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

4.1 Seguridad minera y del medio ambiente

1. Los requisitos de seguridad de cada puesto de trabajo y equipo serán comprobados diariamente, antes de comenzar cada turno y de modo regular, durante el transcurso del mismo.
2. Se prohíbe obstruir las áreas de trabajo o las vías de acceso a estas, con rocas u objetos que dificulten el tránsito libre de personas y equipos.
3. Al cesar las labores, los equipos utilizados en el frente de extracción y en el transporte de materiales se situarán en un lugar seguro, con la cabina serrada y la fuente de alimentación desconectada.
4. Cuando los equipos con mecanismos articulados (cuchara del cargador, cuchilla del Buldócer, etc.) no se encuentren trabajando estos mecanismos descansarán en el suelo.
5. Se prohíbe descansar en los rentes de trabajo cerca de los taludes de las terrazas y de los mecanismos en funcionamiento, en las vías de acceso y sus inmediaciones y debajo de los equipos estacionados.
6. Los equipos solo pueden ser operados por obreros calificados y autorizados para su uso.
7. Todos los trabajadores al comienzo de su labor debe revisar su puesto de trabajo para detectar cualquier deficiencia dando la información de inmediato en caso de haber dificultad.
8. Los obreros de nuevo ingreso debe pasar el curso especial de técnica de seguridad.
9. La administración está en la obligación de facilitar a los obreros los medios de protección personal en forma gratuita.



4.1.1 Reducir riesgos de trabajo al mínimo

La empresa ha de tomar las medidas adecuadas para reducir tales riesgos al mínimo, cuando no sea posible garantizar de este modo la seguridad y salud de los trabajadores durante la utilización de los equipos de trabajo.

Estas medidas pueden estar relacionadas con:

- Las condiciones de utilización del equipo(cambio de ubicación , uso restringido)
- La información a las instrucciones de utilización.
- La señalización.
- Adiestramiento.
- Supervisión del trabajo.
- Utilización de medios de protección individual.

4.1.2 Obligaciones de los trabajadores

El artículo de la ley de Prevención de Riesgos laborales establece las diversas obligaciones de los trabajadores en canteras de materiales de la construcción.

Cada trabajador a de velar por su propia seguridad y salud en el trabajo y por las de aquellas otras personas que se puedan afectar por su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo.

4.1.3 Medidas adoptadas:

- Usar adecuadamente las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas equipo de transporte, etc., con los que desarrollan su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitado por la empresa de acuerdo con las instrucciones recibidas.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.



- No poner fuera los equipos de funcionamiento y usar correctamente los equipos de seguridad.

4.1.4 Medidas de seguridad durante los trabajos de perforación

- Las carretillas barrenadoras se colocarán nivelada en la plataforma de trabajo y se situará de forma que el equipo se encuentre fuera del prisma de derrumbe del talud.
- Se prohíbe nivelar las carretillas barrenadoras colocando rocas u otros materiales por debajo.
- Las carretillas se trasladan con la torre puesta en posición de taladros y la barrena desmontada o fijada con seguridad.
- Durante el traslado de las carretillas se prohíbe que personas permanezcan sobre las mismas.
- La boca de los barrenos se limpiará de pedazos de rocas y polvo de las perforaciones a una distancia no menor de 35 cm.
- Las perforaciones se taponarán convenientemente quedando prohibido retirar el tapón hasta que se realice el proceso de carga.

4.1.5 Trabajos de Voladura

Al iniciar los trabajos de voladuras se deben establecer los límites de la zona de peligro, estos límites en la superficie deben ser señalados con signos convencionales en el terreno, o sea poner puntos de seguridad en la zona, los puntos se organizan de manera que todas las vías que conduzcan al lugar de la ejecución de los trabajos de voladuras se encuentren bajo vigilancia permanente y cada punto debe encontrarse en el campo visual de los otros adyacentes, durante la ejecución de los trabajos de voladuras es obligatorio las señales acústicas al comienzo y al finalizar los mismos.

4.1.6 Trabajo con camiones de volteo

Se prohíbe durante el trabajo con camiones de volteo lo siguiente:

- Ponerlos en movimientos con la caja de volteo levantada.



- Moverlos en marcha atrás, hacia el punto descarga a una distancia mayor de 30m a excepción de los movimientos en las trincheras.
- Transportar personas en el volteo y fuera de la cabina.
- Dejar los camiones de volteo estacionados en las cuestas o pendientes.
- Realizar transporte de materiales que puedan caerse sin tomar las medidas para su debido aseguramiento.
- Sobrepasar su capacidad de carga.

Cuando en un terreno inclinado resulte obligada la parada de un camión por deficiencias técnicas, se adoptarán las siguientes medidas:

- Desconectar el motor.
- Frenar el equipo.
- Colocar calzados bajo las ruedas. Todos los equipos estarán previstos de los calzos adecuados.

