

# *Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Minas*

**Tema: Actualización del proyecto de explotación del  
yacimiento Beluca**

**Autor: Yasiel Fleites Méndez**

**Tutores: Dr. C. Diosdanis Guerrero Almeida**

**Curso: 2017-2018**

**“Año 60 de la Revolución”**

# *Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Minas*

**Tema: Actualización del proyecto de explotación del  
yacimiento Beluca**

**Autor: Yasiel Fleites Méndez**

**Tutores: Dr. C. Diosdanis Guerrero Almeida**

**Curso: 2017-2018**

**“Año 60 de la Revolución”**

## *Dedicatoria*

- ❖ *A mis queridos padres Raquel Méndez Suárez y Pacho, y a mi apreciada abuela Aida Suarez, por guiarme siempre por el buen camino de la vida.*
- ❖ *A mis hermanas Vanet Fleites, Vania Fleites y en especial a mi hermana Ivón Fleites aunque no se encuentre físicamente por el apoyo incondicional que me han brindado en todo momento*
- ❖ *A mi tío y primo Jorge Luis Méndez y Joe Luis Mendez.*
- ❖ *A todos aquellos que de una forma u otra contribuyeron a la realización de este trabajo.*

## *Agradecimiento*

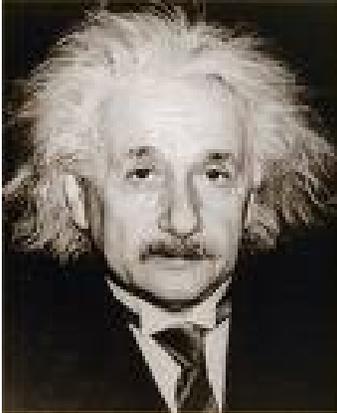
- ❖ *A dios, a mis padres y abuela por hacer que esto se volviera realidad. Al igual que al resto de mi familia.*
- ❖ *A mis tutores Diosdani Guerrero, Gasmany Pala Deraza y Andrés por sus comentarios, recomendaciones, críticas, y por haberme ayudado en la realización de este trabajo.*
- ❖ *A mi novia por estar siempre preocupada por la realización de este trabajo.*
- ❖ *A todos mis compañeros de cuarto pero en especial a Roilan, Mizael, Quiko, Javier y Cristian.*
- ❖ *A mis compañeros de aula en especial a Gasmany, Luisi, Jose Adrián y Elber por estar siempre cuando los necesitaba, en momentos malos y buenos.*
- ❖ *A mis compañeros de universidad en especial FuriFanky, Alpajón, y profesores del departamento en especial a Lía, Mirian y otros.*
- ❖ *Como a todos los trabajadores del instituto que de cierta forma a lo largo de los 5 años aportaron su granito de arena como fueron la tías de cocina*

*del turno de la negra, a las de limpieza, a mis instructoras, almacenera,  
Julia de la cafetería y a muchas de las carpenteras.*

❖ *Al gobierno cubano por darme la posibilidad de formarme como digno  
Ingeniero en Minas.*

## *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 tiene como objetivo actualizar el proyecto de explotación del yacimiento Beluca ubicado en la provincia de Mayabeque en los límites de los municipios Tapaste y Jaruco. Para lograr este trabajo se analizó la variante expuesta en el proyecto anterior para garantizar la continuidad de los trabajos mineros existentes.

Los cálculos de los parámetros de explotación se realizaron sobre la base del equipamiento minero y el método de arranque a emplear (perforación y voladura), por último se determinaron los costos para la explotación y se establecieron medidas para mitigar los impactos negativos provocados y las medidas de seguridad e higiene del trabajo.

Palabras claves: proyecto de explotación, minería, medio ambiente

## **SUMARY**

The present work has like objective to update the project of exploitation of the deposit Beluca located in the province of Mayabeque in the limits of the municipalities Tapaste and Jaruco. To achieve this work, the variant exposed in the previous project was analyzed to guarantee the continuity of the existing mining works.

The calculations of the exploitation parameters were made based on the mining equipment and the starting method to be used (drilling and blasting), finally the costs for the exploitation were determined and measures were established to mitigate the negative impacts caused and the measures of safety and hygiene of work.

Keywords: exploitation project, mining, environment

## Contenido

INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I. CARACTERIZACIÓN GÉOLOGO Y MINERA DEL YACIMIENTO.5	
1.1 Ubicación geográfica .....	5
1. 2 Geología del yacimiento .....	7
1.3 Tectónica .....	11
1.4 Hidrogeología.....	12
1.5 Características geotécnicas del macizo rocoso .....	13
1. 6 Estimación de recursos y reservas .....	16
1.7 Labores mineras existentes.....	18
1. 7. a Antecedentes del yacimiento.....	18
1. 7. b Solución a la propuesta de explotación .....	18
1. 7. c Destape .....	21
1. 7. d Parámetros mineros de explotación .....	21
CAPITULO II. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACION .....	23
2. 1 Seleccionar el sistema de explotación .....	23
2. 2 Caracterización del sistema de explotación .....	25
2. 3 Labores mineras a desarrollar .....	28
2. 3. a Apertura.....	28
2. 3.b Arranque.....	31
2. 3.c Trabajos de perforación y voladura .....	31
2. 3. d Carga y transporte del mineral .....	42
CAPITULO III. COSTOS DE OPERACIONES, AFECTACIONES AMBIENTALES Y SEGURIDAD E HINGIENE DEL TRABAJO .....	54
3. 1 Valoración económica.....	54
3.2 Categorización de los gastos .....	54
3.3 Gastos directos para la explotación .....	54
3. 4 Protección del medio .....	58
3. 5 Identificación de los principales impactos producidos por la explotación minera .....	59
3. 6 Medidas generales de protección y mitigación de impactos.....	59
3. 7 Medidas generales de seguridad e higiene del trabajo .....	60
CONCLUSIONES .....	62

---

RECOMENDACIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍAS.....	64
ANEXOS .....	67

## **INTRODUCCION**

La minería más que cualquier otra actividad resulta determinante en el desarrollo de la sociedad y del mundo, la misma se ha desarrollado a partir de la importancia que poseen los recursos naturales para el hombre. La mayoría de los materiales empleados por la sociedad moderna han sido obtenidos a través de la minería. Por ello podemos argumentar que la minería es la industria básica de la civilización del hombre.

Los yacimientos minerales son explotados con el fin de poner a disposición de la humanidad las materias primas necesarias para el desarrollo socio - económico de cualquier país. Producto a lo planteado anterior el hombre se ha visto en la necesidad de buscar alternativas que garanticen desde los puntos de vista técnico y económico la extracción racional de estos recursos.

A nivel mundial las calizas que son rocas carbonatadas, compuestas de calcita, aunque la dolomita puede ser un constituyente importante. El carbonato de calcio en la gran mayoría de los casos se ha extraído del agua del mar por acción de organismos diminutos y luego depositado en capas que finalmente se consolidan en rocas. Estas rocas son de estructura de grano fino y uniforme, a veces bastante densas. Algunas calizas son casi calcita pura, mientras que otras contienen materiales parecidos a la arcilla y varios óxidos como impurezas.

Los principales usos de la caliza son:

En la construcción, como los agregados para hormigón y como componentes del concreto, la mayor parte se hace con cemento, como los balastros para ferrocarriles cuyo tamaño comprende entre  $\frac{3}{4}$  y  $2\frac{1}{2}$  pulgadas de diámetro (7.6 a 63.5 milímetro) siendo el tamaño preferido para usarlo, con el fin de mantener las vías en buen estado. También se usa como piedra de relleno, los fragmentos de caliza irregulares de tamaños, que varían entre 15 y 30 centímetros, son utilizados en la construcción de los vertederos de las presas, en la construcción de muelles y para rellenar los puntos bajos en terrenos o carreteras.

En la elaboración de muchos productos químicos, fundición, agroquímicos y vidrio.

En Cuba la caliza de alto porcentaje de carbonato de calcio y de gran pureza aparte de ser comercializado como material para la construcción, debido a sus propiedades químicas la empresa Minera de Occidente la cual cuenta con varios yacimientos de calizas carbonatadas de gran calidad, es la encargada de explotar y comercializar la materia procedente de estos yacimientos.

El presente proyecto está enfocado en la explotación del yacimiento Beluca para la producción de productos industriales como:

- Relleno en la producción de papel de imprenta y papel blanco de escribir (Fca. Celulosa de bagazo )
- Opacante y pigmento blanco en sustitución al óxido de titanio en formulaciones poliméricas pigmentadas (Fca. De Plásticos Habana)
- Pintura (absorción de aceite 15.3-16.7%) (Fca. Vitral)
- Alimentación Humana (no posee elementos nocivos)
- Alimentación Animal (no posee elementos nocivos)
- Farmacia (no posee elementos nocivos)
- Química Básica del Calcio (Alta pureza)
- Otros (Vidrio, Goma, Jabón, Dentífrico, Cosméticos, lodos de perforación)

### **Situación problemática**

La empresa Geominera Habana-Matanzas obtuvo en el año 2001 los derechos mineros sobre 24,94 ha del yacimiento Beluca. La concesión de explotación fue expedida por un período de diez años, autorizándose su explotación para su uso en la producción de papel, la industria química y otros relacionados con la agricultura.

En el 2008 se tramitó una prórroga por tres años más y en ese mismo año, aplicando el servicio automatizado de la división PROYEST de la EMCODI, se recalcularon los recursos dentro del área concesionada.

Los derechos mineros, por requerimiento de Geominera S.A., les fueron transferidos a esa entidad para sustentar la inversión de una planta de procesamiento de carbonato de calcio, concebida en el marco de la ALBA. Esta

inversión no llegó a concretarse y el período de vigencia del derecho minero expiró, encontrándose actualmente el área disponible.

La empresa Minera de Occidente recuperó la concesión del yacimiento el cual solo consta con los trabajos de desbroce y destape, como antes dicho no llegó a concretarse el proyecto de explotación de aquel tiempo siendo este el **problema científico** a resolver en esta investigación.

### **Problema de la investigación**

Necesidad de actualizar el proyecto de explotación del yacimiento Beluca de la empresa Minera Occidente

### **Objeto de estudio**

Proyecto de explotación

### **Objetivo general**

Actualizar el proyecto de explotación del yacimiento Beluca

### **Campo de acción**

Yacimiento Beluca

### **Hipótesis**

Si se realiza la caracterización minero geológica del yacimiento, se determinan los principales parámetros tecnológicos del sistema de explotación, así como el análisis de los parámetros económicos, ambientales y de seguridad minera, es posible realizar la actualización del proyecto de explotación del yacimiento Beluca.

### **Objetivos específicos**

1. Realizar la caracterización minero geológica del yacimiento.
2. Determinar los principales parámetros tecnológicos del sistema de explotación.
3. Determinar los costos de operación durante la explotación del área.

