

# Trabajo de Diploma

En opción al título de  
**Ingeniero de minas**

**Título: Proyecto de explotación del yacimiento la  
Cecilia**

**Autor: Carlos Enrique Córdova Echemendia**

**Tutores: Ms.C. Julio Montero Matos  
Ing. Pavel Laurencio Cala**

Curso

2014 – 2015

Año 56 de la Revolución



## **Declaración de Autoría**

Yo, Carlos Enrique Córdova Echemendia, autor de este Trabajo de Diploma, y los tutores certificamos su propiedad intelectual a favor del Ingeniero Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM) “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

**Carlos Enrique Córdova Echemendia**  
**Autor**

**Ms.C. Julio Montero Matos**  
**Tutor**

**Ing. Pavel Laurencio Cala**  
**Tutor**

## Dedicatoria

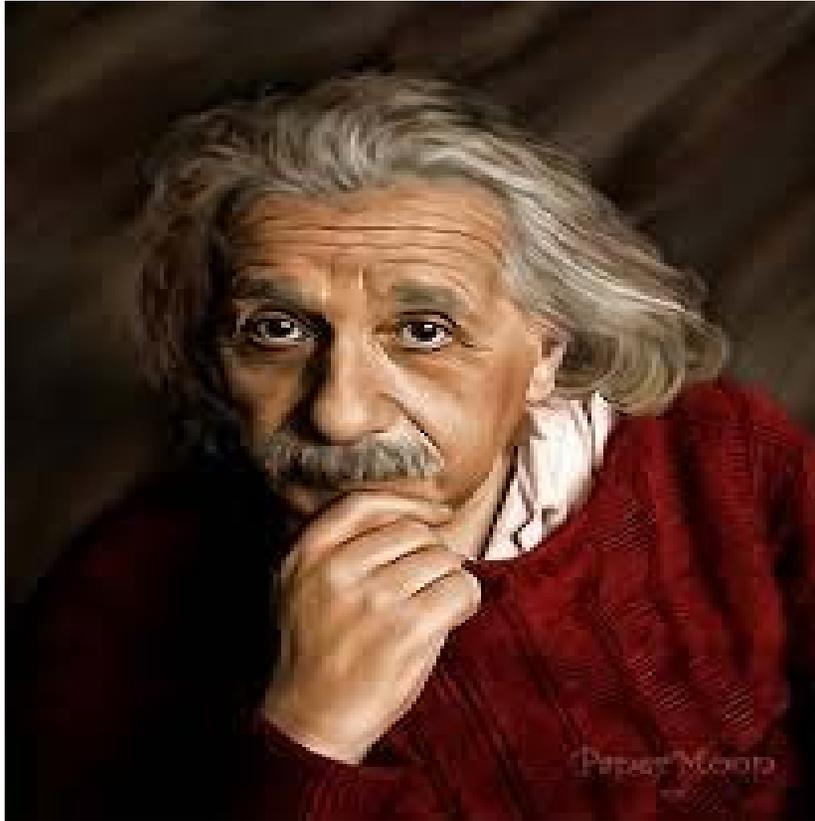
- A mi mamá por ser la luz que siempre alumbró mi camino en cada instante de oscuridad.
- A mi abuela por siempre estar presente en cada paso y cada consejo que me daba.
- A mi Padre por hacer realidad los sueños y hacerme comprender que la vida es de sacrificio
- A mi Familia por su apoyo y preocupación en cada momento de mi vida.

## **Agradecimiento**

- **A mis padres por su apoyo, dedicación y confianza ante mi recorrido por la vida.**
- **A la Revolución por darme la oportunidad de estudiar gratuitamente y tener una vida universitaria.**
- **A mis abuelos por sus cuidados y su querer, en especial a mi abuelita Juana Llanes por ser mi mayor inspiración a seguir adelante y no detenerme en ningún instante.**
- **A mis Profesores que contribuyeron a mi formación profesional.**
- **A mi familia por su cariño y comprensión durante el transcurso de mi vida.**
- **A mis tutores Ms.C. Julio Montero Matos, Ing. Pavel Laurencio Cala, MSc. Ricardo por su dedicación en la elaboración de este trabajo.**
- **A mis amigos más cercanos por todos los momentos vividos en el transcurso de nuestra vida universitaria y a todos mis compañeros del aula.**
- **A mi novia por dedicar un momento de su vida a mi lado.**
- **A las muchachas del laboratorio y profes en especial Yanisleidys Alpajón, Lianeyis Terrero, Héctor Esparraguera y Miriam.**
- **A las personas e instituciones que colaboraron en esta investigación.**

**Muchas gracias a todos y a la universidad.**

# Pensamiento



**Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.**

**“Albert Einstein”**

## Resumen

El presente trabajo de diploma, desarrolla el proyecto de explotación de un área del yacimiento la Cecilia para un año. Para esto, se caracteriza geológicamente el yacimiento, del cual se escoge una zona específica con determinadas condiciones respecto a la ley, ubicación y reservas que satisfagan la demanda de árido de la Empresa Cantera Habana para un año. También se realiza el diseño de la mina, empezando en primer lugar con el diseño de un camino o rampa de acceso que permite el enlace entre los bancos +120, +110, +100 para su explotación en el bloque 1B( medido). Se realiza el diseño de la cantera quedando representado los contornos finales del mismo al cabo del año al extraer las reservas, todos estos diseños se realizan con el software Gemcom que tiene las herramientas necesarias y adecuadas para los diseños mineros. Luego se hace la planificación minera para el período de explotación, y las secuencias de extracción del componente útil de manera estratégica permitiendo flexibilidad en el mismo. Se desarrolla también el cálculo para la determinación de la cantidad de equipos; se plasma en el trabajo los gastos generales de los procesos principales y de ahí el costo total de producción. Se proponen las medidas para minimizar los impactos negativos causados por la explotación, además de las medidas para la protección e higiene de trabajo.

## Summary

The present diploma work, develops the project of exploitation of an area of the location the Cecilia for one year. For this, geology the location is characterized, of which a specific area is chosen with certain conditions regarding the law, location and reservations that satisfy the demand of arid of the Company Quarry Havana for one year. He/she is also carried out the design of the mine, beginning in the first place with the design of a road or access ramp that it allows the connection among the banks +120, +110, +100 for their exploitation in the block 1B (measured). he/she is carried out the design of the quarry being represented the final contours of the same one after the year when extracting the reservations, all these designs are carried out with the software Gemcom that has the necessary and appropriate tools for the mining designs. Then the mining planning is made for the period of exploitation, and the sequences of extraction of the useful component in a strategic way allowing flexibility in the same one. It is also developed the calculation for the determination of the quantity of teams; it is captured in the work the general expenses of the main processes and of there the total cost of production. They intend the measures to minimize the negative impacts caused by the exploitation, besides the measures for the protection and work hygiene.

<b>ÍNDICE</b>	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA</b>	4
1.1 Conceptos básicos de la explotación de canteras	4
1.2 La minería a cielo abierto	5
1.3 Actualidad de la temática en Cuba	7
<b>CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL YACIMIENTO</b>	10
2.1 Ubicación geográfica del yacimiento	10
2.2 Geología del yacimiento..	11
2.3 Características geotécnicas del macizo rocoso	14
2.4 Condiciones para la estimación de los recursos	15
2.5 Estimación de los recursos	17
2.6 Características tecnológicas útiles del mineral	18
<b>CAPÍTULO III: LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTO LA CECILIA.¡Error! Marcador no definido.</b>	20
3.1 Condiciones minero – técnicas del yacimiento	20
3.2 Sistema de explotación y operaciones mineras	21
3.3 Capacidad anual de producción y vida úti	22
3.4 Régimen de trabajo	23
3.5 Método de apertura	23
3.5.1 Labores de apertura	24
3.6 Tala y desbroce	26
3.6.1 Proceso de ejecución de los trabajos de tala y desbroce	26
3.7 Tecnología de los trabajos	28
3.8 Preparación de las rocas para la extracción	28
3.8.1 Los trabajos de excavación-carga	29
3.8.2 Secuencia de ataque o frente de explotación	29
3.9 Sistema de laboreo	30
3.10 Escombreras	31
3.11 Diseño final operativo de la cantera	32

3.11.1	Fundamentación del sistema de laboreo y sus características generales	32
3.11.2	Parámetros de diseño	32
3.12	Plan calendario de minería	33
3.13	Condiciones para el cumplimiento del plan de extracción	35
3.13.1	Premisas necesarias para garantizar con éxito el cumplimiento del plan	35
3.14	Equipamiento minero	36
3.15	Trabajos de perforación y voladura	41
3.15.1	Trabajos de perforación y voladura para la realización del pasaporte	42
3.15.2	Parámetros de la sustancia explosiva	42
3.15.3	Datos técnicos del detonador	44
3.15.4	Cálculo del pasaporte de perforación y voladura para un bloque de 12x48	46
3.16	Drenaje	52
3.16.1	Propuesta de drenaje	52
3.17	Desarrollo Minero	53
3.18	Construcción de caminos	53
	<b>CÁPITULO IV: VALORACIÓN ECONÓMICA Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE</b>	56
4.1	Gastos por concepto de las operaciones del yacimiento	56
4.2	Protección del medio y medidas de seguridad	59
	<b>CONCLUSIONES</b>	67
	<b>RECOMENDACIONES</b>	68
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## INTRODUCCION

El hombre, desde el inicio de su agrupación en pequeñas comunidades, utilizó todo lo que la naturaleza le brindaba, así comenzó el uso de las materias primas minerales, primeramente, las no metálicas, reflejado a partir de descubrimientos arqueológicos en los que se evidencia el uso del barro, las rocas silíceas, los pigmentos minerales y otros.

Luego, con el descubrimiento de las propiedades de los metales y sus combinaciones, comenzó también el uso de estos, evolucionando de conjunto con el hombre y las sociedades, estableciendo la idea, que la explotación de los minerales no metálicos tendrían con el tiempo, una tendencia a la disminución, sin embargo, la vida ha demostrado todo lo contrario, y no existe hoy un sector de la economía mundial, en el que no se utilicen las materias primas minerales no metálicas.(Fuentes Sardino ,Reynaldo Iván; Hernández Álvarez, Arlene (2013) ).

Hoy en día podemos decir que la minería es una de las actividades fundamentales del mundo, se ha desarrollado a partir de la importancia que poseen los recursos naturales para el hombre. Todos los materiales empleados por la sociedad moderna han sido obtenidos mediante minería. Podemos argumentar por esto, que la minería es la industria básica de la civilización humana.

En Cuba se realizan transformaciones reflejadas programáticamente en los Lineamientos del Congreso del PCC, (292, 293, 294, 295, 296, 297, 298,299 y 29). En tal sentido la construcción de obras sociales para el desarrollo e incremento de la cultura, cobran fundamental atención a las canteras de materiales para la construcción a lo largo y ancho de nuestro archipiélago.

Para la extracción de los minerales no metálicos, se necesita la realización de un proyecto de explotación que permita realizar la labores mineras con efectividad, logrando la utilización racional de los recursos monetarios y la protección del medio ambiente. Por ello, la proyección de la explotación de las canteras representa una tarea técnico - económica responsable de gran complejidad que exige para su solución profundos conocimientos y un enfoque creativo basado en la utilización de las técnicas de computación y métodos económicos - matemáticos.

La empresa de cantera Habana costa con varios yacimientos de materiales para la construcción, los cuales han tenido una alta demanda de áridos en la capital estableciendo un desarrolló enorme en proyectos de obras sociales

#### Situación Problemática

El aumento creciente de la demanda de materiales pétreos para las obras sociales que se construyen en la provincia La Habana, ha requerido un mayor y constante abastecimiento de material para la construcción de estas obras, el cual desde el yacimiento Alacranes de la provincia Matanzas no se puede garantizar debido a la distancia de transportación existente que lo hace irracional; por lo que se hace necesario la explotación del yacimiento La Cecilia ubicado en la provincia La Habana para así garantizar el abastecimiento del material pétreo necesario y cumplir con el plan de construcciones programadas en la capital del país.

Desde un punto de vista económico, es favorable la explotación de dicho yacimiento dada la cercanía del mismo a la capital lo que disminuirá los gastos de transportación e incrementará la presencia de áridos a los programas priorizados del estado en la capital.

De aquí la necesidad de explotar el yacimiento La Cecilia de forma racional para satisfacer la demanda de materiales para la construcción en provincia La Habana y así garantizar la terminación de la obras en construcción; siendo este el problema a resolver en esta investigación.

**Objeto de estudio:** Las reservas minerales existentes en el área de explotación del yacimiento La Cecilia.

**Campo de acción:** El proyecto de explotación del yacimiento La Cecilia.

**Objetivo General:** Realizar el proyecto de explotación del yacimiento La Cecilia para garantizar la demanda creciente de áridos en la provincia La Habana.

Para solucionar el problema se plantea la siguiente **Hipótesis:** Si se conocen las características ingeniero – geológicas de la zona de estudio y la tecnología a emplear en los diferentes procesos tecnológicos, es posible realizar el proyecto de explotación del yacimiento La Cecilia para lograr la extracción del material con

racionalidad que garantice la demanda creciente de áridos en la provincia La Habana; provocando el menor impacto al medio ambiente.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar desde el punto de vista ingeniero – geológico el área de estudio.
- Las labores mineras necesarias para la explotación del yacimiento y planificar la producción minera para un año.
- Realizar cálculos económicos para la producción anual planificada.
- Proponer un conjunto de medidas para minimizar el impacto ambiental generado por la actividad minera, así como garantizar la seguridad e higiene de los trabajos mineros.

### **Los métodos teóricos empleados son los siguientes:**

- **Histórico - lógico:** para estudiar y valorar la situación geográfica de la zona y establecer los fundamentos teóricos del proceso objeto de estudio.
- **Análisis - síntesis:** para estudiar las actividades mineras desarrolladas con anterioridad en la cantera, sus incidencias en otras zonas y establecer conclusiones para desarrollar la explotación de la Cantera.
- **Inducción - deducción:** para interpretar los resultados obtenidos en el análisis de los mapas topográficos.

### **El método empírico utilizado es el siguiente:**

- **Observación:** para percibir visualmente los elementos geomorfológicos y topográficos existentes en la zona de estudio.

## **CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA**

### **1.1 Conceptos básicos de la explotación de canteras**

La explotación a cielo abierto se realiza directamente en la superficie de la tierra e incluye dos tipos de trabajo( destape y extracción). El primero tiene como objetivo asegurar el acceso al mineral útil y crear las condiciones para su extracción, consiste en el traslado del material estéril que rodea al mineral útil. Como resultado de la ejecución de los trabajos de destape y extracción se forma la Cantera, que no es más que el conjunto de excavaciones mineras a cielo abierto.(Boríssov, 1976).