4.1.7 Medidas de seguridad durante los trabajos con el cargador

- Para realizar el trabajo el cargador se estaciona en lugar firme y nivelado.
- De existir inclinación no puede ser superior a la establecida por los parámetros técnicos del equipo.
- Durante el trabajo con el cargador se prohíbe la permanencia de personas en su radio de acción.
- Durante la carga de camiones por medio del cargador, el operador del mismo es el único autorizado para impartir las señales.
- Sobrepasar su capacidad de carga.

4.1.8 Trabajos con Buldócer

- Cuando se realicen trabajos con Buldócer sobre esteras y durante su movimiento, queda prohibido salir o entrar a la cabina y caminar por las orugas.



- Para revisar la cuchilla del Buldócer, por su parte inferior, es necesario que la misma descansa en un apoyo seguro y que el motor permanezca desconectado.
- Se prohíbe el trabajo del Buldócer transversalmente a pendientes empinadas.
- Los ángulos máximos del talud del frente de trabajo del Buldócer no deberá ser mayor en la subida 25° y en la bajada 30° .
- No se permite abandonar el Buldócer en funcionamiento.

4.1.9 Vías de Acceso

- Las vías a través de trincheras de corte se construirá dejando una distancia no menor de 1.5m, del borde, a ambos lados de la trinchera.
- En las vías utilizadas para tránsito de vehículos cargados, el ángulo de inclinación longitudinal no excederá del 10%. En trabajos con tractores, dicho ángulo podrá llegar hasta el 15%.
- Cuando se trate de vínculos vacíos, el ángulo antes referido no excederá del 15%.

4.2 Protección del medio ambiente

4.2.1 Identificación y Caracterización de los impactos ambientales

Casi toda actividad humana es en menor o mayor grado agresiva para el medio ambiente, y las actividades mineras revisten especial interés ya que ella afecta directamente el entorno y el medio ambiente en general.

Para la identificación y caracterización de los impactos fue necesario estudiar previamente las particularidades del medio donde se desarrolla el proyecto, haciendo énfasis en cada uno de los componentes ambientales, por tratarse de la región que rodea esta cantera, de un medio especialmente frágil, lo cual se deriva de la multitud de interrelaciones existentes entre los elementos ambientales implicados y las acciones derivadas de las fases de explotación y la preparación mecánica del mineral, capaces de producir impactos sobre dichos componentes.



4.2.2 Identificación de los impactos

Se logra al examinar detalladamente las complejas interacciones entre las acciones del proyecto minero y los componentes del medio, así como la tecnología a emplear en la explotación del yacimiento y la preparación mecánica del mineral. Los impactos identificados son siguientes:

- Producción de los desechos
- Deterioro paisajístico del área.
- Emisión intenso de polvo a la atmósfera
- Destrucción de habitantes de la fauna
- Emisión de ruido a la atmósfera
- Compactación y pérdida del suelo fértil
- Impactos a la salud humano
- Emisión de vibraciones
- Destrucción de vegetación

Algunos impactos positivos:

- Incremento al nivel de empleo
- Incremento de la economía de la provincia por la mercancía de materia prima
- Satisfacción de material por las obras civiles del país

4.2.3 Medidas de protección y mitigación

- Riego de agua a los caminos una o dos veces en el turno de trabajo.
- Realizar pantalla rompe viento donde se pueda, para disminuir los efectos del viento en el suelo y así disminuir la erosión.
- Los camiones de carga del material transitará a una velocidad moderada por los caminos para no generar gran cantidad de polvo.
- Realizar una explotación del yacimiento que permita la utilización a largo plazo de la cantera para otros fines económicos y sociales.
- Eliminación de montículos y repié en el área de explotación.



- No arrojar en las áreas del yacimiento ningún tipo de desecho u otra sustancia que puedan dañar la calidad de las aguas subterráneas.
- Mejorar la calidad del vial existente, garantizado capa de rodamiento que disminuye los niveles de polvo sedimentado.
- Una vez realizados los trabajos de excavación y reafilado del talud, se depositará una capa de vegetal sobre el mismo de unos 0.30 cm de espesor con el objetivo de rellenar el talud y recultivarlo con la vegetación predominante, evitando así deslizamientos de roca hacia la vía los cuales pueden producir accidentes.



CONCLUSIONES

- 1- Después de analizadas las características geológicas, geométricas y minero técnicas dentro en la concesión, se determinó el lugar de emplazamiento de la trinchera de acceso y corte y se realizaron los cálculos de sus parámetros.
- 2- Se efectuó el cálculo de los parámetros del equipamiento necesario para la apertura, y la cantidad de equipos a utilizar. Se realizaron los pasaportes de perforación y voladura para la trinchera de acceso y corte, y luego se calculó la cantidad de días necesarios para la apertura que será de 63 días.
- 3- Se realizó la evaluación económica arrojando un resultado satisfactorio, las ganancias en la apertura serán de 538 396.146 pesos.
- 4- Se hizo un análisis ambiental donde se expusieron los principales impactos sobre el medio ambiente y las medidas para mitigarlos, y las medidas de seguridad en el trabajo.