4. Establecer medidas correctoras para minimizar el impacto ambiental generado por la actividad minera y proponer medidas generales para la seguridad e higiene del trabajo

### **Documentos básicos y legales**

La documentación utilizada durante la elaboración del proyecto de explotación minera, fundamentalmente fue la siguiente:

- Informe de prospección, exploración orientativa y detallada del Carbonato de Calcio Beluca II.
- Levantamiento topográfico de la concesión a escala 1:500.
- Estudio de Factibilidad del yacimiento de calcio” Beluca”.
- Tarea técnica para la elaboración del proyecto de explotación del yacimiento Beluca, Mayo/ 2003.

Los documentos legales en los cuales estamos basados son los siguientes:

- Documentos del 7mo. Congreso del Partido aprobados por el III Pleno del Comité Central del PCC el 18 de mayo de 2017 y respaldados por la Asamblea Nacional del Poder Popular el 1 de junio de 2017
- Decreto 222-97, Reglamento Ley 76 Minas
- LEY-76-94 Ley de Minas
- Ley 81 de Medio; artículo 27, 28 y 57 inciso (b)
- La Ley 33 De Protección del Medio Ambiente y el Uso Racional de los Recursos Naturales
- Legislación Laboral: Sección IV.- Protección del trabajo RESOLUCIÓN CONJUNTA No.1 (CETSS-MMG) de 29 de diciembre de 1979
- Reglamento de Protección del trabajo en explotaciones mineras

## CAPITULO I. CARACTERIZACIÓN GÉOLOGO Y MINERA DEL YACIMIENTO

### 1.1 Ubicación geográfica

EL yacimiento “Beluca” está situado en la provincia Mayabeque, en el municipio de Jaruco a 35 Km al sureste de la Ciudad de La Habana. Sus coordenadas según Lambert son:

$$X_1 = 389\,794.50 \qquad Y_1 = 355\,928.32$$

$$X_2 = 389\,544.70 \qquad Y_2 = 355\,614.70$$

$$X_3 = 390\,114.23 \qquad Y_3 = 355\,673.78$$

$$X_4 = 389\,858.60 \qquad Y_4 = 355\,367.83$$

Los trabajos de exploración fueron ejecutados en el sector occidental y enmarcado en las coordenadas Lambert siguientes: Ver figura 2

$$X_1 = 389\,860 \qquad Y_1 = 355\,870$$

$$X_2 = 389\,640 \qquad Y_2 = 355\,900$$

$$X_3 = 389\,390 \qquad Y_3 = 355\,600$$

$$X_4 = 389\,560 \qquad Y_4 = 355\,460$$



Figura 1. Ubicación geográfica general del yacimiento

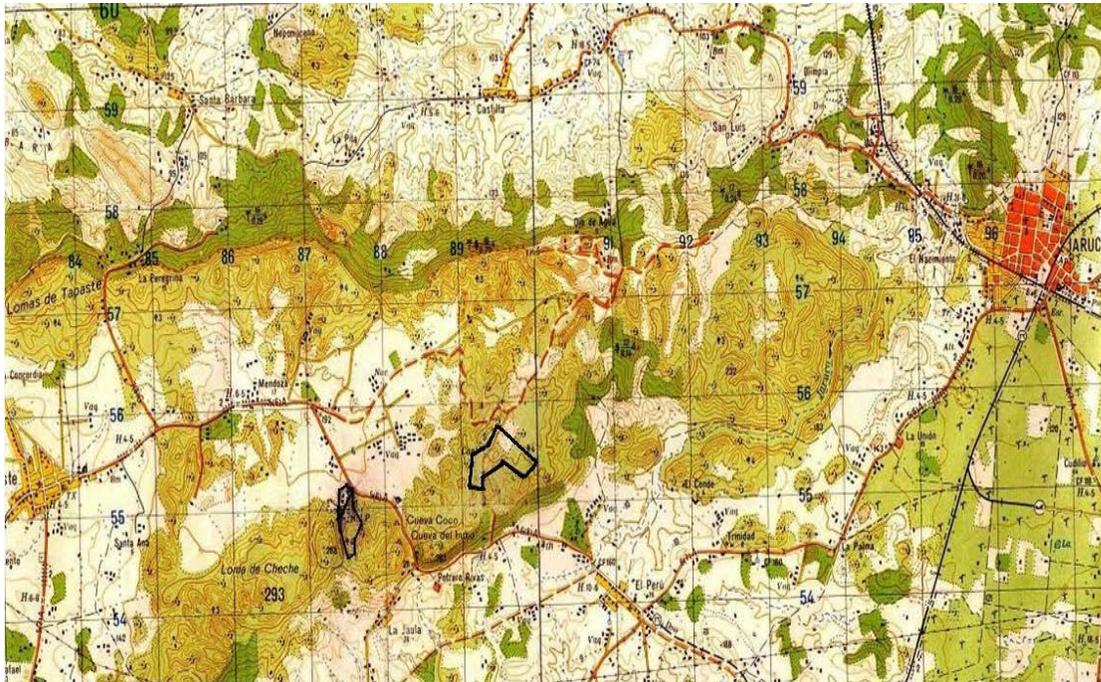


Figura 2. Ubicación topográfica del yacimiento

Dentro de la zona investigada existen tres canteras abiertas, de las cuales se ha extraído carbonato de calcio para el relleno de terraplenes, principalmente. Estas canteras se denominan Beluca I (la cual fue estudiada por Klubert 1964), Beluca II y Beluca III, situadas al norte y noreste de Beluca I. Las mismas han sido documentadas y muestreadas para evaluar la calidad de la materia prima. Además de las citadas canteras, a 2 Kms. al suroeste del área investigada se ubica la cantera “La Colina”, en explotación actual por la Unión Geóloga Minera. El mineral extraído es procesado en la Planta “Roberto Coco Peredo” en sus inmediaciones.

El área investigada forma parte desde el punto de vista físico-geográfico, de la banda meridional de las alturas Habana-Matanzas, limitada entre las lomas de Tapaste y las Escaleras de Jaruco. Se sitúa en la parte superior de una morfoestructura local denominada Beluca o Bonilla, elaborada sobre rocas carbonatadas. La superficie superior de esta unidad está ligeramente ondulada y sobresalen de ella mogotes con cotas 270 y 274.5 m.

## **1. 2 Geología del yacimiento**

Este yacimiento es sedimentario, las rocas se depositaron en profundidades neríticas de talud lejos de las tierras emergidas, lo cual se evidencia en la pureza y blancura de estas rocas y sus sedimentos finos, en estas aguas había restos de organismos como espículas de esponjas, corales, foraminíferos bentónicos, algas, moluscos, etc., los cuales fueron depositados junto a los detritos carbonatados. Todos los fósiles son del Mioceno inferior, parte baja de la formación Colón o Jaruco.

Estas rocas sufrieron procesos de recristalización de sus cristales, así como en algunas zonas existe una incipiente de dolomitización, sobre todo en las zonas de caliza dura con mayor contenido de óxido de magnesio; las zonas en las cuales se retiene el agua superficial o fluye mayor cantidad de ésta, como en la cantera Beluca II predomina la caliza blanda deleznable, ya que ésta es más porosa y retiene mayor humedad. La forma estudiada forma parte de un macizo de roca carbonatada, el cual ha sido agrietado y carsificado, por lo que se favorece la

penetración de arcilla trayendo consigo la contaminación de la roca y por lo tanto, que aumente el contenido de óxidos de hierro, disminuyendo el contenido de carbonato así como su blancura y brillantez.

En los itinerarios geológicos se observó la presencia de calizas organógenas detrítica de color blanco, lo cual fue corroborado en los análisis petrográficos y paleontológicos realizados a 13 muestras de testigo de perforación, en las cuales se constata que en el depósito mineral estudiado presenta calizas organógeno detrítica y calizas organógenas biogénicas, de grano fino a medios arrecifales con abundantes fósiles, su color es blanco a crema y gris claro.

Estas rocas, de acuerdo a sus propiedades físicas mecánicas y en especial la dureza, son susceptibles de subdividirse en tres variedades litológicas:

- caliza blanda porosa, blanca deleznable
- caliza semidura compacta, blanca parcialmente recristalizada
- caliza blanca a crema y gris claro, dura, en gran parte recristalizada

En la zona estudiada predomina la variedad semidura. La blanda solamente se localiza en la cantera Beluca II e intercalada en pozos cercanos a esta cantera (P-13, P-17, P-5).

La otra variedad (dura) se localiza en zonas elevadas o cerca de zonas muy carsificadas. El color amarillo y el crema solo aparecen en las rocas que están contaminadas con los óxidos de hierro o existe presencia de arcilla roja.

Esta variedad de caliza dura aparece con mayor grado de recristalización e incluso en las elevaciones aparece la misma con vetillas de calcitas y en ocasiones forma cuerpos irregulares esqueléticos, los cuales al lixiviarse el carbonato de calcio con el agua de infiltración, deja una roca con oquedades y una serie de vetillas de calcita cruzadas, lo cual se observa en los mogotes.

En las paredes de los frentes de canteras que no tienen superficies frescas, aparece la roca con tonalidades gris oscura a negro, a pesar de que en la fractura

fresca mantienen la coloración blanca nieve. Estas tonalidades negras son debidas a mohos (hifochitridiomicetes).

Este yacimiento mineral no presenta grandes variaciones ni por el rumbo ni por buzamiento. Hacia la profundidad aumenta la homogeneidad del mismo. Existen deficiencias entre la zona ocupada por los pozos 14, 3, 11, 7 y 6, la cual presenta mayor agrietamiento que el resto de la zona estudiada. La parte central y sur occidental o el área ocupada por los bloques I, II, III, IV, V, VII, está menos contaminada con arcilla, por lo que su calidad es superior.

La profundidad promedio de los pozos es de 45 metros, pero los mismos no han cortado la potencia mineral total, se quedan en roca útil.

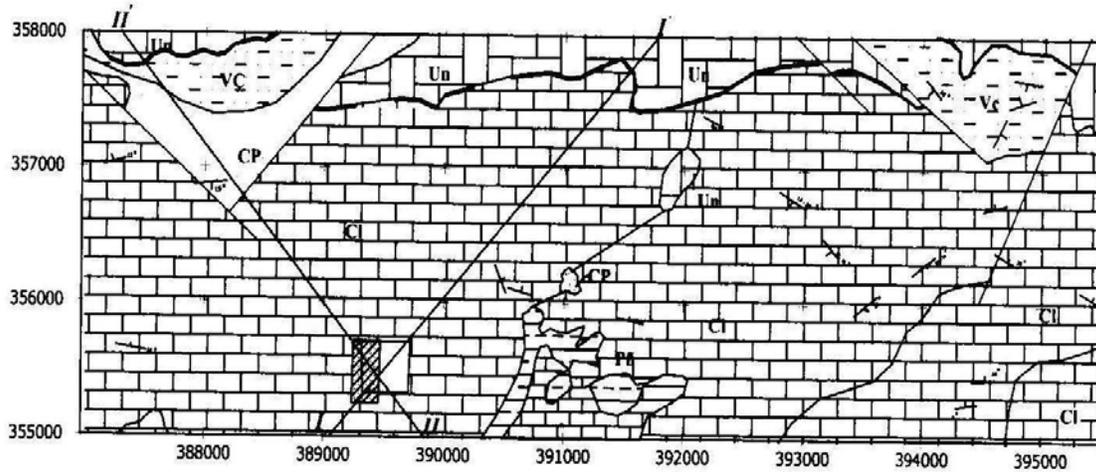
Las intercalaciones estériles son las arcillas, éstas se presentan en los pozos 3, 4, 14, en mayor proporción que en los pozos restantes, aunque en el pozo 14 alcanzan su mayor espesor total que es igual a 4.19 m.