En el ámbito de la construcción se llama popularmente áridos a los materiales minerales, sólidos inertes, que con las granulometrías adecuadas se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla íntima con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cales, cementos, etc.) o con ligantes bituminosos.

Por extensión, también se llama áridos a los materiales granulares rocosos que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos (bases y subbases granulares, bases estabilizadas, etc.), al balasto de las vías de ferrocarril y a la escollera como elemento de protección frente a la erosión hidráulica.

Los principales campos de aplicación de estas materias primas pueden resumirse en:

- Áridos para la preparación de hormigón
- Áridos para la fabricación de aglomerantes asfálticos
- Balastos, sub-balastos y gravillas
- Escolleras para protección de obras portuarias, ríos y canales
- Rellenos y aplicaciones varias
- Materias primas para la industria (cemento, arenas para filtros, cargas, micronizados, etc.)

## 1.2 La minería a cielo abierto

La minería es un proceso industrial que necesita diariamente un cambio en su estructura, donde a partir de los tiempos remotos apenas se realizaba la extracción de minerales, lo que continúa siendo hasta la actualidad.

La minería se realiza mediante dos métodos principales de explotación de minerales: explotación por el método a cielo abierto y subterráneo. El método a cielo abierto se utiliza en las explotaciones realizadas en la superficie terrestre que extraen en forma bancos descendentes a partir del banco superior. Para la extracción de un banco de mineral es necesario remover el material estéril que lo cubre, lo que se llama desbroce y expresa una relación de tonelaje de destape a mineral.

Para la explotación a cielo abierto se requiere de los siguientes procesos tecnológicos:

- Destape
- Arranque
- Transporte interno
- Clasificación
- Comercialización
- Transporte externo
- Almacenamiento
- Escombrera

Herrera, (2007). Expresa que la mayoría de los yacimientos no metálicos o áridos para la construcción son explotados a cielo abierto debido a su ubicación espacial en la corteza terrestre ya que se encuentra a muy poca profundidad, es decir que la capa vegetal o capa estéril es de una menor potencia y también por el bajo costo del material extraído.

Los diseños de las minas tienen varios objetivos, entre ellos la elección del método de explotación, las dimensiones geométricas, la determinación del ritmo anual de producción y la ley de corte (en el caso de los yacimientos metálicos) y la secuencia de extracción entre otros.

López Jimeno, (2006). La presencia de un yacimiento se determina a partir de la exploración geológica la cual determina el tipo de árido, la estimación de los recursos, confirma su existencia y las características (ubicación, tipo de roca, calidad, dimensiones) por lo que hacen factible para que sea posible llevar a cabo su explotación.

(Ortiz, 2003). Antes de comenzar la explotación de cualquier tipo de yacimiento, se debe confeccionar un proyecto donde se desglosara todas las operaciones que se deben llevar a cabo y la secuencia a seguir. El primer trabajo que se realiza es la apertura, la cual consiste en diseñar las vías de acceso desde la superficie, hasta los frentes de explotación de la cantera y luego hasta el cuerpo mineral, lo que permite la preparación de las plataformas de trabajo garantizando un espacio suficiente para el movimiento de los equipos mineros que se van a emplear.

(Recalde, 2011). El correcto diseño de una mina a cielo abierto debe haber concluido la etapa de investigación geológica, fruto de la cual se obtendrá el modelo del yacimiento con todas sus características litológicas y estructurales, que permitirán optimizar la geometría del hueco final y establecer la planificación de las labores, el control y previsión de la calidad de los minerales y, en suma, la rentabilidad del negocio

("Explotación de canteras y medio ambiente", 1996). Especifico que el proyecto de explotación establecerá las fases de explotación de la cantera que puedan garantizar una producción sostenida anualmente, las labores de preparación necesarias para garantizar la operatividad y productividad de la cantera y las fases en que debe llevarse a cabo.

(Hernández, 2012). Al tener en cuenta el sistema de explotación, es necesario conocer que en la minería a cielo abierto se emplean distintos métodos de arranque, adaptados a los diferentes tipos de yacimientos. En el caso específico

de Cuba, en particular en las canteras para áridos de trituración, normalmente se utilizan los métodos mecánicos y de perforación y voladura.

#### Clasificación de los sistemas de explotación:

La variedad de condiciones minero-geológicas es la que determina la variedad de sistemas de explotación, relacionado con esto surge el problema de su sistematización, es decir, la clasificación. Muchos científicos han trabajado en este problema, y en la actualidad se pueden diferenciar las dos clasificaciones más representativas que consideran la mayor cantidad de índices y elementos de los sistemas de explotación, estas son la del Académico V.V. Rshvsky y la del Profesor Titular A.V. Arsentiev. Ambos autores asumieron el desarrollo de los trabajos mineros en profundidad como índice principal de clasificación. De acuerdo con este índice todos los sistemas se clasifican en dos grandes grupos:

- con profundización
- sin profundización

### **1.3 Actualidad de la temática en Cuba**

Cuba constan 100 canteras de materiales para la construcción en la que se explotan rocas calizas y margas, más de 30 conformadas por rocas ígneas y 4 de areniscas. Estas canteras han sido explotadas atendiendo a proyectos, en los que se describe de manera muy somera el diseño del método de apertura.

Hoy en día durante la explotación de las canteras de materiales para la construcción, se presentan considerables insuficiencias en los trabajos de preparación y explotación, los que traen consigo afectaciones en la productividad del trabajo, problemas de seguridad y mayor impacto negativo al medio ambiente, los que se describen a continuación:

- Insuficiencias en el diseño de los trabajos de voladura y poco control en la aplicación de lo planificado en estos trabajos
- Considerable impacto negativo al medio ambiente
- Insuficiencias a la hora del diseño y manejo de las escombreras
- Necesidad de perfeccionar el sistema de explotación.

- Escasa preparación de las canteras para su explotación.

En nuestro país, en su mayoría algunas de las concesiones mineras operan con el diseño adecuado para su explotación, proyectos mineros actualizados, demarcaciones topográficas, licencias ambientales, entre otros requisitos que exige la Ley de Minas.

La práctica a diario mediante la explotación de canteras, no se anuncia en la mayoría de los casos medidas para la minimización los impactos negativos que se producen durante la explotación y en otros casos no se cuenta con los fondos requeridos para ello, por lo que incluso existen casos en que no se ejecutan ningún tipo de trabajos de rehabilitación.

La explotación de canteras de materiales para la construcción, se realiza de forma irresponsable con la ausencia significativa del uso de técnicas de avanzada, por lo cual ellas no están en capacidad de dar respuesta a las demandas crecientes de materiales de construcción.

Puesto que los bajos precios de venta de los materiales de construcción, así como los elevados costos que representa la realización de investigaciones, para conocer con precisión los recursos que se explotan; hace que los propietarios no se estimulen por conocer adecuadamente los yacimiento que explotan y esto a su vez conlleva a la no realización, ni aplicación de proyectos de explotación.

También en los trabajos de voladura, en el mejor de los casos, no garantizan con la calidad requerida el arranque del material, lo que por un lado afecta la productividad del trabajo y por el otro puede afectar la seguridad y aumentar el impacto ambiental.

En su mayoría las canteras que cuentan con el diseño y más aun las que no lo tienen, los parámetros de explotación varían indiscriminadamente pudiéndose así encontrar en una misma cantera; en lugar de uno o dos frentes desarrollados varios pequeños frentes en un mismo horizonte de explotación con alturas de bancos diferentes; alturas de bancos extremadamente altos, con ángulos de talud casi verticales; deficiente distribución de los frentes; con la ubicación de los

accesos que no responde a la futura estrategia de desarrollo y otras, todo lo cual denota una insuficiente argumentación técnica de la estrategia de explotación.

Es de gran importancia saber reconocer el insistente trabajo de seguimiento que realiza la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM) en la explotación minera del país. La preparación de las canteras para la explotación contempla la creación de los accesos (caminos, rampas), frentes de arranque y frentes de carga, con las dimensiones y parámetros que aseguren la posibilidad de obtener los volúmenes comprometidos con el mercado.

Los principales problemas de seguridad que se presentan son:

- En los taludes altos de los frentes de trabajo existe la probabilidad de desprendimientos de rocas.
- La generación de polvo en los trabajos de perforación afecta la salud de los perforadores y otros trabajadores

## CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL YACIMIENTO

### 2.1 Geográfica del Yacimiento

El yacimiento La Cecilia, con 92,5 hectáreas, se encuentra ubicado en el Municipio de Jaruco, provincia de Mayabeque, hoja cartográfica 3785-I, en la escala 1,50000, ubicado en las cercanías de la Presa La Coca y bordeado por los límites del área protegida del mismo nombre. Está situado a 2,6 Km del vial asfaltado existente entre el poblado de Tumba Cuatro y Jaruco. (Ver Figura No.1). A él se llega a través de un terraplén, el cual necesita mantenimiento. Ver Foto No. 1



Figura No. 1. Plano de ubicación del yacimiento.



Foto No. 1. Foto del terraplén principal de acceso al yacimiento

## 2.2 Geología del yacimiento

Las rocas gabroides se vinculan estrechamente con las serpentinitas, y están representadas por numerosos cuerpos de gabros distribuidos en formas aisladas e irregulares, que se pueden observar en el plano como figuras geométricas.

Los contactos de gabroides con las rocas serpentinitas, son de carácter tectónico, en algunos lugares dentro del complejo de gabroides se aprecia bandeamiento. Estas rocas (como parte de las ofiolitas), junto con las secuencias del arco volcánico y de su cobertura sinorogénica integran los nanpes y escamas tectónicas desplazadas al norte.

Este yacimiento que nos ocupa está constituido por elevaciones ligeras del orden de los 135 m, con cotas relativas de 30 a 40 m, con diferencias entre niveles y cimas de 65 m. La potencia de la sección la tomamos como 90 m, por ser esta la potencia máxima perforada en el pozo No.95

Las elevaciones están separadas por valles en forma de V abierta, orientadas en las proximidades del norte – sur geográfico. Los contactos con las rocas encajantes están constituidos por fallas. Podemos considerar el yacimiento como una escama tectónica. Los contactos con las rocas encajantes están constituidos por fallas.

La composición petrográfica está dada por la presencia mayoritaria de gabro. En los pozos 101, 103, 104, 106, 109, y 111 aparecen zonas con intercalaciones de diabasas. Basados en las descripciones petrográficas es posible considerar que las diabasas constituyen la base del corte y tomen formas de sillars o diques dentro de los gabros.

### Clima

Las condiciones climáticas son muy parecidas a la del resto del país con una temporada lluviosa de mayo a octubre y una seca de noviembre a abril. La temperatura mínima oscila entre 20 y 25 °C y la máxima entre 30 y 35 °C.

## **Relieve**

El relieve es poco accidentado en la zona de extracción y en general es ondulado, existiendo cañadas y hondonadas propias del relieve.

## **Hidrogeología**

Las observaciones hidrogeológicas durante el proceso de perforación consistieron en la determinación de la profundidad de los niveles antes de comenzar cada turno y en la determinación de pérdidas totales y parciales del líquido en el proceso.

Las observaciones de régimen dadas las condiciones concretas del yacimiento se redujeron a las determinaciones de las fluctuaciones de los niveles en dependencia de los cambios estacionales, con esta finalidad las mediciones se realizaron entre mayo 1989 y febrero 1990 con una frecuencia de 1 - 3 mediciones mensuales. Para ello se emplearon medidores de percusión

Los bombeos de prueba fueron ejecutados por el método de cubeteo los que al poner en evidencia la insignificante acuosidad de las rocas que conforman el corte del yacimiento hicieron innecesaria la ejecución de otros trabajos hidrogeológicos experimentales.

El yacimiento coincide con una de las mayores elevaciones del territorio cuyas cotas oscilan entre las 58,6 m en el extremo oeste del área y los 134,4 m en el límite norte central del bloque de categoría medido La cota menor por su parte, en el propio bloque es del orden de los 85 - 86 m en su extremo sur oeste.

Esta peculiaridad del emplazamiento orográfico del yacimiento ha hecho posible que ni en sus cercanías existan corrientes superficiales que pudieran influir en el sentido de complicar sus condiciones hidrogeológicas. Por el contrario, el territorio del yacimiento constituye, desde el punto de vista morfológico, una estructura positiva, atravesada por una red de cañadas que facilitan el drenaje natural tanto de las precipitaciones atmosféricas como las procedentes del débil escurrimiento subterráneo en el periodo lluvioso.

Desde el punto de vista hidrogeológico en el yacimiento durante el desarrollo de

los trabajos, se ha encontrado la presencia solo de un horizonte acuífero freático que se desarrolla en toda el área del yacimiento, vinculado con la parte superior agrietada de la corteza de interperismo.

La acuosidad de las rocas de este horizonte según los resultados de los bombeos de prueba realizados es insignificante y se caracteriza por caudales específicos inferiores a los 0,016 litros/ seg. La potencia de la zona agrietada de acuerdo con los pozos perforados va desde 0,6 m hasta 10,50 m. La posición de los niveles como corresponde a un horizonte freático se encuentra estrechamente vinculado con las formas del relieve y con los dos periodos climáticos característicos del país.

Las mayores profundidades se observan en las zonas más elevadas (24 - 31 m en el pozo P - 79), las menores en las cercanías inmediatas a las partes más bajas de las cañadas de las corrientes esporádicas (0.70 - 2.51 m en el pozo P - 102) de igual modo se comporta la fluctuación de los niveles.

La única fuente de alimentación del horizonte acuífero freático a que se hace referencia la constituyen las precipitaciones atmosféricas directamente en las áreas del yacimiento. La descarga, a su vez, se produce a lo largo de cañadas existentes.

Partiendo de los criterios expresados las condiciones hidrogeológicas del yacimiento pueden ser calificadas como simples.

### **Tectónica**

El área del yacimiento se ubica dentro del bloque Habana, donde se distribuyen el Grupo Chirino y la Trampa, que conjuntamente con las rocas de la Asociación Ofiolítica, se emplazaron a modo de escamas tectónicas. Los límites del área son tectónicos, aunque el yacimiento está afectado por fallas locales. Según el esquema aerofoto geológica en el cuerpo se manifiesta el agrietamiento distribuido de forma irregular que alteran muy limitadamente las rocas.

Estas alteraciones se evidencian mayormente en los pozos P - 93, P - 102, P - 106 y P - 108, donde la fragmentación de los testigos recuperados por la perforación así

lo determinan, aunque este fenómeno no afecta la calidad del árido, ya que al ser procesado a una granulometría inferior no disminuye su respuesta ante la triturabilidad.