RECOMENDACIONES

- 1- Que se realicen los estudios hidrogeológicos necesarios para diseñar el sistema de drenaje del sexto frente.
- 2- Realizar un nuevo estudio sobre las propiedades físico – mecánicas de las rocas pues los estudios actuales no están claros, a entender hay errores en el peso específico y el peso volumétrico.



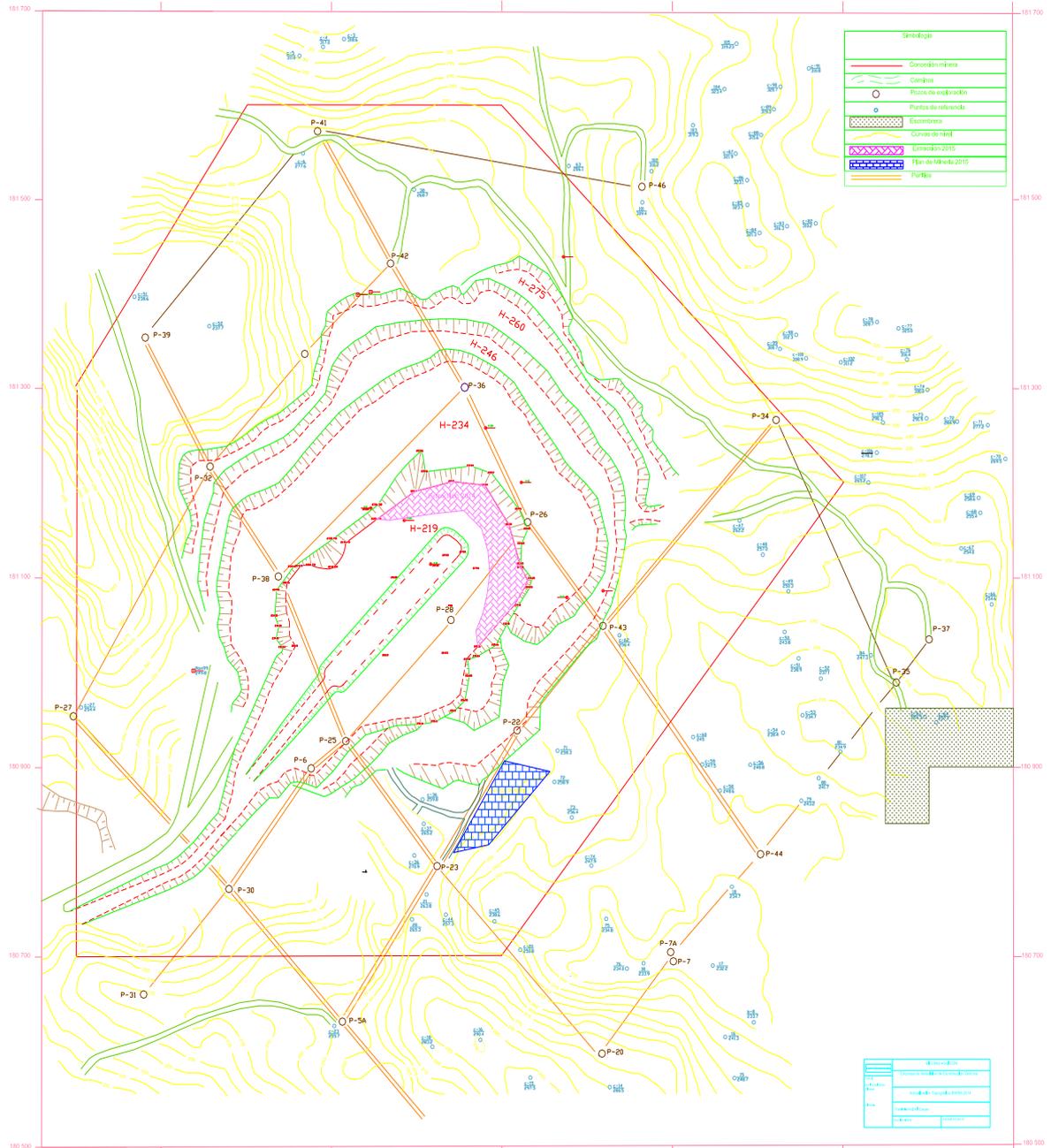
BIBLIOGRAFÍA

1. Carrazana Carrazana, A. (2008). *Actualización del Sistema de Explotación del Yacimiento el Cacao*. Trabajo de diploma. I.S.M.M, Moa, Facultad de Geología y Minería.
2. Catálogo " *Unión Latinoamericana de Explosivos* ".(2013) ULAEX.
3. Clases de la asignatura Explotación a Cielo Abierto, curso 2014-2015, primer semestre.
4. Herrera Herbert, J. (2006). Introducción a los fundamentos de la tecnología minera. Capítulo I: *Situación actual de la minería y análisis del desarrollo de la industria de los minerales*. Madrid: Editorial Fundación Gómez Pardo.