Con respecto a la cubierta ésta varía entre 0 y 4.50 m. Los pozos 17 y 18 no presentan cubiertas y los pozos 15, 4, 21 y 22 son menores de 1 metro. En el perfil III el destape aumenta de noreste a suroeste del pozo 11 al 13 y este proceso representa una alteración secundaria de la materia prima mineral posterior a su diagénesis.

Teniendo en cuenta la calidad de la materia prima se han diferenciado tres tipos tecnológicos por su uso. Siendo predominantes en el área de la exploración el Tipo I, pero en el área de la prospección el Tipo II. El Tipo III de menor calidad, ocupa las áreas cercanas a zonas con desarrollo cársico y presencia de grietas.

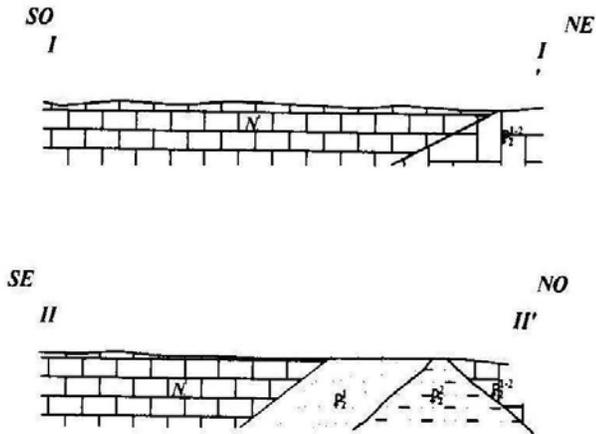
El Tipo I y II tienen una distribución más amplia en la zona estudiada, aunque el Tipo I es el predominante en todos los bloques de reservas calculadas.

A continuación se muestra el perfil del corte geológico regional y el plano geológico del yacimiento en el cual se puede observar de forma más sencilla parte de lo antes explicado.



**Corte Geológico Regional**

Ese 1: 50 000



**LEYENDA**

- |   |  |   |  |
|---|--|---|--|
|  | Fm. Colon Calizas organogenas detriticas.                      |  | Fm. Via Blanca deposits fyschoidales, aleurolitas y areniscas. |
|  | Fm. Via cruzis Lutitas y aleurolitas.                          |  | Elementos de yacencia  |
|  | Fm. Universidad Margas calcareas y calizas margo - arcillosas. |  | Falla geologica.   |
|  | Fm. Capdevila Arenisca polymictica y argilitas y aleurolitas.  |  | Area de la Prospección Detallada.                              |
|  | Fm. Peñarver Areniscas de grano fino, gravelitas.              |  | Area de la Exploración Orientativa y Detallada.                |

Figura 3. Corte geológico regional

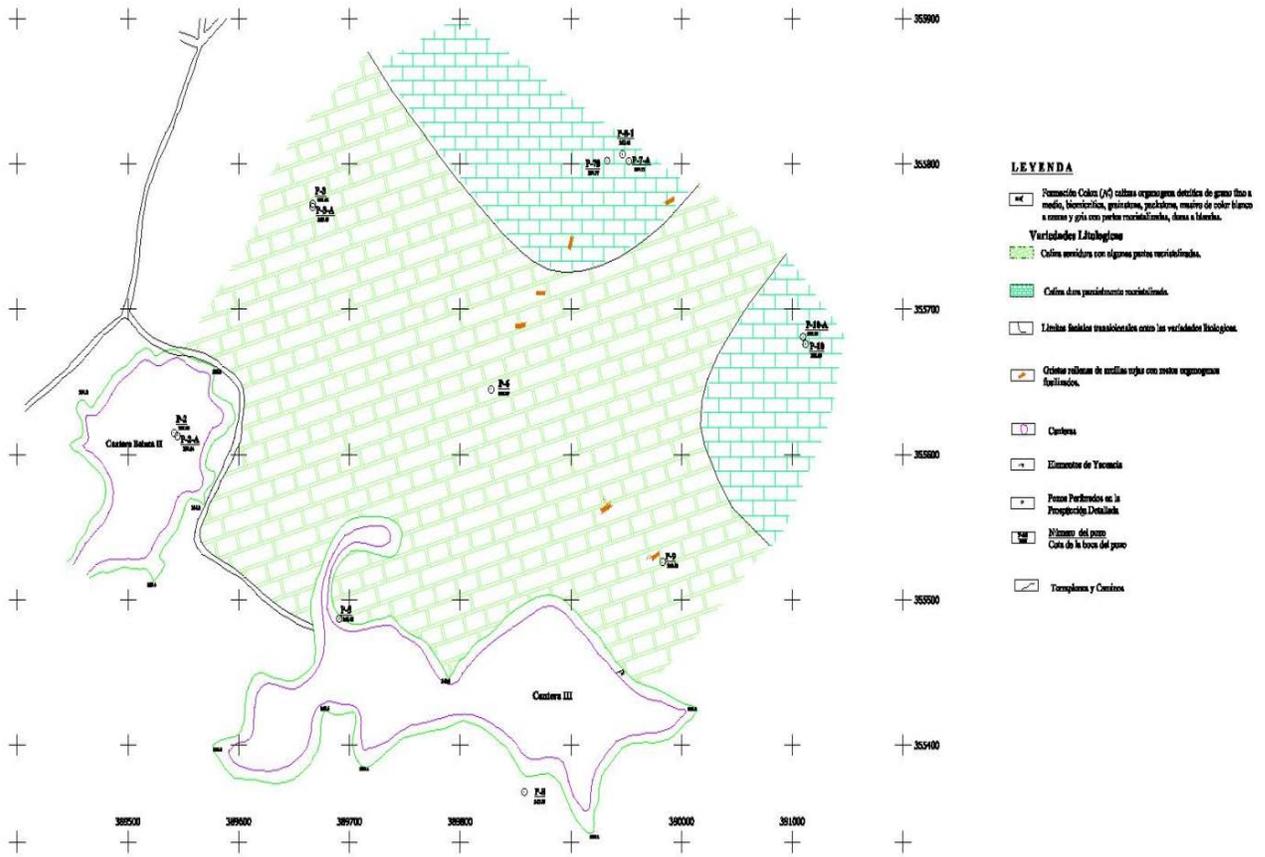


Figura 4. Plano geológico del yacimiento

### 1.3 Tectónica

La tectónica presente en la región de los trabajos se caracteriza por dividir la región en bloques, lo cual es característico del estadio de evolución geológica cuasiplatafórmica actual (Iturralde Vinent 1979, Informe Científico # 20, Instituto de Geología, Academia de Ciencias de Cuba).

Beluca se encuentra sobre una morfoestructura local con tendencia al ascenso dentro del bloque Habana. En la región existen fallas en dirección NE-SO, NO-SE y E-O.

En la zona de los trabajos se encuentra una yacencia casi horizontal, N216°/8°. No se observan pliegues ni fallas, pero si la roca está agrietada, principalmente entre

los pozos 3, 4 y sobre todo entre los pozos 6 y 7. Estas grietas se observan en superficie en la cantera Beluca II y en los pozos citados, además de los pozos 11, 12, 13, 14, 15, 21 y 22, las direcciones predominantes son las direcciones NE-SO y NO-SE, con predominio de las grietas abiertas, incluso rellenas de arcilla actual o fósil, pero existen además grietas ocultas o de compresión.

En la cantera Colina existe una falla de plumaje en dirección NE-SO, la cual es cortada por fallas en dirección E-O y NO-SE, la misma se pudo constatar con la apertura de la cantera. Esta situación pudiera presentarse en Beluca entre los pozos 3 y 11 y con mayor probabilidad entre los pozos 6 y 7 de la prospección, donde existen problemas cárnicos, los cuales se ven favorecidos por la presencia de estas grietas, las cuales sirven de agentes transmisores del agua superficial, por lo cual se debe tener presente cuando se decida realizar la explotación del bloque I probadas y del bloque central de la prospección, esto pudiera traer problemas de contaminación del material al aparecer grietas rellenas de arcilla, sobre todo en los primeros 10 m.

En la pared noreste de la cantera Beluca II se observan dos sistemas de agrietamiento en las direcciones NE-SO y NO-SE en la parte superior del techo de dicha cantera, cercano al pozo P-20.

Estas grietas posteriores a la deposición del mineral predominan en la parte superior y hacia la parte norte y central del mismo.

#### **1.4 Hidrogeología**

La zona de estudio, como se expresa en el punto 1.2, forma parte de la morfoestructura Beluca o Bonilla y la parte superior de la misma constituye una superficie aplanada en las cotas 250 y 265. Dentro de ellas se destacan mogotes sobre esta superficie con suave declive al sur y suroeste. Esta superficie ha sido cortada por pozos con una profundidad promedio de 45 metros, incluso en el centro de la cantera Beluca II se perforó el pozo 2A, situado en la cota 237 con una profundidad de 40 metros a partir de esta cota, por lo que alcanzó la cota 197 y no cortó el nivel freático.

En la cantera Colina, situada a 2 Km de Beluca y con las mismas rocas y características geológicas similares, situada sobre las cotas 272 y 205; los pozos cortaron una potencia 45 m de sus rocas y no encontraron el nivel freático, el cual solo es cortado por el pozo de abasto de agua, alrededor de la cota 125.

- Por todo lo anterior se puede señalar que las reservas estudiadas no presentan problemas hidrogeológicos en sus condiciones naturales.

### 1.5 Características geotécnicas del macizo rocoso

Con el objetivo de determinar las propiedades físico-mecánicas del material útil en el yacimiento Beluca fueron estudiadas mediante la prospección con resultados de análisis de testigos de pozos y muestras de la cantera.

Tabla No. 1 Promedios obtenidos de la absorción en aceite (Proyect, 2008)

Tipos de rocas	P.D. (%)	E.O.D (%)
Caliza blanda	16.730	-
Caliza semidura	16.089	15.60
Caliza dura	15.252	13.86

Tabla No. 2 Propiedades físico - mecánicas de las variedades litológicas del sector (Proyect, 2008)

Tipos de rocas	Peso volumétrico g/cm <sup>3</sup>	Porosidad (%)	Absorción (%)	Resistencia a la compresión (Mpa)	Brillantez (%)
Caliza blanda	1.682	17.876	29.926	7.422	89.20
Caliza semidura	1.760	15.215	27.005	7.953	89.79
Caliza dura	2.040	6.975	14.6844	21.031	91.68
Promedio general	1.83	13.355	23.8718	12.135	89.58

Las propiedades físicas y físico - mecánicas analizadas dependen del grado de compactación de la roca, con excepción de la brillantez y la amarillez, las cuales dependen de la fineza de las muestras. La brillantez aumenta al disminuir la granulometría.