### 2.3 Características geotécnicas del macizo rocoso

A las muestras básicas tomadas se les determinaron el peso volumétrico, la absorción y la triturabilidad al cilindro saturado, en la fracción 10-20 mm.

**Tabla 1. Estadígrafos de las variables analizadas:**

<b>VARIABLES</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Peso Volumétrico</b>	<b>Absorción</b>	<b>Marca</b>
Media	2,73	1,26	-
Error típico	0,01	0,08	-
Mediana	2,74	0,87	1000
Moda	2,75	0,70	1200
Desviación estándar	0,14	1,32	-
Varianza de la muestra	0,02	1,75	-
Curtosis	6,99	28,71	-
Coefficiente de asimetría	-0,80	4,21	-
Rango	1,46	13,54	800
Mínimo	1,99	0,16	400
Máximo	3,45	13,70	1200
Suma	838,73	386,86	287400
Cuenta	307	306	304
Nivel de confianza (95.0 %)	0,02	0,15	-

Para la marca el mínimo es 400 kg/cm<sup>2</sup>, que aparece en un solo caso (Pozo P-104: intervalo de 49.6 a 55.7 m) y el máximo 1200 kg/cm<sup>2</sup>. Hay un total de 304 muestras.

El 91 % de las muestras presentan marca desde 800 hasta 1200 kg/cm<sup>2</sup>; el 8,8 %, tiene marca 1200 kg/cm<sup>2</sup>, con un coeficiente de variación del 21 %.

El peso volumétrico se caracteriza por presentar una moda de 2,75 g/cm<sup>3</sup>, el valor mínimo es 1,99 g/cm<sup>3</sup>, y el máximo 3,45 g/cm<sup>3</sup>, para un promedio de 2,73 g/cm<sup>3</sup>.

La absorción presenta 306 muestras, la moda presente corresponde al valor 0,70 %, el valor mínimo es 0,16 % y el máximo 13,7 % para un promedio de 1,26 %.

Las condiciones ingeniero geológicas del yacimiento pueden ser consideradas de simples pues el corte está completamente conformado por variedades litológicas rocosas por su resistencia a la trituración al cilindro del orden de marcas de 1200 kg/cm<sup>2</sup>, 1000 kg/cm<sup>2</sup>, 800 kg/cm<sup>2</sup>, 600 kg/cm<sup>2</sup>, lo que permite emplear ángulos de los taludes superiores a los 70 - 80<sup>0</sup>

#### 2.4 Condiciones para la estimación de los recursos

Los parámetros para el cálculo de los recursos se detallan a continuación:

- Potencia mínima de Roca útil: 5,0 m
- Potencia máxima de Cubierta: 10,0 m
- Relación cubierta/ útil: 1,3
- Intercalaciones máximas: 20 %
- Profundidad de exploración: Cota + 60

Estos parámetros fueron analizados para cada pozo y calculados para los diferentes bloques de recursos. Todos los bloques cumplen las condiciones de cálculo.

**Tabla 2. Datos básicos de cada bloque:**

Bloques	Pot. Útil Prom. (m)	Pot. Cub. Prom. (m)	Rel. Cub/Útil	Intercalaciones	
				metros	%
1 Medido	43,37	6,08	1:1,7	37,97	6,73
2 Indicado	21,15	4,45	1:4,7	-	-
3 Indicado	29,30	4,66	1:6,3	0,5	0,43
4 Indicado	46,09	5,09	1:9	2,9	0,9

5 Indicado	49,56	7,43	1:6,6	16,73	11,25
------------	-------	------	-------	-------	-------

Límites de cada bloque:

➤ Bloque 1 Medido:

Se encuentra limitado verticalmente por el contacto con los gabros frescos (superficie topográfica descontándole la capa vegetal y la corteza de interperismo) y el plano que forma la cota + 60; horizontalmente se encuentra limitado por los siguientes pozos: P-100, P-79, P-101, P-105, P-109, P-108, P-107, P-103 y los pozos interiores: P-111, P-112, P-104, P-113 y P-114; ubicados en una red de exploración aproximadamente de: 130-200 m con un pozo central.

Este bloque tiene una potencia útil promedio de 43,37 m y una potencia promedio de cubierta de 6,08 m.

➤ Bloque 2 Indicado:

Verticalmente está limitado por el contacto con los gabros frescos y el plano que forma la cota + 60. Su límite horizontal se trazó basado en el principio de la extrapolación de los pozos en categoría medidos a una distancia de aproximadamente 60,0 m. Ocupa la parte oeste del yacimiento, formado por los pozos P-93, P-100, P-103, P-107, P-94 y P-102, ubicados en una red de aproximadamente de 140-200 m.

El bloque presenta una potencia útil promedio de 21,15 m y una potencia promedio de cubierta de 4,45 m.

➤ Bloque 3 Indicado:

Ocupa la parte sur del yacimiento, conformado por los pozos P-107, P-108, P-109 y P-95; ubicados en una red de aproximadamente de 180-200 m entre pozos. Por la vertical limita con el contacto con los gabros frescos y el plano que forma la cota + 60.

El bloque presenta una potencia útil promedio de 29,30 m y una potencia promedio de cubierta de 4,66 m.

➤ Bloque 4 Indicado:

Ocupa la parte este del yacimiento, conformado por los pozos P-101, P-78, P-106, P-96, P-110, P-109 y P-105; ubicados en una red de aproximadamente de 170-190 m entre pozos. En profundidad limita por el contacto con los gabros frescos y por la cota + 60.

Este bloque tiene una potencia útil promedio de 46,09 m y una potencia promedio de cubierta de 5,09 m.

➤ Bloque 5 Indicado:

Ocupa la parte norte del yacimiento, conformado por los pozos P-100, P-79 y P-101; ubicados en una red aproximadamente de 170-210 m entre pozos. En profundidad limita por el contacto con los gabros frescos y por la cota + 60.

Este bloque presenta una potencia útil promedio de 49,56 m y una potencia promedio de cubierta de 7,43 m.

## **2.5 Estimación de los recursos**

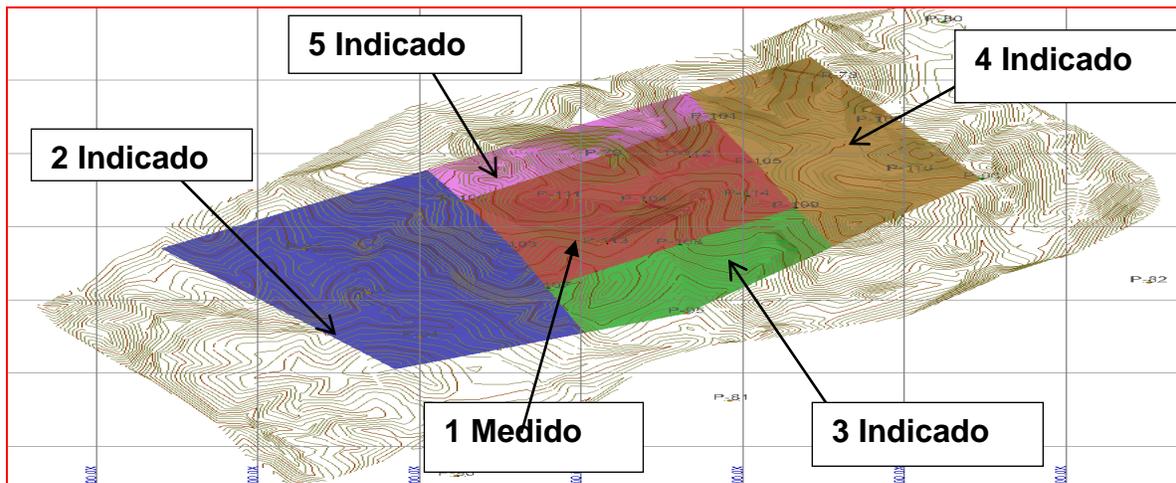
El cálculo de los recursos del bloque medido (1 Medido.) se realizó por el método de perfiles paralelos verticales, el mismo fue verificado por el método de bloques geológicos, siendo la diferencia entre ambos métodos de 1,09 %.

Los demás bloques en categorías indicados (2, 3, 4 y 5) fueron calculados por el método de bloques geológicos, se realizó una comprobación del cálculo en esta categoría considerando la misma como un solo bloque (promedio aritmético), la diferencia del volumen de recurso fue de 3,4 %.

En la figura. 2 y en la tabla 3 se muestran la ubicación y el resultado de los recursos obtenidos.

**Tabla 3. Estimación de los recursos**

Categorías	Bloques	Volumen	Densidad	Absorción	Marca
		m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>
Medidos	(1 Med.)	3 916 910,00	2,70	1,30	1000
Indicados	(2 Ind.)	2 431 740,00	2,72	0,88	1200
Indicados	(3 Ind.)	1 468 340,00	2,77	1,15	1000
Indicados	(4 Ind.)	4 025 640,00	2,77	0,92	1000
Indicados	(5 Ind.)	1 082 900,00	2,69	0,92	1000
Sub-total	(Indicados)	9 008 620,00	2,70	1,40	1000
Total (1 Med.+ Ind.)	(1 Med. + Ind.)	12925 530,00	-	-	-


**Figura 2.** Ubicación de las categorías de los recursos.

## 2.6 Características tecnológicas útiles del mineral

Teniendo en cuenta, las características tecnológicas, las litologías existentes se consideran como un solo tipo materia útil, el cual se explica a continuación:

Rocas que forman la potencia útil, constituidas por gabros, diabasas, gabros–diabasas y gabro pegmatítico, de marca mayor e iguales a 600 kg/cm<sup>2</sup>, todas las

muestras compactadas, con mayor o menor grado de masividad.

Se consideran intercalaciones las siguientes:

Los intervalos con marca menores e iguales  $400 \text{ kg/cm}^2$ , los intervalos de material friable y aquellos con recuperación baja (menor 70 %), a continuación se resume:

- Cuando el material aparece descrito como deleznable, aunque tenga buenos resultados tecnológicos.
- Cuando los intervalos aledaños corresponden a marcas menores e iguales  $400 \text{ kg/cm}^2$ .

## **CAPÍTULO III: LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO LA CECILIA**

### **3.1 Condiciones minero – técnicas del yacimiento**

EL yacimiento está compuesto por Gabros que se encuentran al sur – este del poblado campo florido perteneciente al complejo ofiolítico que se desarrolla en la parte norte de la Habana.

El yacimiento está formado por ligeras elevación con varias cimas en el orden de los 134,4 m y alturas relativas de 30,0 – 40,0 m separada por leves valles intramontañosos.

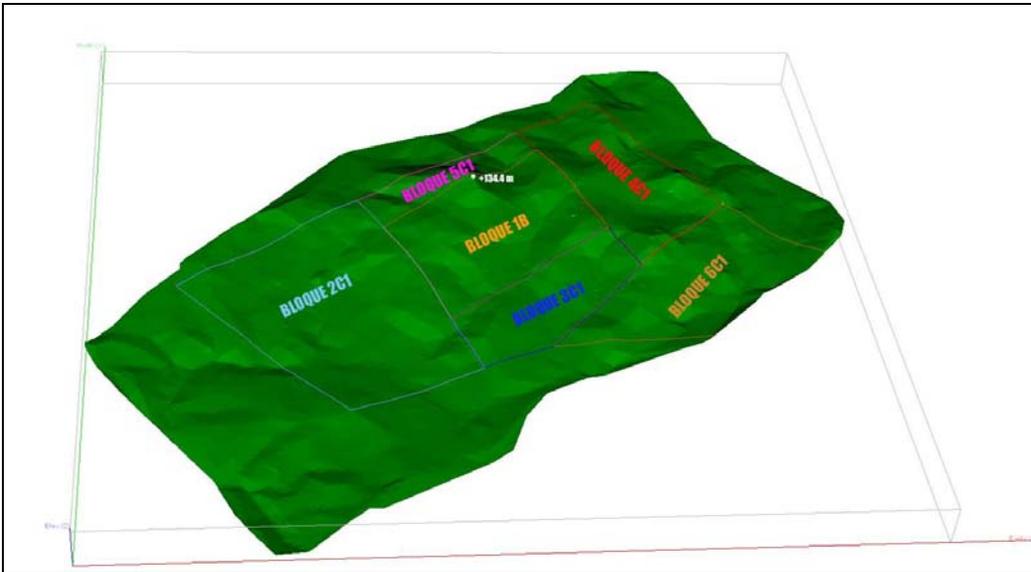
La presencia de la actividad minera en la región es la siguiente: aproximadamente a 7,0 Km. al sureste del yacimiento se encuentra la instalación Gustavo Machín, molino donde se procesa actualmente la magnesita del yacimiento Redención (Camagüey) y la bentonita del yacimiento Managua, poco más o menos a 3,0 Km al sur la instalación de la Coco Peredo que procesa la caliza del yacimiento La Colina (obtención del  $\text{CaCO}_3$ ), perteneciente a la Empresa Geólogo-Minera del MINBAS y alrededor de los 4,0 Km al Sureste el yacimiento San Luís II para áridos, concesionado a los militares.

El material útil gabro está vinculado con la serpentina y aparecen por numerosos cuerpos de gabros distribuidos de manera aislada e irregular. Los contactos con las rocas encajantes están constituidos por fallas, se considera un yacimiento como una escama tectónica.

El yacimiento coincide con una de las mayores elevaciones del territorio, sus cotas oscilan en los 58,6 m en el extremo oeste del área y los 134,4 m en el límite norte central del Bloque 1B (Ver figura 3). Esta peculiaridad hace posible que ni en sus inmediaciones, ni en sus cercanías existan corrientes superficiales que pudieran influir en el sentido de complicar sus condiciones hidrogeológicas.

### 3.2 Sistema de explotación y operaciones mineras

La cantera se explotará por el método a cielo abierto dada las características y condiciones que presenta el yacimiento. El sistema de explotación determina el orden de formación de la zona de trabajo en la cantera en tiempo y espacio, y se caracteriza por el desarrollo armónico de los trabajos mineros en los bancos, forma de frentes y dirección de desplazamiento.



**Figura 3.** Vista 3D de la superficie topográfica y los Bloques geológicos

El sistema de explotación que se empleará según el orden de los trabajos en profundidad, es el propuesto por V.V. Rshesky y A.V. Arsentiev. El desarrollo de la explotación se realiza con profundización por bancos de 10 m de altura. El yacimiento La Cecilia es totalmente virgen y se requiere la explotación en el extremo oeste del Bloque 1B( medido) donde se creará una rampa de acceso para acceder a los bancos +120, +110, +100. y poder extraer el material útil en cada uno de ellos planificada para un año.