5. López Jimeno, C; López Jimeno, E. (1988). *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Instituto Geológico y Minero de España.
6. Ministerio de la industria de materiales de la Construcción. Norma Ramal 10.003. minería a cielo abierto. (1990). *Carretilla barrenadora: metodología de cálculo de la productividad*.
7. Otaño Noguel, J. (1998). *Fragmentación de rocas con explosivo* La Habana: Editorial Félix Varela.
8. Vinet, J; Regueiferos, M. (1976). *Informe final sobre los trabajos de exploración detallada del yacimiento de calizas " El Cacao "*. Granma: Jiguaní.



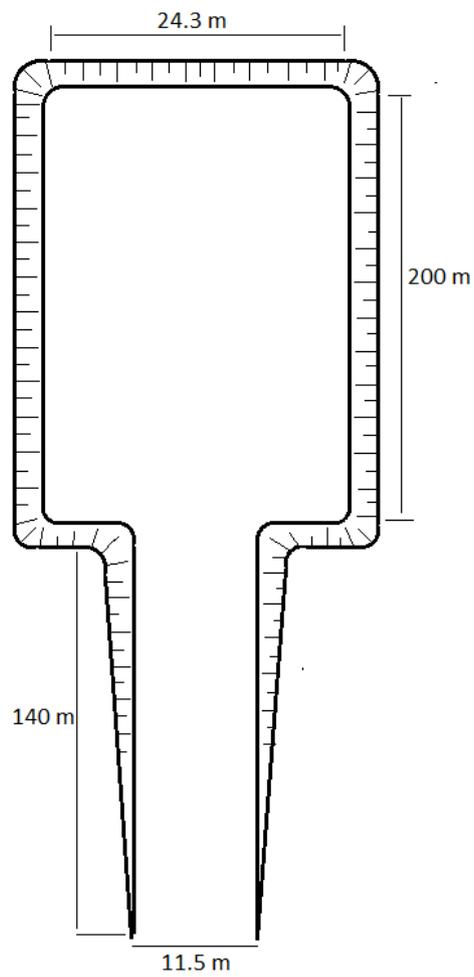
Anexos

Anexo 1. Plano topográfico de la cantera con la trinchera de acceso y corte.

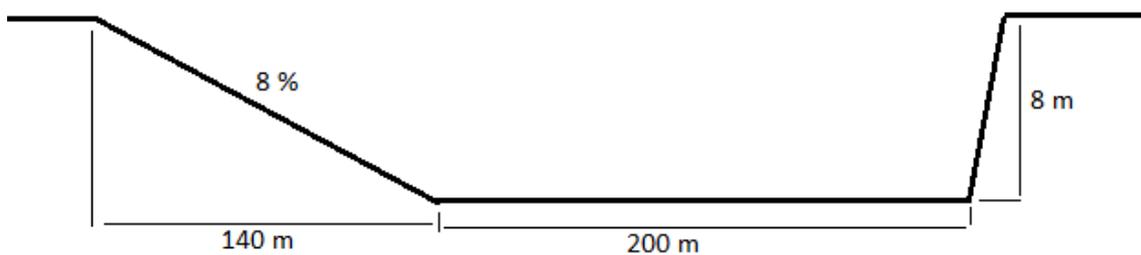




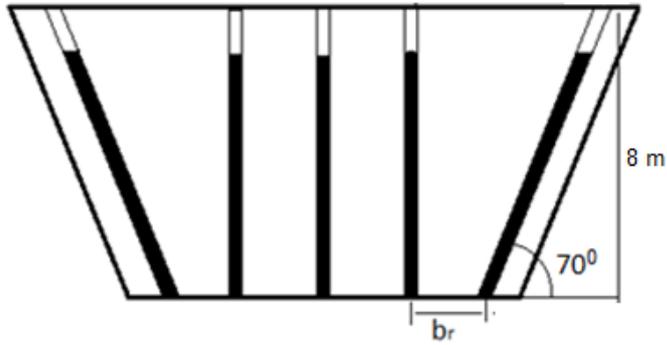
Anexo 2. Esquema de la trinchera de acceso y corte



Anexo 3. Esquema longitudinal de la trinchera de acceso y corte



Anexo 4. Perfil transversal de la trinchera de acceso



Anexo 5. Disposición de los barrenos en la trinchera de acceso (a) y corte (b)