En la prospección detallada se solicitó que pasaran el tamiz 200 mallas ó 0.074 mm. y las muestras tenían una granulometría el 5 y 50 micras. En la exploración el mayor por ciento de granulometría se encuentra entre 5 y 20 micras, por lo cual las muestras fueron molidas a diferentes granulometrías teniendo mayor fineza en la exploración.

Tabla No. 1 Comparación de la brillantez a diferentes granulometrías. (Proyect, 2008)

Tipos de rocas	Prospección detallada a 200 mesh (%)	Exploración orientativa y detallada a 325 mesh (%)	Variaciones en el resultado (%)
Caliza blanda	89.20	-	-
Caliza semidura	89.79	94.30	4.51
Caliza dura	91.68	91.92	0.24
Promedio general ponderado	89.58	91.77	2.19

A solicitud de los tecnólogos de la industria del plástico, fue analizado el índice de refracción a 7 muestras, las cuales no constituyen un valor representativo del yacimiento, pero este análisis es interesante de ser valorado en el presente informe.

La calcita como presenta birrefringencia, posee dos índices de refracción en las muestras analizadas de Beluca. Se puede constatar que el índice menor oscila

entre 1.487 y 1.500 el mayor entre 1.658 y 1.663. El menor valor del índice de refracción más pequeño (NE) coincide con una muestra de caliza dura, cuyo contenido de Mg O es ligeramente más alto que en las muestras restantes. El mayor valor del índice (NE) coincide con una muestra de caliza semidura, la cual posee un contenido de  $Al_2 O_3$  relativamente mayor que el resto.

En la muestra 341 se observan los menores valores en ambos índices de refracción, es una muestra de caliza dura con valores relativamente altos de MgO.

El valor mayor del índice de refracción mayor (NW) no coincide con un valor alto del  $Al_2 O_3$  pero sí con los valores mas elevados. (Ver Tabla No. 8, muestras 235, 205 y 364). Comparando estos índices de refracción con la absorción en aceite, se observa en dos muestras, en las cuales tenemos resultados de ambos análisis, que la primera (205) tiene un valor alto de absorción en aceite y de su índice mayor siendo una muestra de caliza semidura, en la otra (355) presenta un valor absorción en aceite pequeño y el mayor valor del índice mayor, pero valores bajos del  $Al_2O_3$ .

Las calizas algo más arcillosas, semiduras y blandas presentan mayor absorción, además de ser más fácil de moler en granulometría más finas.

Tabla No. 2 Comparación de los índices de refracción y algunos contenidos químicos (Proyect, 2008)

No. Muestra	Absorción	Dirección		Variedad litológica	Contenido químico	
		EN	NW		MgO	$Al_2O_3$
205	16.7	1.498	1.662	Caliza semidura	0.11	0.011
235	-	1.500	1.663	Caliza semidura	0.09	0.086
269	-	1.490	1.660	Caliza semidura	0.11	0.023
272	-	1.490	1.660	Caliza semidura	0.11	0.030

341	-	1.487	1.658	Caliza dura	0.15	0.011
355	14.9	1.495	1.668	Caliza semidura	0.10	< 0.010
364	-	1.490	1.660	Caliza semidura	0.12	0.024

### 1. 6 Estimación de recursos y reservas

La estimación de los recursos del yacimiento se realizó utilizando un sistema automatizado llamado MicroLynx System, versión 6.

Esta estimación de recursos culminó el 30 de noviembre de 2003 y se realizó desde la superficie obtenida de la topografía, hasta la cota +198.85 m (s.n.m)

Los datos disponibles para la estimación de los recursos del yacimiento “Beluca” son:

- Datos de los pozos de perforación realizados hasta la actualidad en el yacimiento.
- Levantamiento topográfico del área del yacimiento “Beluca” a escala 1:1000

Debido a la extracción desordenada de mineral útil existente en el yacimiento en el período en el cual la empresa había perdido la concesión fue certificado el 1 de enero de 2014 a la Oficina Nacional de Recursos Minerales un nuevo resultado de la estimación de recursos identificados en el área evaluada del yacimiento y dentro de la zona concesionable.

Tabla No. 3 Evaluación de recursos (Oficina Nacional de Recursos Minerales)

Categoría	Cantidad (t)	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Área Evaluada del Yacimiento</b>				
<b>Medido</b>	4 868 228	55.36	0.137	0.083
<b>Indicado</b>	4 691 248	55.49	0.184	0.086
<b>Inferido</b>	10 745 290	54.79	0.191	0.143

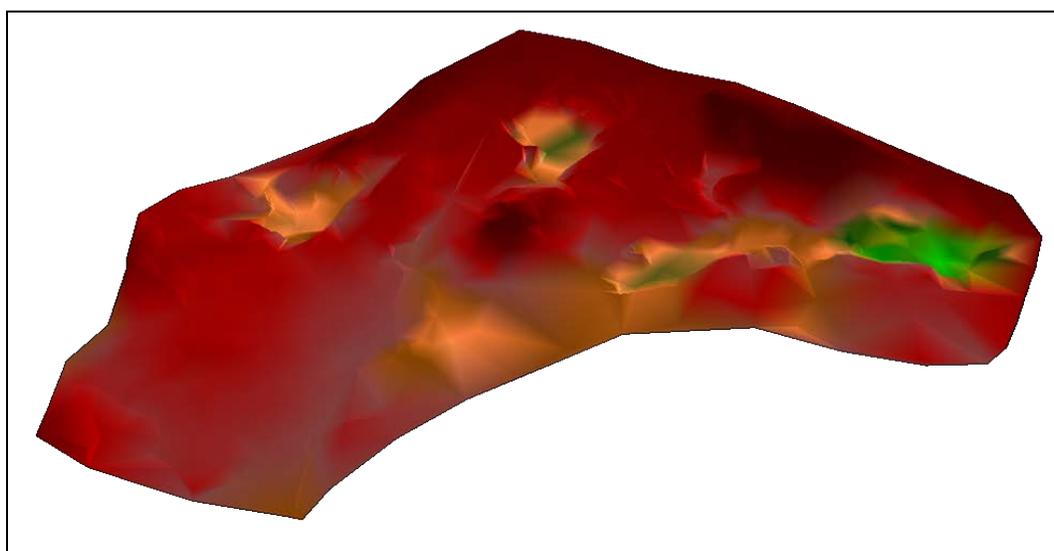
Zona Concesionable				
Medido	2 526 936	55.26	0.104	0.077
Indicado	3 374 625	55.28	0.118	0.092
Inferido	5 054 282	53.88	0.132	0.207

### Obtención del modelo digital del terreno

Para obtener el modelo digital del terreno se utilizaron los datos del levantamiento altimétrico y planimétrico de la concesión de exploración del yacimiento, realizado por el IGP, con los datos altimétricos fue creado un fichero de puntos en el módulo Survey Manager de MicroLynx6 System (Release 2003). Este fichero de puntos fue triangulado obteniéndose un fichero de triángulos con el cual se generó el plano de contornos topográficos o curvas de nivel y posteriormente se le agregó la planimetría. Todo fue elaborado en tres dimensiones.

Posteriormente el fichero de superficie fue transformado con la misma metodología y parámetros que la utilizada para la base de datos

Figura. 5 Modelo digital del terreno (DTM).



## **1.7 Labores mineras existentes**

### **Generalidades**

#### **1. 7. a Antecedentes del yacimiento**

En el yacimiento se han realizado trabajos anteriores; dentro del área existen tres canteras abiertas de las cuales principalmente se ha extraído carbonato de calcio para el relleno de terraplenes. Estas canteras se denominan Beluca I, Beluca II y Beluca III, situadas al Noreste y Este de Beluca

#### **1. 7. b Solución a la propuesta de explotación**

##### **Explotación I.**

Se propone realizar la explotación a cielo abierto para la extracción del mineral.

La presencia de una línea eléctrica de alta tensión, obliga a dejar un pilar de seguridad a ambos lados de la misma dividiendo al yacimiento en dos canteras, Beluca I (al Oeste de la línea de alta tensión y sobre la antigua cantera Beluca I) y Beluca II (al Este de la línea de alta tensión y sobre la antigua cantera Beluca II) las cuales fueron proyectadas hasta los límites de la concesión minera, teniendo en cuenta que toda la materia prima dentro del área estudiada cumple con los requisitos de calidad para los diferentes usos.

Dentro de los límites de extracción diseñados se calcularon reservas probadas + probables por encima de la cota +210, establecida como piso de explotación. La mina desarrollará 5 niveles de explotación, los cuales están definidos por las cotas de sus respectivos pisos: +250, +240, +230, +220 y +210. La apertura de los niveles de explotación se realizará a partir de trincheras interiores construidas a partir del camino secundario existente en el yacimiento y que pasa aproximadamente paralelo a la línea de alta tensión.

La secuencia de actividades básicas en la explotación será: desbroce, destape, perforación y voladuras, carga y transporte. Las actividades de aseguramiento serán: formación de depósito y escombrera.

De acuerdo a las características físicas mecánicas del material, la propuesta es realizar el arranque de material utilizando perforación y explosivos. Se conformarán escalones o bancos con altura máxima de 10 metros y talud de 75<sup>0</sup>, una berma de seguridad de 3 metros, para un talud general de unos 65<sup>0</sup>.

Los trabajos de extracción en los primeros 5 años se concentrarán en los niveles +250 y +240.

Para la carga del material extraído se utilizará un cargador frontal; este tiene una alta maniobrabilidad y un bajo consumo de combustible. Por las características y requerimientos del material, se considera que el cargador frontal es el equipo de carga más factible.

El transporte del material se efectuará con uso de camiones de volteo que trasladarán hasta la planta de proceso que dista aproximadamente a unos 2 kilómetros de la cantera.

El material estéril y la capa vegetal se almacenarán en una escombrera y un depósito respectivamente, construidas para ese objetivo. La capa vegetal no se encuentra muestreada, por tanto no aparece en la base de datos y la misma no fue modelada para incluirla en el cálculo; en visita realizada al yacimiento se pudo constatar la presencia de una capa vegetal en toda el área del yacimiento que se encuentra sin destapar, por lo que su cálculo se realiza de modo aproximado, estimando un espesor promedio de 30 cm; se excluye el área de las canteras destapadas.

El desagüe de la mina será natural, en los 5 primeros años de explotación es decir, por método gravitacional, aprovechando las condiciones morfológicas del relieve, además el piso de explotación de los distintos niveles, tendrá una pendiente para que el drenaje se realice sin dificultad.

La afluencia de agua a la mina proyectada se calcula por la siguiente expresión(1).

$$Q_A = W \times F \quad (I)$$

donde:

$Q_A$  = volumen de agua de precipitación;  $m^3$ .