Los principales elementos del sistema de explotación son:

- Escalones de trabajo
- Trincheras de apertura
- Plazoletas de trabajo
- Zanjias de preparación

➤ Escombrera

Los parámetros del sistema de explotación dependen del tipo de equipamiento utilizar y su influencia en la efectividad del trabajo.

Contamos con cuatro grupos de parámetros fundamentales:

- Geométricos: Es en función de la estructura y morfología del yacimiento, pendiente en terreno, pendiente en límites de propiedad, etc.
- Geomecánicos: Depende de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se encuentra dividido el yacimiento.
- Operativos: Las dimensiones necesarias para que la maquinaria empleada trabaje en condiciones adecuadas de eficiencia y seguridad: alturas de banco, anchuras de bermas y pistas, anchuras de fondo, etc.
- Medioambientales: Aquello que permite la ocultación a la vista de los huecos o escombreras, faciliten la restauración de los terrenos o la reducción de ciertos impactos ambientales.

### 3.3 Capacidad anual de producción y vida útil

El estimado de recursos dentro de la concesión recogido en la Capítulo anterior (Geología) define de la existencia de 12 925 530 m<sup>3</sup> material útil (In situ) en la categoría de Medido + Indicado.

La planta de procesamiento tiene un plan de producción anual de 140 000 m<sup>3</sup>, según criterio del concesionario se espera un 25 % de pérdidas en planta.

A continuación se desglosa en el cálculo de la productividad anual:

$$Q_a = P_a * \eta * K_1 * K_2$$

Q<sub>a</sub>- Plan de producción terminada, 140 000 m<sup>3</sup>

η- Coeficiente de recuperación tecnológica, (1 - 0,25)=0,75

K<sub>1</sub>- Coeficiente de pérdida por transportación,(1 - 0,01)=0,99

K<sub>2</sub>- Coeficiente de pérdida por extracción,(1 - 0,01)=0,99

$$Pa = \frac{Q_a}{\eta * K_1 * K_2} = \frac{140\ 000}{0.75 * 0.99 * 0.99} = 191\ 780,82\ m^3\ \text{Rajon}$$

El tiempo de vida útil de la cantera se determina por la fórmula siguiente:

$$T_{vu} = \frac{P}{P_c} = \frac{12\ 925\ 530}{127\ 853} = 101\ \text{años}$$

Dónde:

P - Reservas de material útil en la zona de explotación; m<sup>3</sup>

Pc: Productividad anual de la cantera; m<sup>3</sup>

### 3.4 Régimen de trabajo

El régimen de trabajo con el que operará la cantera se planteó por el concesionario que será el siguiente:

Días calendarios.....	365 días
Días feriados y domingos.....	52 días
Días estimados de lluvias.....	20 días
Días laborables o efectivos.....	281 días
Días de mantenimientos de los equipos.....	7 días
Turnos de trabajo al día.....	1 día
Horas de un turno.....	12,5
Aprovechamiento del tiempo (%).....	80

### 3.5 Método de apertura

La apertura del yacimiento consiste en la realización del sistema de laboreo minero que permitirá la comunicación del transporte entre el horizonte de extracción con la planta, deposito u otros objetivos fuera de la cantera. Las labores de destape se iniciarán en el oeste del Bloque 1B y la extracción se iniciarán en el límite norte de dicho bloque, coincidiendo con la cota máxima 134,4 m.

Por lo que los trabajos preparatorios incluyen el diseño de un camino minero hasta el extremo oeste del Bloque 1B, los trabajos de limpieza y la conformación de la plataforma de trabajo.

El método que se utilizará es la apertura mediante la confección de una rampa de acceso, que responde a una excavación minera inclinada que sirve para el acceso al yacimiento y la transportación del mineral útil y las rocas de destape.

### 3.5.1 Labores de apertura

Para poner en explotación un nuevo banco o nivel es necesario crear una vía de transporte hacia él y un frente inicial de trabajo con su correspondiente plazoleta de trabajo, estas excavaciones se denominan trincheras o rampa de acceso.

Los trabajos se iniciarán en la cota + 130 m de manera descendente en bancos de 10 m hasta la cota + 100 m

Se laborará de manera descendente garantizando con rampa de acceso la comunicación a los demás niveles.

Las trincheras y rampas se caracterizan por los siguientes elementos y parámetros:

- Ancho por el fondo
- Ángulo de los laterales;
- Profundidad final (igual a la altura del escalón o del banco);
- Longitud;
- Pendiente.

Fórmulas para el cálculo de los parámetros de la trinchera o rampas de acceso:

- Ancho de la Rampa o trinchera de acceso:

$$B_p = 2d + r + l_c + \frac{x}{2} = 26,7 \approx 27 \text{ m}$$

Dónde:

x- Ancho del camión, 3,4 m

l<sub>c</sub>- Longitud de camión, 11 m

r- Radio de giro del camión, 8 m

d- Berma de seguridad, 3 m

- Longitud de la rampa o trinchera de acceso:

$$Lm = \frac{h}{i} = 163 \text{ m}$$

Dónde:

h- altura total de los bancos banco, 10 m

i-Pendiente de la trinchera, 10%

➤ Área de la rampa:

$$Sm = \frac{(Bp + h * \cot\alpha)h}{2} = 139.35 \text{ m}^2$$

Dónde:

$\alpha$ - Ángulo de talud, 85°

➤ Volumen a extraer de la rampa de acceso:

$$Vm = Sm * Pc = 69,67 \text{ m}^3$$

Pc- Potencia a desbrozar, 0,50 m

➤ Tiempo de laboreo de la rampa de acceso:

$$T_{lr} = \frac{Vm}{0.85 * Q} = 0.35 \text{ h}$$

Q- Productividad horaria del bulldozer, m<sup>3</sup>/ h

Rampa de acceso. Parámetros de diseño:

➤ Los parámetros de diseño para las rampas de acceso son los siguientes:

➤ Ancho -----27 m

➤ Pendiente longitudinal ----- 10 %

➤ Longitud ----- 100 m

➤ Pendiente transversal (peralte)----- 15 %

➤ Longitud de la plataforma horizontal para pasar de un nivel a otro -- 39 m

➤ Cuneta para el drenaje en forma de "V", con un ancho y profundidad de--40 cm

Coordenadas del punto inicial del eje de la obra:

$$X = 387620 \quad Y = 362269 \quad Z = +100,0 \text{ m}$$

➤ Tiempo de realización----- 1 día

### 3.6 Tala y desbroce

La tala se realizará mediante el corte de los arbustos presente en el área de posicionamiento dentro del yacimiento. El desbroce se fundamentará en la extracción y retiro de los arbustos, plantas, troncos, malezas, basura y cualquier otro objeto no deseable del área. Ambas labores son preparatorias y tienen la finalidad de crear las condiciones óptimas para las demás labores preparatorias como la apertura.

La zona está cubierta por arbustos en manera de charrasco, y una extensa población de pequeñas maleza de marabú. Los productos del desbroce se ubicarán en un pequeño depósito que prepararemos en el extremo oeste del Bloque 2C1 a 87 m aproximadamente del camino que accede al Bloque 1B.

Los arbustos y capa vegetal que no sean de consideración aprovechable, se depositarán temporalmente en esta zona y se incineraran posteriormente. El depósito abarca un área total de  $7477,12 \text{ m}^2 = 74,5 \text{ ha}$ , la potencia promedio de destape, según informe geológico, es de 0.50 m, lo que representa un volumen de  $3738,56 \text{ m}^3$ . Se recomienda realizar la extracción de la capa vegetal con el empleo del bulldózer.

**Tabla 4. Coordenadas para el replanteo del depósito de la capa vegetal**

Vértice	Norte	Este
1	362030,30	387379,64
2	362132,40	387314,35
3	362109,94	387521,76
4	362109,94	387521,76
1	362030,30	387379,64

#### 3.6.1 Proceso de ejecución de los trabajos de tala y desbroce

Los topógrafos marcarán con estacas las zonas afectadas por la minería en el yacimiento, marcando claramente la zona de actuación, zonas de servidumbre.

Se señalarán las zonas donde se encuentren los servicios afectados y se

marcarán los árboles que se incluyen en el proyecto.

Todos los tocones y raíces con diámetro superior a 10 cm se eliminarán excavando hasta una profundidad no menos de 50 cm. En zona de servidumbre se pueden dejar los tocones aras del suelo. Los deshechos serán transportados a vertedero, incinerados o enterrados, según el caso, cumpliendo las normas existentes sobre la incineración e informándose sobre propagación posible de plagas.

La tierra vegetal procedente del desbroce se dispondrá para su ubicación definitiva en el menor tiempo posible. Previo a la iniciación de estos trabajos, se debe obtener los permisos correspondientes para la tala de árboles y vertido de los productos sobrantes a vertedero autorizado y para extraer raíces y tocones con maquinaria, es una buena elección la utilización de buldócer con rippers. Los servicios detectados antes, durante o después del desbroce, deberán estar señalizados.

Para eliminar la mala hierba, se debe excavar al menos un metro bajo superficie del terreno natural. Asegurar la capacidad de desagüe de la zona desbrozada.

Equipos y medios necesarios:

- Bulldózer, cargador y camiones.
- Medios auxiliares: Sierras mecánicas, machetes, hachas.

Construcción del depósito:

$S_e = (W * K_e) / (H_e + K_a)$  El material que se obtiene durante el desbroce será almacenado en el depósito cuya zona se encuentra al este de la escombrera actual y tiene un área según diseño de 19 546 m<sup>2</sup>. El área necesaria para almacenar el volumen estimado de material se calcula por la siguiente fórmula:

Dónde:

$W$  - Volumen de material destinado para el depósito. 19 407,24 m<sup>3</sup>

$K_e$  - Coeficiente de esponjamiento del material. (1,5)

$H_e$  - Altura. 6 m

$K_a$  - Coeficiente que considera los taludes. (0,6)

$S_e = 1 960,3 m^2$

Como el área de diseño realizado es mayor que el área necesaria, el material del desbroce se puede verter dentro del depósito, siempre teniendo en cuenta que este tendrá una altura de 6 m.

### **3.7 Tecnología de los trabajos**

Los trabajos mineros en el yacimiento consistirán en el arranque, traslado y acumulación del mineral y las rocas de destape. Para lograrlos se deben realizar los siguientes procesos básicos:

- Preparación de las rocas para la excavación,
- Excavación - carga
- Traslado de la masa minera de rocas estériles hacia las escombreras y el material útil a la planta
- Preparación primaria del mineral y su beneficio

Además se realizarán otros procesos auxiliares mineros como el suministro eléctrico, el drenaje, el muestreo de los minerales, el mantenimiento y reparación de los equipos, etc., que aseguran la ejecución de los trabajos mineros.

La tecnología y mecanización de los trabajos estará basada en los principios de la continuidad, simultaneidad e independencia de los procesos, el aseguramiento de la mínima distancia de transportación de la masa minera, la disminución del número y el volumen de los trabajos auxiliares, el mínimo de gastos y el máximo de ingresos por la realización de la producción.

### **3.8 Preparación de las rocas para la extracción**

Esta tiene como finalidad crear las condiciones seguras para los trabajos mineros, obtener la calidad requerida de la mena extraída, asegurar las posibilidades técnicas y las mejores condiciones técnicas para el uso de los medios técnicos en los procesos posteriores. Comprenderán el debilitamiento, cambio de estado y fragmentación de las rocas para facilitar su laboreo.

Los trabajos con explosivos deben garantizar el grado de fragmentación necesario, la calidad requerida del mineral, las dimensiones y la forma del montón de rocas, las cotas, dimensiones y forma de las plazoletas de trabajo y los

escalones, la acción sísmica permisible sobre las edificaciones y el macizo de rocas, una alta productividad del trabajo de los equipos de excavación-carga, la efectividad económica y seguridad de los trabajos. La voladura a realizar será de remoción del macizo y debe tener una granulometría óptima para garantizar una alta productividad de los equipos.

### **3.8.1 Los trabajos de excavación-carga**

Estos trabajos observaran la excavación y carga (traslado y descarga) en medios de transporte de la masa minera. La excavación de las rocas se realizará con cargadores. En los trabajos a cielo abierto existe lo que se conoce con el nombre de estructura de mecanización compleja, la cual es un conjunto de máquinas y mecanismos desde el frente de minería hasta la escombrera incluyendo el transporte, que aseguran el cumplimiento de los índices planificados en los trabajos de extracción y destape.

La máquina base en esta estructura es la de excavación-carga. Teniendo en cuenta el equipamiento a usar en el yacimiento, la estructura de mecanización compleja será de carácter discreto, debido a que los equipos que realizaran el proceso son de acción cíclica en todo el flujo.

### **3.8.2 Secuencia de ataque o frente de explotación**

Dentro del método convencional de explotación por banqueo descendente se encuentran tres direcciones de ataque:

- Explotación longitudinal (paralela al rumbo)
- Explotación transversal (normal al rumbo)
- Explotaciones diagonales o mixtas (en ángulo con el rumbo)

En este caso se avanzará la minería con explotación longitudinal, se iniciará en las cotas superiores del yacimiento y progresando de techo a muro del paquete de masa mineralizada. Una vez que el banco haya avanzado hasta el límite del banco, se avanzará de forma transversal garantizando la explotación total del banco.

➤ Arranque con explosivos:

Considerando fundamentalmente las características físico mecánicas de las rocas del yacimiento y conociendo que la parte superior del mismo está más alterada, el arranque para la extracción de material se hará con arranque directo y con explosivos.

Para hacer el arranque con el uso de explosivos, se calcula por método automatizado, los parámetros necesarios para los trabajos de perforación y voladuras, resultando el pasaporte de perforación y voladuras.

➤ Carga

La actividad de carga tanto en el mineral como en el estéril, se ejecutará con el uso retroexcavadora y cargador.

➤ Transportación del mineral y del estéril

Labor que es parte de los trabajos mineros en el yacimiento, a través de la cual se trasladará el mineral hacia los depósitos o la planta para su procesamiento y el estéril para las escombreras.

La transportación del mineral y el estéril se realizará usando camiones volteo de 22,3 m<sup>3</sup> capacidad, la cual constituye un esquema cíclico. El transporte automotor tiene como ventaja, respecto a otros sistemas, su maniobrabilidad, flexibilidad y en distintas condiciones climáticas, capacidad de vencer grandes pendientes.

Las distancias promedio de transportación hacia la planta y las escombreras son las siguientes:

Distancia máxima a la planta (Km)

1,2

### **3.9 Sistema de laboreo**

El sistema de laboreo se realizará mediante el orden establecido para realizar los trabajos preparatorios, de destape, y arranque, de manera que aseguren una extracción segura, económica, y lo más completa posible de las reservas, observando las medidas de protección del ambiente.