$W$  = precipitación máxima en un día, 0.044 m/día

$F$  = área; 148948  $m^2$

Sustituyendo por los valores obtenemos el volumen esperado de la afluencia de aguas por precipitación atmosféricas:

$Q_A=655.4 m^3/día$

### **Acceso al yacimiento**

El acceso se realizará desde la planta Coco Peredo y hasta el camino secundario que atraviesa el yacimiento, por la carretera que pasa frente a la planta y que va hacia los poblados de Jaruco (8 Km) y San José (18 Km). Este camino secundario se encuentra en malas condiciones para efectuar el tiro del material, por lo cual se recomienda el mejoramiento, ampliación y rectificación del mismo durante las labores de preparación con material de préstamo, pudiendo ser aportado por el estéril o material producto del desarrollo de la cantera Colina. En este proyecto no se calcula el costo para la realización de este trabajo por cuanto no tenemos la base topográfica para la evaluación del perfil actual del camino. Para el acceso a la cantera Beluca II (Este) se propone la preparación de un camino que parte desde el camino secundario y que va hasta la cota +255, la pendiente de este camino es casi natural, solo en algunas partes del mismo se debe rectificar. Estos accesos proyectados permiten llegar a las canteras por la parte sur de las mismas.

### **Desbroce**

Las labores de desbroce se llevaron a cabo antes de realizar el destape del yacimiento, para ello se necesitó retirar los árboles, arbustos y maleza de las zonas a explotar. Se utilizó un bulldozer para eliminar tocones.

### **1. 7. c Destape**

El destape en el yacimiento corresponde al retiro de la capa vegetal y el estéril que sobreyace al mineral. Las labores de destape se realizarán antes que las de extracción y el avance de una con respecto a la otra deberá ser mayor a los 10 metros.

La capa vegetal extraída por medio del buldócer se cargará y transportará a un depósito donde será almacenada. Por su importancia ecológica, dicha capa vegetal debe ser recuperada al máximo.

Para el destape de la cantera Beluca II se necesita realizó la extracción del estéril de los niveles superiores +270 y +260 de la parte sur, lo cual se realizó a través de un camino en espiral de 5 m de ancho desde la cota +250. Se utilizó la perforación y voladura para estos fines, el material fue cargado y transportado hacia la escombrera.

En el área donde se ubica la escombrera, se retiró igualmente en un inicio la capa vegetal, lo cual se consideró también como destape.

### **1. 7. d Parámetros mineros de explotación**

De acuerdo a las condiciones geólogo mineras presentes en el yacimiento y la tecnología de extracción a desarrollar, se calculan y establecen los parámetros constructivos que definirán, la mina. Dichos parámetros son introducidos como datos en el software que se utiliza para el diseño (MicroLynx). Algunos de estos parámetros se han obtenido de la experiencia acumulada en la explotación del yacimiento Colina, el cual se encuentra en la misma zona, presenta la misma litología y las características físicas mecánicas y estructurales son semejantes.

### **Piso de explotación**

Durante la realización de este trabajo utilizando un sistema automatizando, y con los datos de los pozos de la exploración orientativa y detallada, los recursos fueron calculados hasta la cota +200, a diferencia de la cota establecida para el cálculo de los recursos durante la etapa de la exploración que fue la cota +220.

Por cuanto los recursos geológicos fueron calculados hasta la cota +200 y teniendo en cuenta que:

- la cantidad de recursos que hay entre las cotas +200 y +210 representan un 2.83% de los recursos totales del yacimiento.
- debido a los pozos colgados que no llegan a la cota +200, se crea un contorno de recursos que influye desfavorablemente en el diseño de los contornos de explotación.
- la extracción entre las cotas +200 y +210 con estas condiciones, garantizaría reservas que representan aproximadamente un 12.58 % de los recursos estimados entre estas cotas.
- la capacidad de extracción planificada según la demanda es muy pequeña.

Por los criterios anteriormente planteados se establece que la cota +210 sea el piso de explotación en esta etapa de proyección para garantizar el aprovechamiento más integral de los recursos.

En el campo minero se han definido 5 niveles de extracción ó explotación +250,+240,+230,+220,+210. La distancia entre niveles será de 10 metros; entre el piso de un nivel y otro se determinan los bancos de explotación.

### **Caminos mineros**

Se ampliará y rectificará el camino secundario a partir de la carretera, que tendrá unos 650 m de largo para dar acceso al yacimiento. Este camino de acceso capital al yacimiento deberá tener 10 m de ancho de vía aproximadamente. A partir de este camino saldrá la trinchera que dará el acceso a los diferentes niveles de explotación, es decir se reconstruye el camino hasta el nivel +244 para la cantera I (Oeste) y se comienzan las actividades mineras (desbroce, destape, extracción, etc). Para la cantera II (Este) a partir del camino reconstruido se continúa terraplenando a partir de la cota +244 para conformar el camino que da el acceso a los niveles de explotación de esta cantera; este tendrá una longitud de 300m. Ver Anexo 6:

## CAPITULO II. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACION

### 2. 1 Seleccionar el sistema de explotación

El sistema de laboreo debe asegurar que los trabajos se realicen con seguridad, que el laboreo de todas las rocas útiles sea planificado y económico que asegure la productividad de la empresa, que garantice la extracción de todas las reservas y que conserve el medio ambiente.

Antes de elegir el sistema de explotación es necesario analizar las características del yacimiento que influyen en la elección del orden y en la dirección de los trabajos mineros y por ende en el sistema de laboreo.

Las lógicas y diferencias naturales que imponen las características estructurales de los cuerpos minerales dan lugar a una primera selección de sistemas de explotación:

- Cortas
- Transferencia
- Descubierta
- Canteras
- Graveras

Observando las características y propiedades físico mecánicas que presenta el yacimiento tratado en este trabajo se decide que el sistema de explotación seleccionado sea el de Cantera. A continuación se hace una breve descripción de los parámetros fundamentales que componen dicho sistema.

El yacimiento o la parte de este explotada por una cantera se denomina campo de cantera, este no es más que una figura geométrica volumétrica caracterizada por las dimensiones en el plano y la profundidad, forma parte de la zona de la cantera que incluye además las rocas estériles extraídas, las plazoletas industriales y otras instalaciones productivas.

La explotación de las canteras se realizará por capas, con adelanto en el plano de las capas superiores, que habitualmente son horizontales aunque pueden ser inclinadas.

En caso general el concepto de capa es más amplio que el de banco - parte separada de explotación de una capa de rocas que presenta forma de escalón. En la mayoría de los casos la capa y el banco poseen la misma altura y dimensiones en el plano.

Cada banco se caracteriza por una cota de altura que corresponde al horizonte de ubicación en él de las vías de comunicación. Estas cotas pueden ser absolutas (respecto al nivel del mar, **msnm**) o relativas (respecto a un punto fijo de la superficie).

Los bancos horizontales poseen cotas constantes, los inclinados poseen cotas variables. Las superficies horizontales o inclinadas que limitan el banco por su altura se denominan plataformas o plazoletas superior e inferior.

La superficie inclinada que limita al banco con el espacio laboreado se denomina paramento del banco, el ángulo formado por el paramento con la línea horizontal se denomina talud del banco y las líneas que unen al paramento con las plataformas de trabajo se denominan bordes superior e inferior.

Existen bancos activos o de trabajo e inactivos; en los primeros se realiza la extracción del mineral o estéril. Si en las plataformas se ubican los equipos de trabajo necesarios para la explotación entonces ellas se denominan plataformas de trabajo. Frecuentemente los bancos se dividen en subbancos, los cuales pueden explotarse con diferentes equipos de excavación o el mismo equipo simultánea o intermitentemente, pero poseen vías de comunicación comunes para ambos.

La parte longitudinal del banco preparada para la explotación se denomina frente de trabajo del banco, éste puede ser recto o curvilíneo y su longitud puede o no variar.

La preparación del frente consiste fundamentalmente en las vías de comunicación y la línea eléctrica para garantizar el trabajo de los equipos.

Como resultado de la explotación de las rocas ocurre el desplazamiento de los bancos, en las canteras se explotan varios de ellos y se van creando nuevos en la parte más profunda.

Las superficies laterales escalonadas formadas por los paramentos y las plataformas se denominan bordos de la cantera.

El bordo formado por los bancos de trabajo se denomina bordo activo o de trabajo, cuando los bancos van alcanzando su posición final en el espacio se forma el bordo final o inactivo.

La línea que limita la cantera con la superficie terrestre se denomina contorno superior, y la que limita la cantera por el fondo contorno inferior.

En el momento de culminación de los trabajos mineros a cielo abierto la cantera alcanza la profundidad final, y las dimensiones finales en el plano.

Los paramentos de los bancos en los bordos inactivos, donde no se realizan labores de minería, se dividen por bermas de transporte o de seguridad.

## **2. 2 Caracterización del sistema de explotación**

El sistema de explotación constará con una trinchera interior para realizar la apertura al nivel superior, tendrá 5 niveles de explotación para ambas canteras. . La distancia entre niveles será de 10 m; entre el piso de un nivel y otro se determinan los bancos de explotación, cuyos bancos serán diseñados con una altura de 10 m como máximo al tenerse en cuenta fundamentalmente los requisitos del mineral, la extracción planificada y el tipo de equipamiento a usar. Según las características físico - mecánicas del material, el ángulo del banco será: para banco activo  $80^{\circ}$  y para banco final  $75^{\circ}$ . El banco superior por estar acoplado a la topografía alcanzará menos de 5 metros.



Bermas de seguridad, su ancho mínimo se calcula como:

$$b = 1/3 h ; m$$

donde:

h: altura de los bancos 10 m

sustituyendo:

$$b = 3 \text{ metros.}$$

Considerando que en el yacimiento (según el capítulo VII, Condiciones técnico mineras de explotación del Informe de la Exploración Detallada) se presenta un marcado desarrollo del agrietamiento y carsificación, hemos determinado utilizar una berma de seguridad entre los escalones de 5 metros, lo cual nos permite utilizar un ángulo de talud semejante al existente en las explotaciones antiguas, disminuyendo los riesgos de la estabilidad de los mismos.

Plataforma de trabajo

La plataforma de trabajo se ha determinado según las dimensiones del equipamiento a operar en los frentes, características del mineral y de la tecnología de extracción a utilizar. De acuerdo con la fórmula:

$$B = b_s + 2a_c + c_1 + R_g + l_c + c_2$$

donde:

B: ancho mínimo de la plataforma de trabajo.