Debido a la yacencia de los cuerpos minerales en el yacimiento, el incremento de la altura de la zona laboral de la cantera a medida que se desarrollan los trabajos mineros en profundidad y la necesidad de realizar trabajos preparatorios durante todo el período de explotación para realizar la apertura de nuevos horizontes para crear frentes de destape y arranque estable estamos en presencia de un sistema de laboreo con profundización, donde la situación de la zona laboral es variable.

Teniendo en cuenta la forma de trasladar las rocas de destape, debido a su gran volumen, se usará un sistema de laboreo con transporte. En acatamiento del desarrollo general de los trabajos con respecto al campo de cantera, según propuesta del profesor V. V. Ryevskii, el sistema de laboreo a usar será longitudinal, donde el frente de destape y arranque se desplaza paralelo al eje largo del campo de cantera (en la dirección del rumbo).

Este sistema de laboreo puede ser unilateral o bilateral donde se avanza en profundidad por un solo lado o por los dos. En este yacimiento se usará el sistema de laboreo longitudinal con profundización unilateral, realizando el laboreo hacia la dirección Suroeste.

### **3.10 Escombreras**

Una de las limitantes para la explotación de este yacimiento han sido la alta potencia de escombros o arenas de destape, realizando estudios del material a destapar del Yacimiento La Cecilia para morteros de hormigones, por el Centro Técnico para Materiales de la Construcción (MICONS), los resultados obtenidos clasificaron ese desecho como árido fino en morteros y hormigones; es decir como arena en morteros de albañilería ya que cumplen en sentido general con las especificaciones que se establecen para esta actividad.

El escombros en el Yacimiento Cecilia se contabilizará como producción, por lo que no se harán escombreras.

### **3.11 Diseño final operativo de la cantera**

Sobre la base del equipamiento, concesión minera, cuerpo mineral, marca se procederá o se realizara el diseño final de la cantera, teniendo en cuenta los parámetros minero-técnicos para el desarrollo eficaz de la misma. Estratégicamente se realizara un diseño minero que abarcará la totalidad de las reservas dentro de la concesión minera hasta la cota + 90,0 m. El drenaje natural para este yacimiento es posible hasta la cota + 75,0 m , los trabajos posteriores a este nivel se deberán usar estaciones de bombeo que encarecerán el proyecto en la medida que se descienda.

#### **3.11.1 Fundamentación del sistema de laboreo y sus características generales**

El sistema de laboreo es el orden establecido para realizar los trabajos preparatorios, de destape y de arranque, de manera que aseguren una extracción segura, económica, y lo más completa posible de las reservas, observando las medidas de protección del ambiente.

El sistema de laboreo es con transporte, por bancos de 10m hasta el nivel +100 m con el objetivo de llevar el piso de la cantera hasta el mismo nivel de evacuación de las aguas, se utilizarán cargadores frontales de 4.10 m<sup>3</sup> para la carga a los medios de transporte, realizando el arranque mediante el empleo de sustancias explosivas. También se realiza el arrastre y almacenamiento de la masa minera utilizando un topador frontal, para facilitar los trabajos de carga del material.

El orden de la realización de los trabajos mineros se regula por el plan calendario trimestral y anual.

#### **3.11.2 Parámetros de diseño**

Los elementos principales de la explotación en este yacimiento son:

- Altura del escalón.
- Angulo del talud del escalón en su estado de trabajo y final de explotación.
- El ancho de la plazoleta de trabajo.

Los elementos principales de la explotación se determinaron de acuerdo a las “Normas de Proyección Tecnológicas” y las “Reglas de seguridad durante la

explotación de los yacimientos de mineral útil a Cielo Abierto”.

➤ **Altura del escalón:**

La altura del escalón depende de las propiedades físico - mecánicas de las rocas, de las condiciones de apertura de los horizontes de trabajo, de los parámetros de operación de los equipos de carga y de las reglas de seguridad.

Las rocas del yacimiento “La Cecilia” se extraerán empleando escalones de hasta 10 m de altura.

➤ **Bermas de seguridad**

La berma de seguridad se estima como la tercera parte de la altura del banco. Para 10,0 m de altura de banco se estima una berma de 3 m.

➤ **Bermas de transporte**

Las dimensiones calculadas son las siguientes: ancho de 10 m, pendiente longitudinal máxima de 10% y pendiente transversal de 1,5% para drenaje.

Entre los tramos, cada dos niveles, habrá una plataforma horizontal con una longitud de 12 m mínimo para descanso del motor y la transmisión.

➤ **Altura y talud del banco para el diseño final de la cantera**

Se tomó una altura de los bancos de 10 m con un ángulo de inclinación de  $85^{\circ}$  para esto se calculó la máxima altura estable.

Parámetros del sistema de explotación:

- **Altura del banco:** 10 m
- **Angulo de inclinación del talud:**  $85^{\circ}$
- **Ancho de las bermas de seguridad:** 2 m
- **Angulo del talud minero de la cantera en el borde inactivo:**  $62,2^{\circ}$

### **3.12 Plan calendario de minería**

Ya mencionado con anterioridad la extracción se realizará con bancos de 10 m, donde se iniciaran en los niveles +120 ,0 m hasta +100,0 m.

Secuencia de Minado:

Se realizó la planificación para extracción del material usando las herramientas de Gemcom. Dadas las características morfológicas presentes, la explotación se comenzará en la parte más alta del yacimiento. La extracción de las reservas en los bloques geológicos se concentraran en la categoría de medidos para tratar lograr extraer en un tiempo de un años, pero se planificará distribuido en cuatro trimestres.

➤ Primer Trimestre

En este periodo las labores se realizaran en los bancos +120 m y +110 m con un área de 19 886,31m<sup>2</sup> y un volumen de 52265,9 m<sup>3</sup> material útil y 100 204 m<sup>3</sup> de destape. La explotación en este nivel se desarrollara con dirección Norte-Este de tal manera que se complete la extracción del trimestre.

La distancia promedio de transportación hasta la planta es de 1,2 km. En este periodo se construirá una berma de seguridad y el drenaje se hará mediante la evacuación de las aguas; el piso en este nivel tendrá una pequeña pendiente de 2 % con dirección Sureste hacia la zanja de desagüe construida.

➤ Segundo Trimestre

En este Trimestre se continuarán los trabajos del periodo anterior en el horizonte +100,0 m. El material útil será trasladado por los camiones de volteo de 22,3 m<sup>3</sup> hasta la planta, para la carga se utilizará el cargador volvo de 4,10 m<sup>3</sup> En este periodo se garantizará los volúmenes necesarios de 33 455,37 m<sup>3</sup> material útil y 62 681,68 m<sup>3</sup> destape. El drenaje en este periodo se hará mediante la evacuación de las aguas; el piso en este nivel tendrá una pendiente igual al trimestre anterior

➤ Tercer Trimestre

En este trimestre se continuarán los trabajos en horizonte + 100,0 m. Estos trabajos de extracción llevaran la misma secuencia de los trimestres anteriores, con dirección de explotación Norte – Este Para este periodo se hace necesario un área de para 5 723,03 m<sup>2</sup> un volumen a extraer de 33889,9 m<sup>3</sup> de material útil y 12 399 m<sup>3</sup> destape con categoría medido + indicado. La distancia promedio de transportación a la planta se mantendrá.

Se continuará la extracción manteniendo la pendiente de 2 % en el piso del nivel

para garantizar el drenaje, aunque de ser necesario se construirá una pequeña zanja.

➤ Cuarto Trimestre

Se continuara el avance en el nivel anterior para una extracción de 34 064 m<sup>3</sup> de material útil, 4 097,288 m<sup>3</sup> destape con un área de 4 585 m<sup>2</sup> así garantizando el año de extracción. Se mantendrán las condiciones para el desagüe de la cantera. En este horizonte se construirá una berma de seguridad; la distancia promedio de transportación se mantendrá.

### **3.13 Condiciones para el cumplimiento del plan de extracción**

Para una realización exitosa de este plan se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Buena planificación de la extracción en la Cantera.
- Actualización topográfica del área de la Cantera.
- Garantizar el drenaje óptimo en los frentes de extracción.
- Secuencia óptima y lógica de extracción.
- Garantizar los límites inferiores de explotación.
- Garantizar la entrega de todo el material de préstamo por mes.
- Mantener una alta disponibilidad del equipamiento de arranque, carga y transporte.
- Garantizar la no interferencia entre los trabajos de extracción y el transporte del material.
- Mantener el flujo constante de material a la plataforma de descarga.

#### **3.13.1 Premisas necesarias para garantizar con éxito el cumplimiento del plan**

- Garantizar la adecuada contratación de las brigadas de construcción.
- Aseguramiento, por parte de los clientes que prestan el servicio, de la disponibilidad del equipamiento necesario para acometer las diferentes actividades.

- Seguir la estrategia y secuencia de explotación prevista en este proyecto.
- Cumplir con los parámetros técnicos de diseño y explotación de la Cantera.

### 3.14 Equipamiento minero

Para lograr poner el mineral en la planta de procesamiento con los requerimientos exigidos, se necesita asegurar un parque de equipos mineros y equipos auxiliares de aseguramiento de la producción en cantidad y estado técnico óptimos.

Se realiza el cálculo del equipamiento minero necesario y parque tomando en consideración los volúmenes de trabajo para cada actividad, distancia promedio de transportación, régimen de trabajo, disponibilidad mecánica y otros datos necesarios.

Metodología de cálculo:

#### Carga de las rocas (Cargador Volvo L- 180)

- Productividad horaria

$$Q = \frac{3600 * E * K_{II} * K_u}{T_c * K_e}, m^3/h$$

$$Q = \frac{3600 * 4.10 * 1.10 * 0.80}{51 * 1.5}$$

$$Q = \frac{12\ 988.8}{76.5}$$

$$Q = 169.7\ m^3/h$$

- Productividad por turno

$$Q_T = Q * T_t = 169.7 * 12 = 2036.4\ m^3/t$$

- Productividad anual

$$Q_a = Q_T * A = 2036.4 * 281 = 572\ 228.4\ m^3/años$$

Dónde

$E$  – Capacidad de la cuchará del cargador

$K_{ll}$  – Coeficiente de llenado del camión

$K_u$  – Coeficiente de utilización del turno

$T_c$  – Tiempo de ciclo de trabajo del cargador

$K_e$  – Coeficiente de esponjamiento

$A$  – Días de trabajo al año, 281 días

$T_t$  – Duración del turno, 12 h

- Cantidad de cargadores frontales necesario para asegurar la productividad anual de la cantera

$$C_c = \frac{K_{irr} * A_{mm}}{Q_t * N_d} = 0.10 \approx 1 \text{ cargador}$$

- Cantidad de cucharas o ciclo del cargador necesario para la carga de transporte

$$N = \frac{E_{cam} * K_e}{E_{car} * K_u * \gamma} = \frac{40 * 1.5}{4.10 * 1.10 * 2.70} = 4.5 \approx 5 \text{ cucharas}$$

- Numero de cargadores de reservas

$$N_r = C_c = 1 \text{ cargador}$$

- Numero de cargadores en inventarios

$$N_{inv} = C_c + N_r = 1 + 1 = 2 \text{ cargadores}$$

Donde

$K_{irr}$  – Coeficiente de irregularidad del trabajo, 0,30

$A_{mm}$  – Productividad anual de la cantera, 191 780,82 m<sup>3</sup> rajón

$E_{cam}$  – Capacidad de carga del camión, 40t

$E_{car}$  – Capacidad de carga del cargador, 4,10 m<sup>3</sup>

$\gamma$  – Masa volumétrica de la roca,  $2,70 \text{ g/cm}^3$

Para la carga del material utilizaremos un cargador y el otro de reserva pues se utilizara en caso de averías o en otras operaciones.

### Transporte de la Cantera (Camión Volvo A40D)

- Ancho del camino para el acceso del transporte

$$B_c = n * B_a + (n - 1) * m + 2 * b$$

$$B_c = 2 * 3.4 + (2 - 1) * 2 + 2 * 1$$

$$B_c = 10.8\text{m}$$

Donde

$n$  – Cantidad de vías en el camino, (2)

$B_a$  – Ancho del camión, 3,4 m

$m$  – Espacios entre camiones que van en diferentes sentidos, 2 m

$b$  – Distancia del camión hasta la cuneta, 1m

- Tiempo de ciclo del camión

$$T_{cc} = T_{rc} + T_{rv} + T_c + T_d + T_{mc} + T_{md} + T_{es}$$

Donde

$T_{rc}$  – Tiempo de recorrido cargado, min

$T_{rv}$  – Tiempo de recorrido vacio, min

$T_c$  – Tiempo de carga, min

$T_d$  – Tiempo de descarga, min

$T_{mc}$  – Tiempo de maniobra del camión para la carga, 3 min

$T_{md}$  – Tiempo de maniobra del camión para descargar, 2 min

$T_{e}$  – Tiempo de espera, 1min

- Tiempo de recorrido del camión cargado

$$T_{rc} = \frac{60 * L}{V_c} = \frac{60 * 1.2}{15} = 4.8\text{min}$$

- Tiempo de recorrido del camión vacío

$$T_{rv} = \frac{60 * L}{V_v} = \frac{60 * 1.2}{20} = 3.6 \text{min}$$

- Tiempo de carga de un camión

$$T_c = \frac{N_c}{N_{\text{ciclos}}} = \frac{5}{1.17} = 4.27 \text{min} \quad N_{\text{ciclos}} = \frac{60}{T_{\text{ccargador}}} = \frac{60}{51} = 1.17$$

$$T_{cc} = 4.8 + 3.6 + 4.27 + 1 + 3 + 2 + 1$$

$$T_{cc} = 19.67 \approx 20 \text{min}$$

- Cantidad de viajes de un camión en un turno

$$N_v = \frac{T_t - (T_{op} + T_{des})}{T_{cc}} = \frac{720 - (30 + 90)}{20} = 30 \text{viajes}$$

Donde

$T_{op}$ - Tiempo para realizar las operaciones preparatorias, 30 min

$T_{des}$ - Tiempo de descanso en un turno, 90 min

Volumen de rocas que cabe en un camión

$$V = E_{\text{ccargador}} * N_c = 4.10 * 5 = 20.5 \text{m}^3$$

- Productividad del camión por turno

$$Q_t = N_v * K_{ll} * V_c = 30 * 0.90 * 20.5 = 553.5 \text{m}^3/\text{turno}$$

- Cantidad de camiones trabajando en un turno

$$N_{\text{trab}} = \frac{P_{tc}}{Q_t * K_u} = \frac{532.7}{553.5 * 0.80} = 1.2 \text{camiones}$$

Considero que trabajen 2 camiones para una mayor productividad en tiempo de explotación