$b_s$ : berma de seguridad 5 m

$a_c$ : ancho del camión 2.7 m

$c_1$ : distancia de seguridad entre camiones 1 m

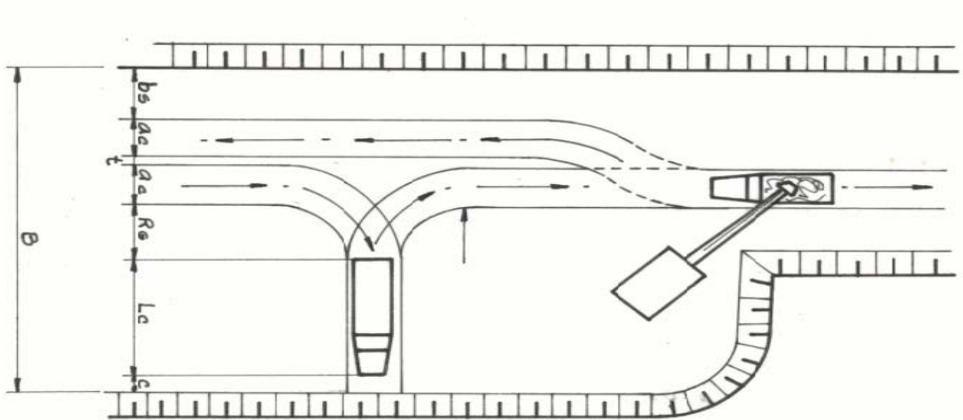
$R_g$ : radio mínimo de giro del camión 12.3 m

$l_c$ : largo del camión 8.2 m

$c_2$ : distancia de seguridad entre el camión y el talud del banco superior 1 m  
sustituyendo por los valores:

$B = 33$  metros, tomaremos 35 m por factor de seguridad.

Figura. 8 Vista en planta de la plataforma de trabajo



Determinación del talud general de la mina (método analítico):

donde:

(II)

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\sum h_i}{\sum b_i + \sum h_i \cot \beta_i}\right)$$

$\alpha$  : ángulo del talud general de la mina ; grados

$h$ : altura de los escalones 10 m

$b$ : ancho de las bermas de seguridad 5 m

$\beta_i$  : ángulo de talud de los escalones  $80^\circ$

Sustituyendo por los valores:

$$\alpha = 65^\circ$$

## 2. 3 Labores mineras a desarrollar

### 2. 3. a Apertura

La apertura de la cantera Beluca I (Oeste) se realizará a través de una trinchera interior que parte de la cota +244 del camino secundario, aproximadamente en el punto con coordenadas N-522291 y Este- 69884.8; esta trinchera tendrá como

máximo una pendiente de 8%. La cantera Beluca II se abrirá a partir de la cota +255 y el punto con coordenadas N-522592.6 y Este-69833.1; Esta trinchera tiene una pendiente de 8%.

Los intereses principales considerados que argumentan el tipo de apertura a realizar en el yacimiento, son los siguientes:

- Poco volumen de las labores de preparación aunque es mineral.
- Mejores condiciones para el acceso a la mina.
- Posible simultaneidad de las labores de explotación en ambas canteras
- Garantía de un desagüe natural de la zona de explotación minera.
- Explotación de las reservas hasta el límite de la concesión minera y de los recursos calculados.

Se realizará la apertura del nivel +240 de la cantera I, que abarca un área de 52062.59 m<sup>2</sup> dentro del estado final proyectado; en el caso de la cantera II se abre el nivel +250 que abarca un área de 57100.5 m<sup>2</sup>. El nivel +250 en el bloque respectivo al primer año se comenzará la explotación por una trinchera de igual forma que las mostrada en tabla solo que varía la longitud, al igual que para el año 4 hay un salto de explotación, para ambos casos las trincheras adoptan formas distintas. (Ver anexo. 14)

Estas trincheras de apertura tendrán las siguientes características:

Tabla. 6 Parámetros constructivos de las trincheras

Denominación	Unidad de medida	Trinchera Cantera I	Trinchera Cantera II
Largo	metros	99.3	94
Ancho	metros	10	10
Pendiente	%	4	9.3

Angulo de talud	Grados	75	75
Volumen	m <sup>3</sup>	4885.7	7141

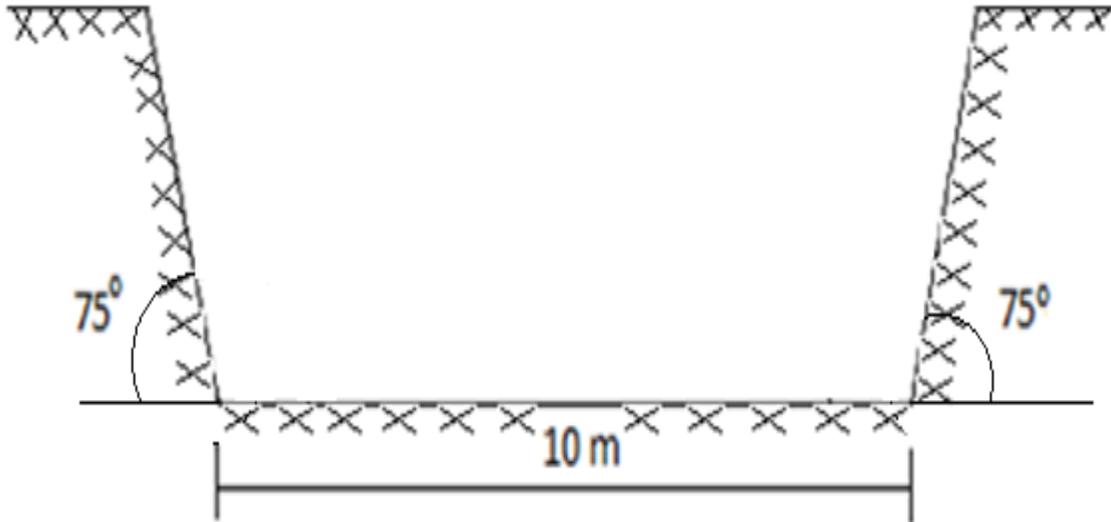


Figura 9. Perfil transversal de la trinchera

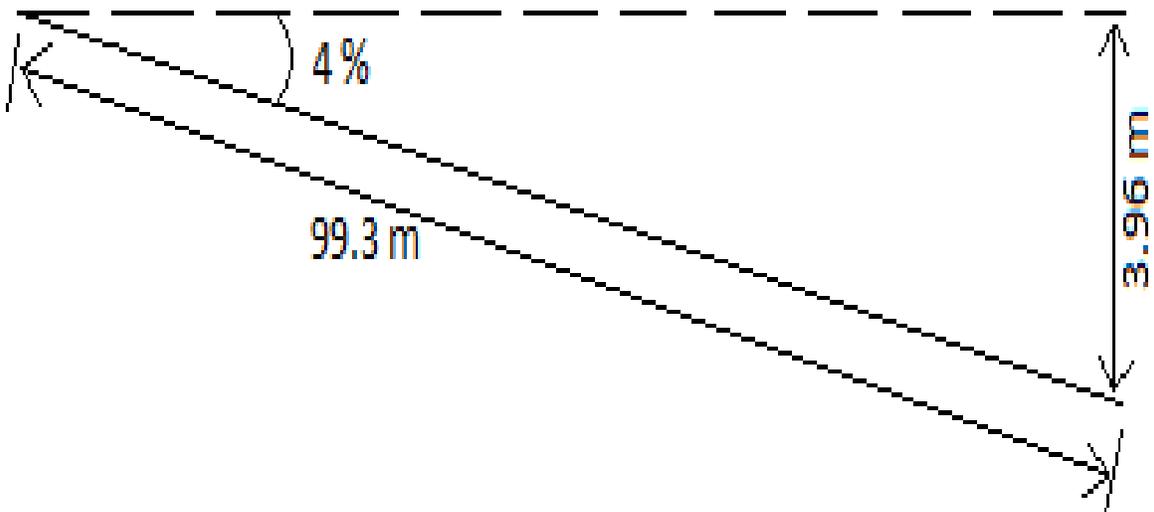


Figura 10. Perfil longitudinal de la trinchera

### **2. 3.b Arranque**

Por las propiedades físico mecánicas y entorno geológico que presenta el mineral y el estéril, el arranque se efectuará utilizando sustancias explosivas, por tanto, será necesario realizar trabajos de (perforación y voladuras). La dirección del avance general de la mina será hacia el Norte. La dirección de los frentes de arranque, será Este Oeste, en el caso de la cantera I y de Oeste a Este en la cantera II. Esta dirección obedece a que en el yacimiento se desarrollan sistemas de grietas con dirección NO-SE y NE-SO, y de este modo podemos lograr que el buzamiento de los bancos no sea paralelo al buzamiento del agrietamiento, lo que evita el posible deslizamiento de bloques o taludes completos. No obstante se hace necesario un estudio más detallado del agrietamiento por zonas, que ayuden a definir las direcciones de los frentes en cada zona dentro del área a explotar.

Durante el desarrollo del arranque se prestará especial atención, a la pendiente del piso que deberá favorecer el drenaje en sentido contrario al sentido del avance para evitar las acumulaciones de agua en los frentes de trabajo.

### **2. 3.c Trabajos de perforación y voladura**

El ciclo general que comprende estos trabajos es el siguiente:

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

De acuerdo a las propiedades físico mecánicas de las rocas a arrancar (dureza, homogeneidad, agrietamiento, etc) y la granulometría en la fragmentación requerida, en la alimentación a la planta de proceso estimada como máxima en 400 mm, se calcularon dos pasaportes de perforación y voladuras; uno de ellos es

para el 75 % del material a arrancar que abarcan los materiales descritos como caliza blanda y caliza semidura con una resistencia a la compresión media de 7.68 Mpa y otro para el 25 % restante del material a arrancar en un año considerado como caliza dura, con una resistencia a la compresión de 21.03 Mpa.

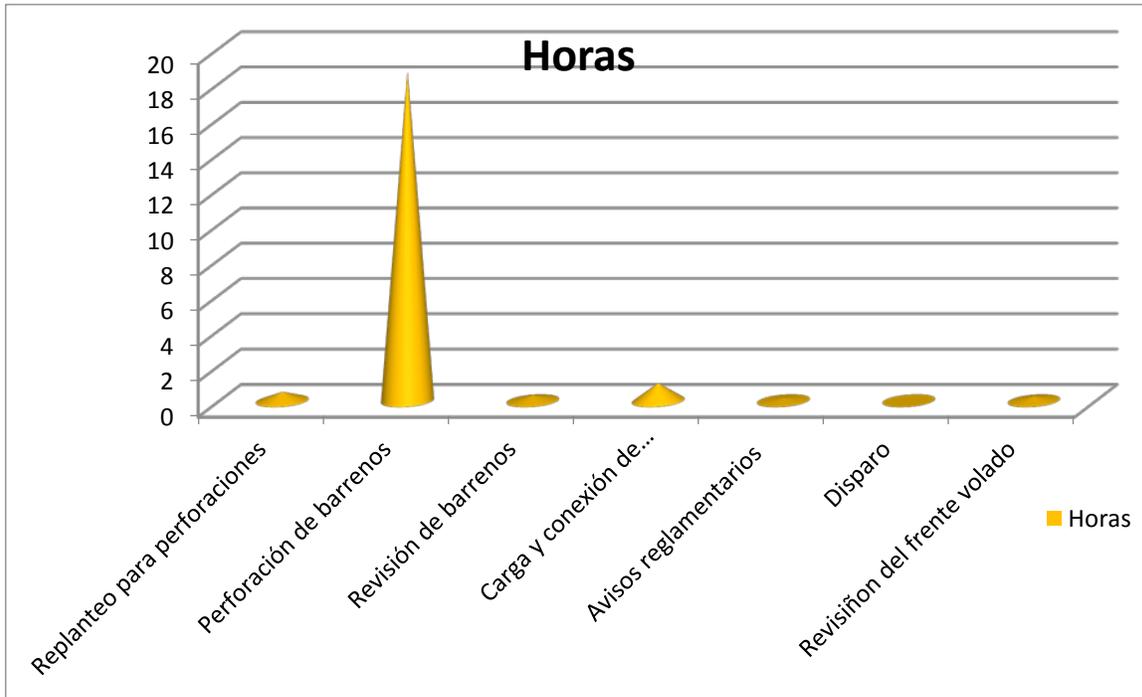


Figura 11. Ciclo general que comprende los trabajos de perforación y voladura.