- Cantidad de camiones en inventarios

$K_{pt}$  – Coeficiente de preparacion tecnica del equipo, 0.80

### Productividad del Buldócer Shantui SD-23

$$Q = \frac{3600 * V * K_p}{T_c * K_e} = \frac{3600 * 4.75 * 0.84}{43.26 * 1.5} = 221.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Calculo del coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de material durante el traslado

$$K_p = 1 - (L_2 * \beta) = 1 - 0.16 = 0.84$$

- Tiempo de ciclo del buldócer

$$T_c = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_1 + L_2}{V_3} + T_c + T_E$$

Donde

$L_1$  – Distancia de corte, 7,50 m

$L_2$  – Distancia de transporte, 20 m

$V_1$  – Velocidad de corte, 1,8 s

$V_2$  – Velocidad de transporte, 3,11 s

$V_3$  – Velocidad de retroceso, 2,13 s

$T_c$  – Tiempo de cambio de velocidad, 4,8 s

$T_E$  – Tiempo de maniobra de la cuchilla, 15 s

$$T_c = 43.26 \text{ s}$$

- Volumen de rocas del prisma de arrastre

$$V = \frac{h_c * a_c}{2} * L = \frac{1.34 * 1.91}{2} * 3.80 = 4.75 \text{ m}^3$$

$$a_c = \frac{h_c}{\tan 35^\circ} = \frac{1.34}{0.70} = 1.91$$

- Productividad por turno

$$Q_t = Q * T_t = 221.3 * 12 = 2655,6 \text{ m}^3/\text{turno}$$

**Tabla 5.** Productividad de la cantera para un año de explotación

Plan de producción anual	m <sup>3</sup>	140 000
In-situ	m <sup>3</sup>	127 853,88
Rajón	m <sup>3</sup>	191 780,82
Mes	m <sup>3</sup>	15 981,6
Días	m <sup>3</sup>	532,7

**Tabla 6.** Productividad de la cantera por trimestre

Material		I trimestre	II trimestre	III trimestre	IV trimestre
Útil	m <sup>3</sup>	32 265,9	33 455,37	33 889,9	34 064
Deposito	m <sup>3</sup>	100 204,54	62 681,68	12 399	4 097,28
Capa vegetal	m <sup>3</sup>	12 948,94	6 458,3	-	-

**Tabla 7.** Total de volúmenes reales para el año de explotación realizado en Gemcom.

Volúmenes		
Desbroce	m <sup>3</sup>	19 407,24
Deposito	m <sup>3</sup>	179 382,5
Material útil	m <sup>3</sup>	133 673,37
Total	m <sup>3</sup>	313 055,87

### 3.15 Trabajos de perforación y voladura

Los trabajos de perforación y voladura comienzan partiendo de las propiedades físico-mecánicas de las rocas presentes en el yacimiento, las reservas o recursos

con que se cuentan y del equipamiento disponible para estos trabajos.

Las operaciones de perforación de las rocas y explosión de las sustancias explosivas serán ejecutadas por la empresa Explomat, la cual será la encargada de elaborar estos trabajos con su personal, equipos y recursos.

### **3.15.1 Trabajos de perforación y voladura para la realización del pasaporte**

El ciclo general para el trabajo de perforación voladura comprende las siguientes actividades:

- Replanteo para las perforaciones
- Perforación de los taladros
- Revisión de los taladros
- Carga y conexión de los taladros
- Revisión de la red para disparo
- Avisos reglamentarios
- Disparo
- Revisión del frente volado

La elección de las sustancias explosivas y los medios de explosión constituyen una parte importante dentro del diseño de la voladura y en los de los resultados a obtener. Para la selección se debe tener en cuenta el precio de los explosivos, diámetro de la carga, características de la roca, volumen de roca a volar, presencia de agua, el clima de la zona, etc.

### **3.15.2 Parámetros de la sustancia explosiva**

Debido a las características medio ambientales y propiedades de las rocas a extraer trabajaremos con los productos principales ofrecidos por la Unión Latinoamericana de Explosivos S. A (ULAEX SA), por lo que ejecutaremos mediante los meses de lluvia con las sustancias explosivas Senatel Magnafrac-Fortel y en tiempo de seca Senatel Magnafrac- Fortel o Amex usando como carga de fondo Senatel Magnafrag.

Senatel Magnafrac.

Es una mezcla encartuchada o explosivo robusto y sensible a un detonador, es de color blanco y de una consistencia robusta, similar a la masilla. Dadas las pruebas realizadas se puede aplicar en agua. Está diseñado para las 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 lo hace un cebador ideal para la iniciación de columnas de ANFO.

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

#### Beneficios claves

- Senatel TM Magnafrac TM reduce los gases post voladura y mejora el tiempo de retorno.
- Las especificaciones de estrecho diámetro y formulaciones con contenido de cera de Senatel TM Magnafrac TM maximizan el desempeño en el proceso de cargado del cartucho.
- Reduce potenciales explosiones de polvo sulfatados.
- Senatel TM Magnafrac TM es altamente resistente al agua, lo que minimiza el percolador y reduce el impacto medio ambiental.
- Se elimina la preocupación relacionada a la nitroglicerina y salud ocupacional por manipulación y almacenamiento.

#### Amex

Es una mezcla balanceada entre nitrato de amonio poroso y combustible diésel, coloreado en rojo. Puede ser cargado en barrenos horizontales e inclinados y es suministrado en sacos de 25 kg. Es adecuado para ser usado en barrenos secos y que permanecerán secos hasta la detonación. 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.

Amex puede ser usado en barrenos de cualquier profundidad práctica.

### Beneficios claves

- Fácil de cargar y productividad mejorada.
- Amex permite cargas totalmente acopladas para maximizar los resultados de las voladuras.
- Ofrece una reducida generación de humos post voladura lo que mejora el tiempo de retorno.
- Su coloración roja facilita su identificación.

### **3.15.3 Datos técnicos del detonador**

El detonador Handidet 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. Se utilizarán los detonadores de 25 ms de retardo en voladuras a cielo abierto. Este producto está diseñado para ser utilizado en conjunto con Exel Conectadet.

### Beneficios claves

- 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.
- 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.

**Beneficios claves**

- 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.

**Tabla 8. Combinaciones de retardos disponibles de los conectores**

Colores Disponibles	Exel Handidet	Exel Conectadet
	Si el tiempo en superficie es (ms)	
Rosado	0	0
Verde	9	9
Amarillo	17	17
Rojo	25	25
Negro	35	35
Blanco	42	42
Naranja	50	50
Violeta	65	65
Negro	100	100
Azul	130	130
Azul	150	150

Azul	200	200
------	-----	-----

**Tabla 9. Características técnicas del equipamiento**

Equipo de perforación: Rock 460 PC		Compresor: XAHS - 416	
Diámetro de perforación:	115 mm		
Diámetro de perforación:	85 mm		
Firma Atlas Copco			
Productividad:	14,5 m / h	Capacidad:	16 m <sup>3</sup> /h
Longitud del Martillo:	1 m	Año:	2005
Longitud de las barrenas:	3 m	Estado técnico:	Bueno
Año:	2005	Consumo Diésel:	30 – 35 lts/h
Estado técnico:	Bueno		

### 3.15.4 Cálculo del pasaporte de perforación y voladura para un bloque de 12x48

Metodología de cálculo:

- Dimensión máxima de los pedazos de roca fragmentada.
  - ❖ Dada la menor dimensión de la abertura del molino primario (D, mm)

$$L_{m\acute{a}x} = (0,8 - 0,85) D \text{ mm}$$

$$L_{m\acute{a}x} = 0,85 * 600$$

$$L_{max} = 510 \text{ mm}$$

$$D = 600 \text{ mm.}$$

Se toma el valor mínimo igual a 510 mm de tamaño máximo de la piedra sobre medida.

**Tabla 10. Características de los explosivos**

CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS EXPLOSIVAS	SENATEL MAGNAFRAC	FORTEL TEMPUS	AMEX
Densidad de carga (g/cm <sup>3</sup> )	1,10–1,20	1,20–1,30	0,80
Velocidad de detonación (Km/s)	2,7– 6,1	2,7– 6,1	2,5 – 4,8

Potencia relativa en peso %	107	–	–
Potencia relativa en volumen %	158	–	–
Calor del explosivo	–	-	–
Resistencia al agua	Excelente	Excelente	Pobre
CO2 kg / t	161	133	182
Coefficiente de conversión	–	–	–
Diámetro del cartucho (mm)	110	suelta	suelta
Gasto específico Kg/m <sup>3</sup>	0,60 – 0,85	–	–

- Determinación de la línea de menor resistencia por el piso

La línea de menor resistencia por el piso (LMRPP) se recomienda determinar por las siguientes fórmulas,

$$W_p = 53 * K_t * d * \sqrt{\frac{\Delta}{\gamma}}$$

$$W_p = 53 * 0.9 * 0.115 * 0.66$$

$$W_p = 3.6m$$

Dónde:

d- Diámetro de los taladros 0,115 m

Δ-densidad de carga de la S. E1,20 g/cm<sup>3</sup>

γ-masa volumétrica.2,70 g/cm<sup>3</sup>

K<sub>t</sub>-Coeficiente que tiene en cuenta el agrietamiento del macizo(0,9 - 1,1)

- Distancia entre filas y entre taladros en una fila,

$$a = b = m * W_p$$

$$a = b = 0.9 * 3.6 = 3.24m$$

Dónde:

a-Distancia entre taladros en una fila, m

b-Distancia entre filas, m

m-Coeficiente de aproximación de las cargas,(0,9 - 1,3)

- Número de filas,

$$N_f = \frac{B}{b} + 1 = \frac{12}{3,24} + 1 = 4,7 \approx 4m$$

- Reajuste de la distancia entre filas,

$$b = \frac{B}{N_f - 1} = \frac{12}{4 - 1} = 4 m$$

- Número de taladro en una fila,

$$N_t = \frac{C_a}{a} + 1 = \frac{48}{3,24} + 1 = 15,8 \approx 15 m$$

- Reajuste de la distancia entre taladros en una fila,

$$a = \frac{C_a}{N_t - 1} = \frac{48}{15 - 1} = 3,4 m$$

Dónde:

B-Ancho de la trinchera de apertura por el fondo

C<sub>a</sub>-Cantidad de metros de avance por cada explosión

- Longitud de sobre perforación,

$$L_s = (0,1 - 0,2) * W_p$$

$$L_s = 0,36 m$$

Dónde:

W<sub>p</sub> – Línea de menor resistencia

Longitud mínima de relleno,

La longitud del relleno se recomienda calcular de la siguiente forma:

$$L_r = 0,75 * W_p = 2,7 m.$$

- Magnitud de la carga del explosivo en el taladro,

$$Q = q * a * b * H$$

$$Q = 0,70 * 3,4 * 3,6 * 10 = 85,68 Kg/m^3$$

- Longitud de los taladros,

La longitud de la carga en el barreno se determina por la fórmula

$$L_c = \frac{H + L_s}{\text{sen}\alpha} = 10.4 \text{ m}$$

- Gasto total de explosivo en un bloque,

$$Q_b = N * Q = 60 * 85.68 = 5\ 140.8 \text{ Kg}$$

- Volumen de roca en un bloque,

$$V_B = A * B * H = 12 * 48 * 10 = 5760 \text{ m}^3$$

Dónde:

q-Gasto específico de la sustancia explosiva

A-Ancho del bloque

B-Largo del bloque

$\alpha$ -Angulo de inclinación de los taladros con respecto al plano horizontal

- Número de bloques necesarios para alcanzar la productividad trimestral de la cantera,

$$N_{B_1} = \frac{P_c}{V} = \frac{132470.44}{5760} = 23 \text{ bloques}$$

$$N_{B_2} = \frac{96137.05}{5760} = 17 \text{ bloques}$$

$$N_{B_3} = \frac{46288.9}{5760} = 8 \text{ bloques}$$

$$N_{B_4} = \frac{38161.28}{5760} = 7 \text{ bloques}$$

Dónde:

$P_c$ -Productividad de la cantera por trimestre

- Número total de taladros por trimestre,

$$N_T = N_B * N$$

$$N_{B_1} = 23 * 60 = 1380 \text{ taladros}$$

$$N_{B_2} = 17 * 60 = 1020 \text{ taladros}$$

$$N_{B_3} = 8 * 60 = 480 \text{ taladros}$$

$$N_{B_4} = 7 * 60 = 420 \text{ taladros}$$

- Consumo de cordón detonante por bloques y trimestres,

$$60 * 10 + 60 = 660 \text{ m por bloque}$$

$$\text{Trimestre I} = 660 * 23 = 15180 \text{ m}$$

$$\text{Trimestre II} = 660 * 17 = 11220 \text{ m}$$

$$\text{Trimestre III} = 660 * 8 = 5280 \text{ m}$$

$$\text{Trimestre IV} = 660 * 7 = 4620 \text{ m}$$

Según los resultados obtenidos mediante la metodología de cálculo tendremos 55 voladuras al año, en bloques de 12 x 48 y 60 taladros por cada bloque. Establecemos en la tabla N<sup>o</sup> 11 parámetros para el diseño y esquema de carga y esquemas de salida. (Ver anexo N<sup>o</sup> 2 y 3).

**Tabla 11. Resumen de los resultados obtenidos**

No.	Índices	U/M	Cantidad
1	Tipo de Rocas	-	Gabro
2	Fortaleza de las rocas según Protodiakonov	u	8
3	Máquina de perforación	-	Rock 460 PC Ø 115 mm
4	Sustancia explosiva como carga de columna	-	Fortel y Amex
5	Sustancia explosiva como carga de fondo	-	Senatel
6	Altura del Banco, (H)	m	10
7	Longitud de sobre perforación	m	0,36
8	Longitud de los taladros	m	10,4
9	Carga para cada taladro	Kg/m <sup>3</sup>	85,68
10	Distancia entre taladros, (a)	m	3,4
11	Distancia entre filas, (b)	m	4
12	Línea de menor resistencia, (W)	m	3,6
13	Número de máquinas de perforación necesarias	u	4
14	Gasto específico de la sustancia explosiva	g/cm <sup>3</sup>	0,70

Cálculo de los parámetros de la carretilla barrenadora:

Para la perforación de las rocas se utilizara la máquina de perforación ya mencionada con sus características ver tabla No.10.