Tabla. 7 Datos técnicos básicos para el cálculo del pasaporte de perforación y voladura caliza blanda y semidura

Altura de banco	H	10	m
Inclinación de la perforación	a	75	grados
Diámetro de perforación	d	85	mm
Coefficiente aproximación de los taladros	n	0.83	
Extracción de mineral al año	W	32843	m <sup>3</sup> /año
Volumen de arranque con explosivos	Aa	24197	m <sup>3</sup> /año
Velocidad de perforación	Vp	0.17	m/minuto
Tiempo emboquillado y desemboquillado	ted	1.3	minutos
Tiempo traslado y posicionamiento	ttp	2	minutos

Longitud del tubo	Ltu	2.0	m
Explosivo principal	Tipo	Amonita No. 4	
Densidad del explosivo principal	D	0.95	kg/dm <sup>3</sup>
Densidad del explosivo de fondo	Df	0.95	kg/dm <sup>3</sup>
Consumo específico de explosivo	q	0.40	kg/m <sup>3</sup>
Velocidad de detonación	Vdet	3500.00	m/s
Volumen de gases	Vgas	958.00	l/kg
Horas en un turno	t	8.0	horas
Número de turno al día	nt	1	turnos
Días laborables al año	dl	96	días
Peso volumétrico	$\gamma$	1.72	t/m <sup>3</sup>
Potencia del compresor	P	105	hp

Tabla. 8 Metodología para el cálculo del pasaporte de perforación y voladura

<b>Perforación</b>			
Diámetro de perforación	d	$= (5-10) * H$	mm
Coef. de aproxim. de los taladros inclinados	n'	$= n * \text{sena}$	
Longitud del taladro según inclinación	L	$= H / \text{sena}$	m
Línea de menor resistencia	R	$= (25 - 40) d$	m
Extraperforación	e	$= (0.3-0.4) * R$	m
Longitud total del taladro	Lt	$= H / (\text{sena}) + e$	m
Distancia entre taladros	E	$= 1.25 * R$	m
Distancia entre filas de taladros	Ef	$= R$	m
Volumen desprendido por metro de taladro	Vmt	$= H * E * R / Lt$	m <sup>3</sup> /m
Volumen desprendido por un taladro	Vt	$= Lt * Vmt$	m <sup>3</sup> /tal.
Perforación específica	s	$= 1 / Vmt$	m/m <sup>3</sup>
<b>Carga</b>			
Longitud de relleno	Lr	$= R$	m

Longitud de carga del taladro	Lc	=Lt-Lr	m
Carga por metro para fondo	pf	=(Df*d2)/1275	kg/m
Carga por metro para columna	pc	=(D*d2)/1275	kg/m
Altura de la carga de fondo	hf	=R+e	m
Altura de la carga de columna	hc	=Lt-hf-R	m
Cantidad de carga de fondo	Qf	=pf*hf	kg
Cantidad de carga de columna	Qc	=pc*hc	kg
Cantidad de carga del taladro	Qt	=Qf+Qc	kg
Consumo específico de carga	q	=Qt/Vt	kg/m <sup>3</sup>

Tabla. 9 Resultados del cálculo:

**Perforación**

Diámetro de perforación	d	80.0
Coef. De aproxim. De los taladros inclinados	n'	0.8
Longitud del taladro según inclinación	L	10.4
Línea de menor resistencia	R	3.0
Extraperforación	e	1.0
Longitud total del taladro	Lt	11.4
Distancia entre taladros	E	3.7
Distancia entre filas de taladros	Ef	3.0
Volumen desprendido por metro de taladro	Vmt	9.7
Volumen desprendido por un taladro	Vt	110.6
Perforación específica	s	0.1
<b>Carga</b>		
Longitud del relleno	Lr	3.0
Longitud de carga del taladro	Lc	8.4
Carga por metro para fondo	pf	5.4
Carga por metro para columna	pc	5.4
Altura de la carga de fondo	hf	4

Altura de la carga de columna	hc	4.4
Cantidad de carga de fondo	Qf	21.6
Cantidad de carga de columna	Qc	23.7
Cantidad de carga del taladro	Qt	45.3
Consumo específico de carga	q	0.4

Tabla. 10 Datos técnicos básicos para el cálculo del pasaporte de perforación y voladuras de la caliza dura.

Altura de banco	H	10	m
Inclinación de la perforación	a	75	grados
Diámetro de perforación	d	85	mm
Coefficiente aproximación de los taladros	n	0.83	
Extracción de mineral al año	W	32843	m <sup>3</sup> /año
Volumen de arranque con explosivos	Aa	8646	m <sup>3</sup> /año
Velocidad de perforación	Vp	0.15	m/minuto
Tiempo emboquillado y desemboquillado	ted	1.3	minutos
Tiempo traslado y posicionamiento	ttp	2	minutos
Longitud del tubo	Ltu	2.0	m
Explosivo principal	Tipo	Amonita No. 4	
Densidad del explosivo principal	D	0.95	kg/dm <sup>3</sup>
Densidad del explosivo de fondo	Df	0.95	kg/dm <sup>3</sup>
Consumo específico de explosivo	q	0.30	kg/m <sup>3</sup>
Velocidad de detonación	Vdet	3500.00	m/s
Volumen de gases	Vgas	958.00	l/kg
Horas en un turno	t	8.0	horas
Número de turno al día	nt	1	turnos

Días laborables al año	dl	96	días
Peso volumétrico	$\gamma$	1.83	t/m <sup>3</sup>
Potencia del compresor	P	105	hp

Tabla. 11 Resultados del cálculo:

**Perforación**

Diámetro de perforación	d	80.0
Coef. De aproxim. De los taladros inclinados	n'	0.8
Longitud del taladro según inclinación	L	10.4
Línea de menor resistencia	R	2.55
Extraperforación	e	0.9
Longitud total del taladro	Lt	11.3
Distancia entre taladros	E	3.2
Distancia entre filas de taladros	Ef	2.55
Volumen desprendido por metro de taladro	Vmt	7.2
Volumen desprendido por un taladro	Vt	81.3
Perforación específica	s	0.1
<b>Carga.</b>		
Longitud del relleno	Lr	2.55
Longitud de carga del taladro	Lc	8.7
Carga por metro para fondo	pf	5.4
Carga por metro para columna	pc	5.4
Altura de la carga de fondo	hf	3.45
Altura de la carga de columna	hc	5.4
Cantidad de carga de fondo	Qf	18.36
Cantidad de carga de columna	Qc	29.16
Cantidad de carga del taladro	Qt	47.52
Consumo específico de carga	q	0.6

El diámetro de perforación se selecciona en dependencia de la altura del banco o escalón. Para bancos con 10 metros de altura los diámetros de perforación están entre los 50 milímetros y 100 milímetros.

Perforación de taladros con diámetro de 85 mm, con una inclinación que deberá estar entre los 80° y 75° y se dispondrán al tresbolillo, para buscar una mejor y uniforme fragmentación del material.

Según la tarea técnica se utilizará la amonita como sustancia explosiva, utilizando cordón detonante y detonadores eléctricos con series de retardo.

La carga de los taladros estará conformada por una carga de columna y una carga de fondo. Para el relleno o taco del barreno después de cargado, se usará el polvo de la perforación. Tanto la carga como el relleno, deben ser bien atacadas para que se logre una buena densidad y resistencia respectivamente.

El volumen de material sobre medida, no deberá ser mayor al 5% del volumen total arrancado. El material de sobre medida, será separado del frente y acumulado para que posteriormente sea fragmentado con voladura secundaria o con un martillo rompedor hidráulico.

Se utilizarán detonadores microrretardados para garantizar uniformidad de fragmentación y la disminución de las vibraciones del terreno.

Se propone el orden de encendido de los barrenos de acuerdo a la dirección que se quiera lograr en la voladura, con el objetivo de garantizar para cada barreno una rotura perfectamente libre.

Tabla. 12 Características de las voladuras

<b>PARAMETROS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UM</b>
Volumen de arranque por voladuras	1642	m3
Taladros por voladuras	15	taladros
Cantidad de explosivos por voladuras	682	kg
Cantidad de voladuras al año	20	voladuras

Tiempo entre voladuras	5	días
------------------------	---	------

Tabla. 13 Las distancias de seguridad calculada de acuerdo a la realización de la voladura:

PARAMETROS	VALOR	UM
Para la acción sísmica	21	m
Para la onda expansiva s/construcciones	784	m
Para la onda expansiva s/hombre	129	m

El pasaporte de perforación y voladuras calculado, representa el patrón a partir del cual se le realizarán los ajustes necesarios, en dependencia de los resultados obtenidos de su ejecución en la práctica con la finalidad de lograr el pasaporte óptimo de la mina. Cada parámetro que varíe, implicará resultados diferentes. A continuación se muestra como queda conformado el dicho patrón.