- Productividad de las carretillas barrenadoras,

$$Q_{\text{carretilla}} = V_p * N_{td} * N_t * N_{\text{días}} = 14 * 1 * 12 * 281 = 47208 \text{ m/año}$$

Dónde:

$V_p$ -Velocidad de perforación, 14 m<sup>3</sup>/h

$N_{td}$ -Número de turnos de trabajos al día, 1

$N_t$ -Tiempo de duración de un turno de trabajo, 8h

$N_{\text{días}}$ -Cantidad de días laborables de la cantera al año. 281 días

- Cantidad de carretillas perforadoras,

$$C = \frac{P}{Q_{\text{carretilla}}} = \frac{191\,780.82}{47108} = 4 \text{ carretilla}$$

Dónde:

P-Productividad de la cantera, m<sup>3</sup>

A esta cantidad de carretillas barrenadoras en producción, la afectamos por el Coeficiente de reserva (0.3) y obtenemos el total de carretillas barrenadoras en inventario.

$$C_{\text{inv}} = C * 0.30 = 4 * 0.3 = 1.2 \approx 1 \text{ carretilla}$$

Cantidad de taladros para el cual se culmina la productividad diaria de la carretilla perforadora,

$$N_t = \frac{Q_c}{L} = \frac{80}{10} = 8 \text{ taladros}$$

Suministro de aire comprimido para los equipos de perforación,

Para garantizar la energía neumática que se consume en la unidad se usarán compresores Atlas Copco XAHS - 416, existiendo en la unidad 1, el cual garantiza una productividad de 16 m<sup>3</sup>/min.

- Aire comprimido la calculamos por la siguiente fórmula:

$$Q_a = \alpha * K * m * q = 1.2 * 1.2 * 2 * 2.8 = 8 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Dónde:

$\alpha$ - Coeficiente que considera las pérdidas por escape (1,2)

K- Coeficiente que considera el desgaste de los equipos (1,2)

m- Número de carretillas barrenadoras 2

q- Consumo de aire comprimido de la carretilla barrenadora 2,8 m<sup>3</sup>/min

➤ Numero de compresores,

$$N = \frac{Q}{Q_c} = \frac{8}{16} = 0.5 \approx 1 \text{ compresor}$$

Dónde:

Q-Necesidad de aire comprimido.

Q<sub>c</sub>-Productividad del compresor

Por norma se recomienda que debe tenerse como reserva el 20 % del parque total de equipo, o sea:

$$N_r = 0.20 * 4 = 0.8$$

Con un compresor se garantiza el abastecimiento a las carretillas perforadoras, pero se contará con uno de reserva para caso de averías o desperfectos técnicos del compresor en explotación.

### 3.16 Drenaje

En el área se encuentra presencia de agua, uno de ellos relacionado con zonas explotadas ya abandonadas, sobre la cual se ha ido acumulado en el tiempo volúmenes insignificantes de agua y es apreciable una depresión inundada de agua en la zanja de desagüe al Sureste del área de la cantera, cuyas fuentes pueden ser las precipitaciones atmosféricas y la posible comunicación con alguna falla que mantiene comunicación con los acuíferos presentes

La topografía del área y la tecnología de extracción a desarrollar, propician condiciones favorables para hacer el drenaje de la cantera por gravedad. El desagüe natural de la zona es hacia el norte, por lo que se deberá mantener en general este sentido para el drenaje durante la explotación.

#### 3.16.1 Propuesta de drenaje

En el extremo sureste se encuentra ubicada una zanja de desagüe que se extiende a todo lo largo del yacimiento en dirección sureste hasta la alcantarilla

que alcanza la cota +76,0m. Las obras de laboreo (Trincheras, Rampas, Diseño final) se conectan a esta zanja, por lo que se el piso de la cantera tendrá una pequeña inclinación de 2% con dirección sureste de tal manera que garantice la evacuación de las aguas a la zanja de desagüe existente.

### **3.17 Desarrollo Minero**

En la actividad de Desarrollo Minero se propone tres etapas para el yacimiento Cecilia:

- Reparación del terraplén principal existente. Este tiene una longitud de 2,6 Km y formará parte del proceso inversionista; el volumen de material a mover es de 10 500 m<sup>3</sup>.
- Ejecución de un nuevo vial de acceso en el yacimiento (Camino minero). Este tiene planificado una longitud de 850 m y su función será la de permitir el traslado del mineral desde el frente de extracción en el yacimiento hasta la futura planta de procesamiento.
- Tala y Desbroce. Esta actividad se ejecutará en toda la zona que abarca el Bloque 1B que representa un área de 38 813,61 m<sup>2</sup> lo que alcanzará volúmenes de destape de 19 407,24 m<sup>3</sup>.

Estas actividades deben de tener 3 meses de antelación a la extracción minera.

### **3.18 Construcción de caminos**

Al yacimiento se accede por la carretera que une el poblado de Campo Florido con el caserío de Tumba Cuatro desviándose al sur aproximadamente a un 1 Km, y 2,5 Km existen carreteras secundarias o caminos que llegan al límite norte del yacimiento; también a todo lo largo de él por su lado Este, está la carretera que une los poblados de San Miguel y Castilla, donde desviándose a la izquierda aproximadamente a 1,5 Km existe un camino de acceso o terraplén principal al área. Ver Foto N° 1.

## **Criterios de mantenimiento del terraplén principal**

En la construcción de un camino de transporte, la superficie está sometida a deformaciones por el constante paso de los vehículos de acarreo. Aunque el deterioro puede ser controlado en gran medida por el tipo de material empleado en la superficie, se deberá considerar un programa de mantenimiento de camino según la necesidad de seguridad y factores económicos. Las canaletas laterales y desagües deberán ser inspeccionados en forma periódica y limpiados para asegurar la ausencia de obstrucciones.

Si no se limpian, las instalaciones de drenaje podrán rebalsarse en las épocas húmedas y causar erosión de la superficie de rodado o saturar los materiales de la sub-base.

La brigada de mantenimiento equipadas con maquinarias livianas tales como motoniveladoras, palas y retroexcavadoras o bulldózer, deberán preocuparse en períodos predeterminados de inspeccionar que todas las líneas de drenaje estén libres de obstáculos.

Si los vehículos pesados usan en forma continua el mismo paso en sus respectivas vías de acarreo, la concentración de carga creará eventualmente zanjas o trochas. Para prevenir ésta condición, se deberá inculcar a los conductores el uso de áreas diferentes de la vía.

El derrame de material de vehículos sobrecargados es un problema significativo, si no se previene esta situación o si se permite la permanencia en la ruta de este material, existirá un traqueteo o saltos innecesarios. Por consiguiente, debe existir un consenso en el carguío para prevenir que el equipo sea colmado más allá del límite permisible.

La adhesión a las medidas preventivas discutidas, puede significar reducir significativamente los problemas de mantenimiento de caminos. Sin embargo, éstas no son una solución total. Las condiciones anormales de la superficie ocurrirán en forma periódica requiriendo procedimientos adicionales.

En superficies más permanentes las depresiones podrán corregirse con parches

de asfalto, ya sea compactado en forma manual o con rodillo. Cuando ocurren depresiones severas en superficies de gravilla bien compactada, el área circundante podrá revolverse, rellenarse y recompactarse hasta una consistencia pareja.

### **Camino minero**

Los caminos mineros, tanto principales como secundarios, garantizan el acceso tanto a yacimientos, instalaciones de la mina, depósitos, etc., fluyendo todo el proceso productivo de manera óptima. Estos se pueden construir con medios propios o rentados. Como equipamiento se usan cargadores, buldóceres, camiones, entre otros.

## CAPÍTULO IV: VALORACIÓN ECONÓMICA Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

El parámetro fundamental que indica la efectividad de cualquier operación o empresa que se haga es el costo de producción de una tonelada de material extraído. Para el cálculo del costo de producción, con la tecnología propuesta se tuvo en cuenta los elementos de gastos (salarios, amortización de equipos, gastos por concepto de combustible, mantenimiento y reparaciones) de los equipos mineros.

### 4.1 Gastos por concepto de las operaciones del yacimiento

**Tabla 12. Gasto por concepto de salario de la mano de obra**

	Cantidad	Salario (\$/mes)	Año
Operador de Bulldózer	1	540,00	6 480
Operador de Cargador	1	503,00	6 036
Chofer de camiones de Volteo	2	525,00	12 600
<b>Total</b>	<b>4</b>		<b>25 116</b>

**Tabla 13. Gastos por concepto de combustible**

Extracción y transporte Material a Planta	
Equipos	Año
Camión Volvo A40D y Belaz 7540	52 805,52
Cargador Volvo L180 (4.1 m3)	64 540
Bulldózer	73 341
Subtotal	190 686,52
DESBROCE	
Equipos	
Camión Volvo A40D	33 825,6
Cargador Volvo L180 (4.1 m3)	41 342,4
Bulldózer	46 980

subtotal	<b>122 147</b>
<b>Total</b>	<b>312 833,52</b>

**Tabla 14. Gasto por concepto de lubricante**

<b>EXTRACCIÓN Y TRANSPORTE MATERIAL A PLANTA</b>	
Equipos	Año
Camión Volvo A40D y Belaz 7540	8 430
Cargador Volvo L180 (4,1 m3)	8 430
Bulldózer	8 430
Subtotal	<b>25 290</b>
<b>DESBROCE</b>	
Equipos	
Camión Volvo A40D y Belaz 7540	5 400
Cargador Volvo L180 (4,1 m3)	5 400
Bulldózer	5 400
Subtotal	<b>16 200</b>
<b>Total</b>	<b>41 490</b>

**Tabla 15. Gasto por concepto de neumático**

<b>EXTRACCIÓN Y TRANSPORTE MATERIAL A PLANTA</b>	
Equipos	Año
Camión Volvo A40D y Belaz 7540	19 254
Cargador Volvo L180 (4,1 m3)	10 790
Bulldózer	-
Subtotal	<b>30 044</b>
<b>DESBROCE</b>	
Equipos	
Camión Volvo A40D y Belaz 7540	12 333,6
Cargador Volvo L180 (4,1 m3)	6 912
Bulldózer	-

Subtotal	19 245,6
<b>Total</b>	<b>49 289,6</b>

**Tabla 16. Gastos por concepto de mantenimiento**

<b>EXTRACCIÓN Y TRANSPORTE MATERIAL A PLANTA</b>	
Equipos	Año
Camión Volvo A40D y Belaz 7540	35 642,04
Cargador Volvo L180 (4.1 m3)	35 810,64
Bulldózer	32 539,8
Subtotal	<b>103 992,48</b>
<b>DESBROCE</b>	
Equipos	Año
Camión Volvo A40D y Belaz 7540	22 939,2
Cargador Volvo L180 (4.1 m3)	20 844
Bulldózer	666 144
Subtotal	770 136,48
<b>Total</b>	<b>35 642,04</b>

**Tabla 17. Gastos totales de las operaciones**

Indicador	UM	Año
Salario y Seguridad Social	\$	25 116
Combustible	\$	312 833,52
Lubricantes	\$	41 490
Neumáticos	\$	49 289,6
Mantenimiento de equipos	\$	770 136,48
Perforación y voladuras	\$	92 988,8
<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>1 291 854,4</b>

Gastos totales en el proceso de explotación del Yacimiento

Costo de un metro cúbico de mineral extraído

$$C_m = \frac{G_t}{C_a}$$

$$G_t = \frac{1291854,4}{313055}$$

$$G_t = 4,12 \$$$

Dónde:

Gt: Gasto total

Ca: Capacidad anual de las plantas

## 4.2 Protección del medio y medidas de seguridad

Medidas de seguridad en la Cantera:

- Se prohíbe la circulación de personal ajeno a la actividad sin un acompañante instruido.
- Se prohíbe la circulación de personal en la actividad bajo los efectos del alcohol, alucinógenos o sedantes.
- Se prohíbe la circulación de personal sin los medios de protección adecuados.
- Se prohíbe subir o acercarse a cualquier equipo en funcionamiento, sin que el operador lo haya percibido.
- Se prohíbe permanecer en el exterior de cualquier equipo minero en funcionamiento.
- Se prohíbe operar equipos a personas que no tengan la calificación y los permisos requeridos.
- Se prohíbe operar equipos con defectos técnicos y con la ausencia de algunas de sus partes.
- Todos los equipos deben de poseer sus correspondientes medidas de extinción de incendio.
  
- En época de seca hay que regar convenientemente con agua los caminos para evitar el polvo.

Medidas de seguridad con los buldóceres:

- Se prohíbe operar los equipos con fallas en los sistemas de seguridad de los mismos.
- Se prohíbe operar los equipos en el radio de trabajo de las excavadoras y cargadores en operación.
- Se prohíbe pasar a una distancia menor de 10,0 m, por detrás de los equipos trabajando.
- Se prohíbe sujetar el cable o estar a una distancia menor que la longitud del cable, cuando se esté remolcando.
- Se prohíbe subir a los equipos sin avisar al operador, si el motor está trabajando.
- Se prohíbe trabajar en los bordes de los taludes que sean inestables o con altura mayor de 10,0 m.
- No transportar personas en la cabina ni en las parrillas laterales.
- Al detener el equipo colocar los implementos en el suelo.
- Asegurarse firmemente al subir y bajar del equipo, así como cuando camine por la estructura.
- Al dar marcha atrás asegurarse que no existan personas ni equipos en el área.
- Siempre chequear la existencia de líneas eléctricas y tuberías soterradas.

Medidas de seguridad en los camiones:

Aparte de las medidas de seguridad reguladas en el código de tránsito, los chóferes observarán las siguientes:

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

- No se permite llevar personas fuera de la cabina.

Obras de protección y medidas para evitar que los camiones se salgan de la vía:

- En todos los trayectos rectos de la vía a media ladera, la inclinación para el drenaje lateral será hacia adentro, con una pendiente entre 1,6 y 2%.
- En todos los bordes exteriores de los tramos de camino a media ladera, se hará una berma de no menos de 2,0 m de ancho y 1,5 m de altura adecuadamente conformada.
- En todos los bordes exteriores de los tramos de camino, con cuestas a ambos laterales, se harán sendas cunetas entre las bermas y la vía.
- En todos los bordes exteriores de los tramos de camino, con cuestas a ambos laterales, se harán sendas berma de no menos de 2,0 m de ancho y 1,5 m de altura adecuadamente conformadas.

Medidas de seguridad para el trabajo con cargadores:

- No se permiten personas ni equipos, en el área de trabajo de los cargadores en operación, con excepción de los camiones que se estén cargando.
- Los cargadores deben de trabajar sobre plataformas aplanadas y compactadas.
- No se trabajará en taludes mayores de 10,0 m cuando existan grietas o zonas inestables.
- No se trabajará con cables defectuosos o de menor resistencia.
- En tiempo de tormentas eléctricas o vientos fuertes se tomarán medidas de protección.
- El traslado de los cargadores solo puede realizarse bajo la supervisión de jefe de turno u otra persona calificada.
- Durante el movimiento debe garantizarse el contacto visual o por radio, entre el operador y el que dirige el movimiento.

Los cargadores deben de estar provistos de señalización sonora para indicar el inicio y fin de cada operación a realizar.

#### Medidas de seguridad con la carretilla de perforación:

- Mantenerse a una distancia adecuada cuando se realice el traslado de la carretilla y el compresor.
- Efectuar el accionamiento de los mandos desde posiciones correctas.
- Tomar precauciones al tocar el varillaje y la broca, inmediatamente después de su utilización, ya que se corre el riesgo de quemaduras.
- Utilización, por parte del personal, de cascos anti-ruídos, protecciones para los ojos y máscaras anti-polvo.
- Colocar las mangueras de alimentación en lugares donde los movimientos de la perforadora no pueda dañarlos.
- Utilizar los captadores para eliminar el polvo producido en la perforación.
- Utilizar luces de advertencia en los vehículos para aviso de sus movimientos en la cantera.
- El cambio de piezas y de varillas se realizará con la carretilla estacionada. Estas operaciones pueden ser peligrosas y únicamente las realizará el personal calificado.

#### Medidas de seguridad para el trabajo con explosivos:

- El transporte de explosivos se realizará por una persona autorizada en vehículos especialmente diseñados para este propósito. Estos medios de transporte llevarán señales especiales para distinguirlos de otros vehículos.
- La cantidad de explosivo transportada será la precisa para su uso inmediato. Separar perfectamente las fases de perforación de las rocas y de carga de las sustancias explosivas. La carga no debe comenzar hasta que toda la perforación haya terminado y los equipos se hayan retirado del frente.
- La carga de las sustancias explosivas debe realizarse bajo la supervisión de una persona calificada (Artillero).
- Debe existir un mecanismo de alarma para evacuar al personal del frente en caso de accidente durante el proceso de carga.
- Evacuar a todos los trabajadores y equipos antes de realizar el disparo de

las sustancias explosivas.

- Alertar a todo el personal de la iniciación de la voladura, para esto se usarán señales de alertas ya convenidas.
- Destruir durante el disparo las sustancias explosivas y los medios que pudieran quedar sobrantes durante la carga en los taladros.
- Abandonar los frentes y mantenerse fuera del área de seguridad. Los últimos en abandonar los frentes serán los artilleros.
- Ejecutar los disparos en horas ya determinadas, como por ejemplo en fin de la jornada laboral o cambio de turno.
- El artillero debe ser el primero en entrar a la zona después del disparo, comprobando que el explosivo se ha consumido y han detonado todos los barrenos.
- En caso de fallar algún taladro, se perforará un taladro paralelo y a una distancia de 20 cm, una vez cargado se disparará para detonarlo por simpatía.

Otras medidas de seguridad están vigentes, se exigen por el departamento de seguridad industrial de la Empresa. En la tabla a continuación se muestran los medios fundamentales de protección del trabajador.

### **Medidas de seguridad y protección del personal de la cantera en lo que respecta al medio ambiente:**

La política en materia de prevención tendrá por objeto la promoción de la mejora de las condiciones de trabajo dirigida a elevar el nivel de protección de la seguridad, la salud de los trabajadores y el medio ambiente en el trabajo.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo. En cumplimiento del deber de protección, el inversionista deberá garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo.

A estos efectos, en el marco de sus responsabilidades, el inversionista realizará la prevención de los riesgos laborales y medio ambientales mediante la adopción de

cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad, la salud de los trabajadores y el medio ambiente.

Con las especialidades que se recogen en la legislación en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente, vigilancia de la salud y el medio ambiente, y mediante la constitución de una organización y de los medios necesarios en los términos establecidos por la legislación.

El inversionista debe adoptar y poner en práctica medidas de prevención y control para la protección del medio ambiente, salvaguardar la salud de los trabajadores y la población circundante, relativa:

- La construcción, adaptación, y equipamiento de los locales en las áreas de trabajo.
- El buen estado de conservación, uso y funcionamiento de todas las instalaciones destinadas a prevenir y corregir los riesgos del ambiente laboral.
- Evitar la acumulación de desechos o residuos que constituyan un riesgo para la salud, efectuando la limpieza y desinfección periódica pertinentes.
- Instruir a los trabajadores y mantener en lugares visibles, avisos que indiquen las medidas de prevención que deben adoptarse respecto a los riesgos ambientales del establecimiento.

La Entidad revisará y corregirá cuando sea necesario, sus planes de emergencia y procedimientos de respuesta, en particular después de que ocurran averías o situaciones de emergencia, así como comprobará periódicamente tales procedimientos y efectuará ejercicios prácticos mediante simulacros.

La acción preventiva en la instalación se planificará por el inversionista a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores (HAZOP), que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con la elección de los

equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

La evaluación inicial tendrá en cuenta aquellas otras actuaciones que deban desarrollarse de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad.

**Tabla 18. Relación entre el trabajador y los medios que debe usar para su protección.**

Lugar del cuerpo	Medios de protección	Requisitos que deben cumplir los medios de protección
Cabeza	Cascos protectores para reducir el impacto de los objetos que caigan de alturas más o menos elevados.	Resistentes a impactos, al fuego, a la humedad, peso ligero, aislamiento de la electricidad.
Oídos	Tapones de oídos, orejeras o cascos protectores contra ruidos.	Que atenúen el sonido, que tengan confort y durabilidad, que no tengan impactos nocivos sobre la piel, que conserven la palabra clara y que sean de fácil manejo.
Ojos y cara	Gafas protectoras, pantallas, viseras, caretas protectoras y espejuelos.	Protección adecuada para el riesgo específico que fue diseñado, comodidad en el uso, ajuste perfecto y sin interferencia en los movimientos, durabilidad y facilidad de higienización.
Manos y brazos	Guantes, almohadillas, protectores de brazos, mangas y protectores de dedos.	Que estén reforzados para proteger al trabajador contra las llamas, calor y cortaduras. En caso de existir, de ácidos, grasas y gasolina.

Tórax	Delantales de piel, de goma sintética y para ácidos.	Deben de proteger contra chispas, cortaduras pequeñas y protección contra agua y tierra.
Pies y piernas	Botas de corte alto, tobilleras, polainas, almohadillas.	Casquillos de acero para los pies, anticonductivos, antichispas y deben resistir las descargas eléctricas.
Vías respiratorias	Respiradores con filtro para polvo, mascara con filtro para gases.	Deben de estar acordes con el elemento contaminante y el puesto de trabajo. No deben ser objetos que impidan que el trabajador realice sus actividades.

---

## CONCLUSIONES

Atendiendo a lo expresado en esta investigación se arriba a las siguientes conclusiones:

- El Sistema de Explotación propuesto permitirá extraer de forma racional las reservas previstas para un año de explotación considerando las características del equipamiento disponible y las condiciones naturales del yacimiento.
- Se hizo uso del software GENCOM y el AUTOCAD para el diseño y planificación del sistema de explotación de la cantera.
- El costo de producción es de 4,12 \$/m<sup>3</sup>.

## RECOMENDACIONES

Para lograr una mejoría durante la explotación y futura vida de servicio de la mina, se recomienda:

- Realizar la minería siguiendo la estrategia y planificación establecida en este proyecto
- Que la extracción comience en los primeros días de enero del mes del año 2016 para que se cumpla lo proyectado en el trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Álvaro C.A. (2000). Situación actual de la explotación de canteras en el distrito Capital.
2. BORISOV, S.KLOKOV, M. GORNOVOI, B. Labores mineras: La Habana: Editorial Pueblo y educación, 1986. 480 p.
3. BUSTILLO REVUELTA, M. Y LÓPEZ JIMENO, C. Recursos minerales (Tipología, Prospección, Evaluación, Explotación, Mineralogía e Impacto Ambiental). Madrid 1996.
4. Ceproníquel (2014). Proyecto de actualización del yacimiento no metálico Victoria II.
5. Cesar A.P Diseño de voladura a cielo abierto. Manual.
6. Catálogos de equipamientos Mineros.
7. Díaz Á. J et al. (2006) Curso de Minería a Cielo Abierto Planificación, Operación y Geomecánica Aplicada Universidad de Santiago de Chile - Departamento de Ingeniería en Minas.
8. Estudios mineros del Perú S.A.C, Manual de Minería, Lima – Perú
9. ESTRADA FINES, L. Proyecto explotación La Victoria I; Camagüey: Geominera Camagüey.
10. GRISOOK, B. y OCHOA, L O. Proyecto de explotación de 1991. EGM
11. Guía de Respuesta a emergencia 2000 (GR 200). [en línea]. [Consultado: 20150304]. Disponible en: [http://hazmat.dot.gov/erg2000/sp\\_erg2000/](http://hazmat.dot.gov/erg2000/sp_erg2000/).
12. HERNÁNDEZ VIDAL, E. Proyecto de Minería 2004 – 2008. Moa: Mina PSA, Dic. 2005
13. Hernández A (2012). Propuesta del incremento de los recursos en el yacimiento Nieve morejón.
14. Herrera H.J (2007). Diseño de explotaciones de canteras.
15. Jatib, N. H. (2014). Procedimiento para la elección del método de arranque de las rocas en canteras para áridos. minería. Moa, ISMM.

16. Jimeno, C. L. (2006). Los áridos el recorrido de minerales, Domènech e-learning multimedia, S.A.
17. Ley 76 de Minas. 1997
18. Ley 13 de Protección e Higiene del trabajo (vigente desde el 28 de diciembre de 1977) y su Reglamento general contenido en el DECRETO 101 del 3 de marzo de 1982.
19. LOPEZ JIMENO, C. Manual de Perforación y Voladuras de Rocas. Madrid: Instituto Tecnológico Minero de España, 198
20. Manual de restauración del terreno y evaluación de impactos ambientales en minería. España: Instituto Tecnológico de Geominera, 1989.
21. Manual de bolsillo "Explosivos". ULAEX.
22. Manual práctico de voladura. EXSA, 4ta Edición.
23. Manual de procedimientos Mineros. La Habana: Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM).
24. Manual del Sistema no Eléctrico de Explosión de las Sustancias Explosivas. ULAEX.
25. Manual del Trabajo con Explosivos. La Habana: MININT.
26. Metodologías para el Diseño de Minas.
27. Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Mediano Plazo en la Cantera Pífo
28. NC 02-03-04 del 1978. Sistema Único de Documentación de Proyecto. Letras, números y signos. En: OTAÑO NOGUEL, J. Nociones de Minería. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1987.
29. OTAÑO NOGUEL, J. Fragmentación de rocas con explosivos. La Habana: Editorial Pueblo y educación, 1980.
30. OTAÑO NOGUEL, J. Perforación de Rocas con Explosivos. La Habana: Editorial Félix Varela, 1998.
31. TORRENS BLANCO, R. Nociones de minería. La Habana: Ministerio de educación superior, 1988.
32. PEREDA HERNÁNDEZ, S. Y POLANCO ALMANZA, R. Transporte minero. La

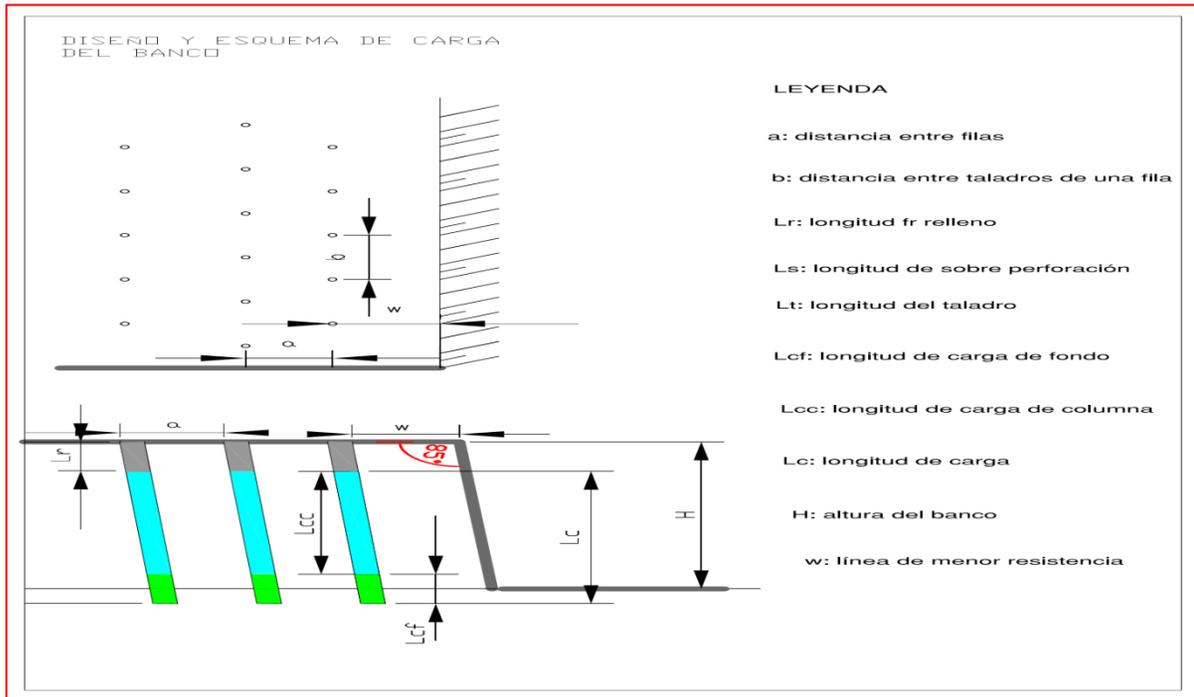
- Habana: Editorial Félix Varela, 1999.
33. Proyecto de Explotación del Yacimiento “Quiñónez” de la Empresa de Materiales de Construcción Pinar del Río. Trabajo de Diploma. ISMM. Moa, Facultad de Geología Minería, 2004.
  34. Polanco Ramón Almanza Conferencia de Métodos de apertura.
  35. Prasad D.L.R Open pit design and scheduling-IT solution for long term planning.
  36. Reglamento sobre la Seguridad Uso y Protección de Sustancias Peligrosas.
  37. Resolución N° 385 del 2009. Clasificación de los Recursos y Reservas y el Banco Nacional de Recursos y Reservas (BNRR). ONRM.
  38. Rathi P.D (2010) Open cast mine planning.
  39. Software de Minería Gemcom y sus Manuales de Operación. Moa Ceproníquel; Mayo, 2015.
  40. Urbina, F. P. O. (2003). Diseño de explotaciones mineras.
  41. Urbina, F. P. O. (1994), Fundamentos de Laboreo de Minas, España.

## ANEXOS

Anexo N° 1.



Anexo N° 2



Anexo N° 3