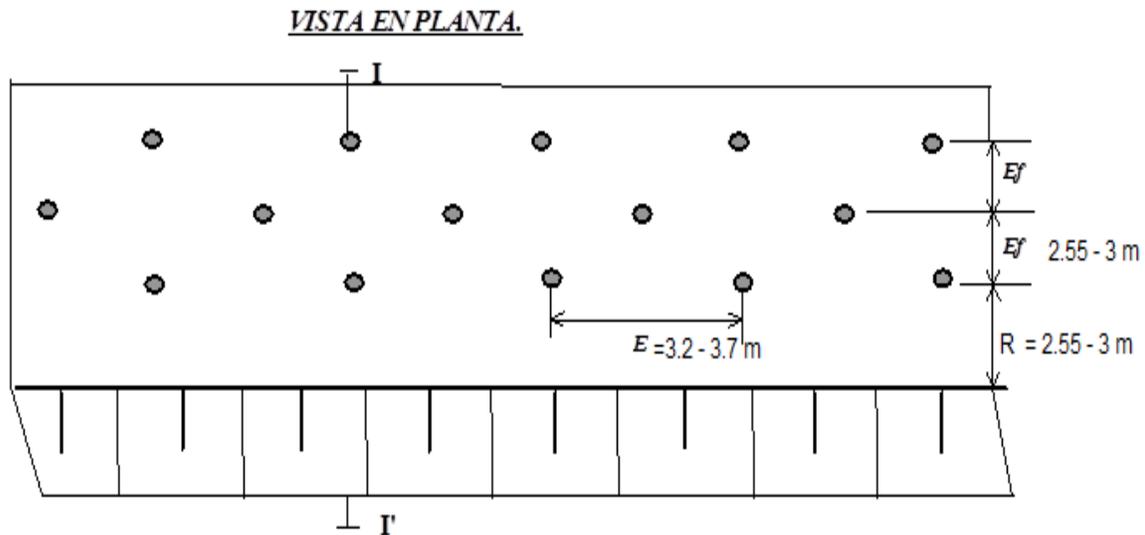


Figura 12. Vista en planta de la distribución de los taladros

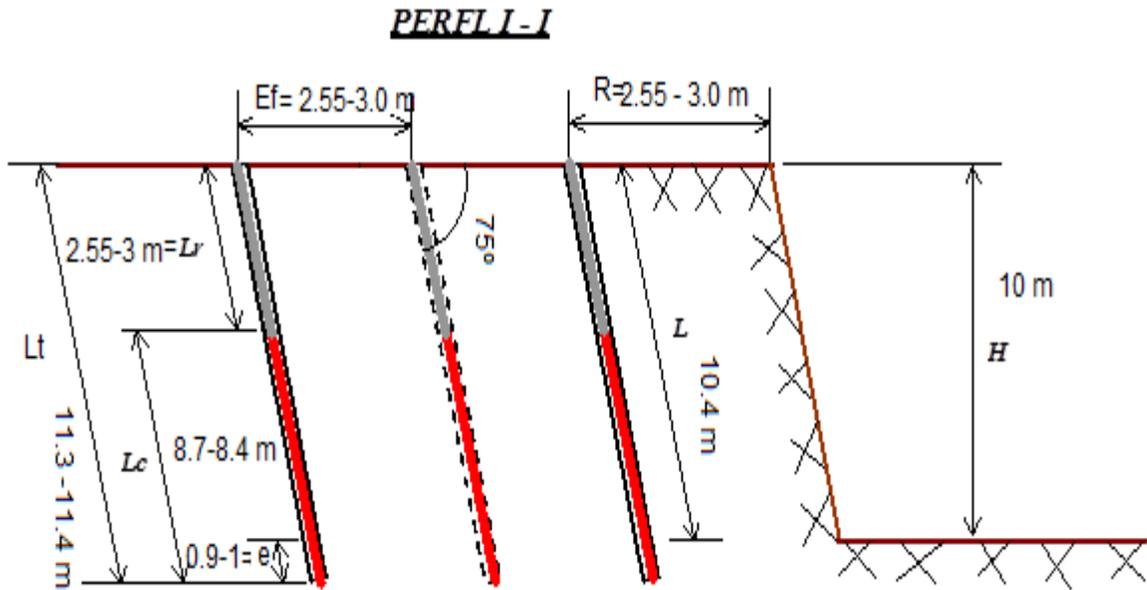


Figura 13. Perfil longitudinal del patrón de voladura

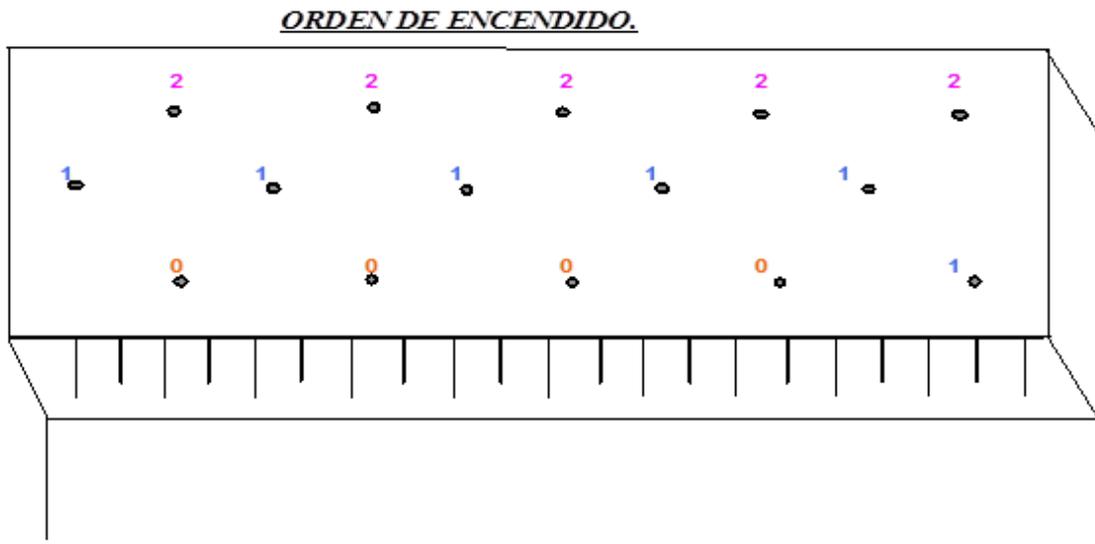


Figura 14. Orden de salida de los taladros

### Cálculo de la perforadora.

Se perfora según el pasaporte de perforación, en el cual se establece la ubicación, la inclinación, profundidad y cantidad de perforaciones a efectuar, para hacer arranque con cargas explosivas.

El volumen de operación que se considera en el cálculo es la masa minera del año

El ciclo de operación de la perforadora será:

- Emboquillado.
- Perforación.
- Desemboquillado.
- Traslado y posicionamiento.

Tabla. 14 Datos para calcular los parámetros de operación.

Denominación	Símbolo	Valor	U.M.
Volumen de extracción.	W	342	m <sup>3</sup> /turno
		32841	m <sup>3</sup> /año
Altura promedio de banco.	H	10	m
Longitud del taladro.	L <sub>T</sub>	11.39	m
Metros de perforación necesarios.	Mp	3561	ml
Volumen desprendido por taladro.	V <sub>1</sub>	110.63	m <sup>3</sup>
Tiempos de traslado.	T <sub>tr</sub>	1.2	minutos
Tiempo de posicionamiento.	T <sub>pos</sub>	0.8	minutos
Tiempo de emboquillado.	T <sub>em</sub>	0.8	minutos
Tiempo de desemboquillado.	T <sub>des</sub>	0.5	minutos
Velocidad de perforación.	V <sub>pe</sub>	0.17	m/minuto
Longitud de un tubo.	l <sub>tu</sub>	2	m
Horas efectivas del turno.	T	6.4	horas
Cantidad de turnos.	N	1	turnos
Días efectivos al año.	De	96	días
Potencia del motor	Po	105	hp
Peso volumétrico	γ	1.83	t/m <sup>3</sup>

Tabla. 15 Metodología de cálculo de la perforadora

Tiempo de traslado y posicionamiento.	Ttp	=Ttr+Tpos	minutos
Tiempo de emboquillado p/taladro.	Tet	=Tem*(Ctu-1)	minutos
Tiempo de desemboquillado p/taladro.	Tdt	=Tpos*(Ctu-1)	minutos
Tiempo de perforación de un taladro.	Tpt	=Ttp+Tet+Tdt+(Lt/(Vpe/60))	minutos
Cantidad de tubos p/taladro.	Ctu	=L <sub>T</sub> /ltu	unidades
Capacidad de perforación.	Cp	=Tpt/60	tal./hora
		=Cp*t	tal./turno
Cantidad de taladros necesarios al año.	Ctal	=Mp/Lt	tal./año
Perforación específica.	s	=(1/(V <sub>1</sub> /Lt))	m/m <sup>3</sup>
Productividad de Perforadora.	Pp	=Vpe*t	m/turno
		=Vpe*t*n	m/día
		=Vpe*t*n*de	m/año
Perforadoras necesarias.	Nper	=Mp/Pp	unidades
Coeficiente de utilización.	Ku	=Nper*100	%
Horas de operación al año.	Top	=(Ctal*(Tpt/60))	horas/año

Tabla. 16 Parámetros técnicos calculados

Tiempo de traslado y posicionamiento.	2	minutos
Tiempo de emboquillado p/taladro.	3.76	minutos
Tiempo de desemboquillado p/taladro.	2.35	minutos

Tiempo de perforación de un taladro.	75.10	minutos
Cantidad de tubos p/taladro.	6	unidades
Capacidad de perforación por taladro.	1.25	tal./hora
	8.01	tal./turno
Cantidad de taladros al año	313	tal./año
Perforación especifica.	0.103	m/m <sup>3</sup>
Productividad de Perforadora.	65.3	m/día
	6266.9	m/año
Perforadoras necesarias.	1	unidad
Coeficiente de utilización.	56.8	%
Horas de operación al año.	391	horas

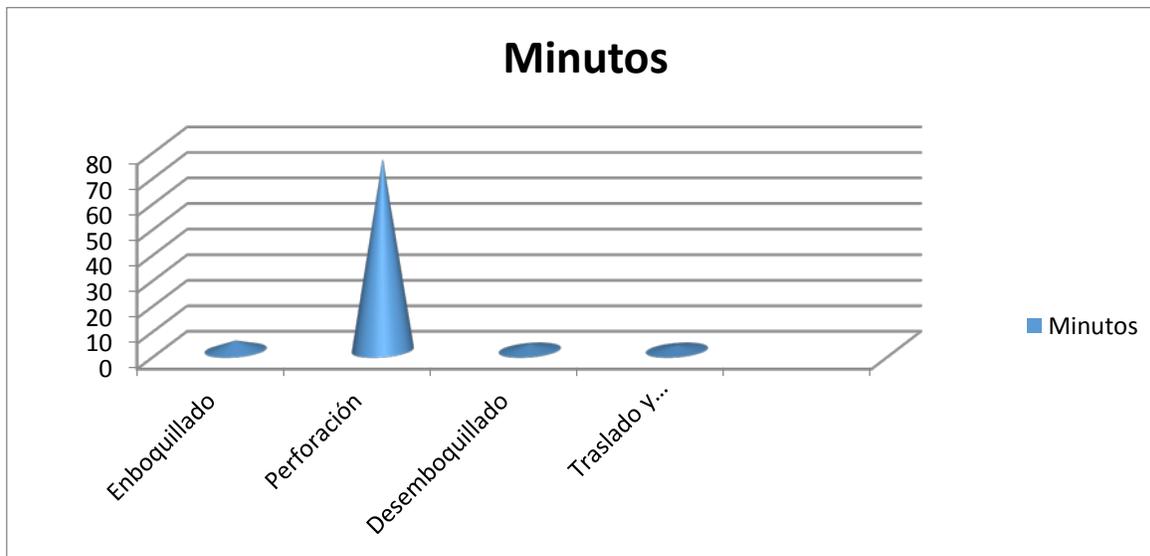


Figura 15. Ciclo de operación de la perforadora

### 2. 3. d Carga y transporte del mineral

La carga y apilado del material arrancado, se hará con un cargador frontal sobre neumáticos (CALSA de 1.5 m<sup>3</sup> de capacidad) el cual descargará en un camión de

volteo. El cargador garantiza una mayor operatividad durante la explotación de la mina.

### Transporte

Para trasladar el material se usará camión de volteo (KRAZ-256 con 10 t de capacidad). Los puntos de transporte para el traslado de material:

- Mina - Planta de proceso

La distancia de tiro promedio general, teniendo en cuenta la longitud de las minas diseñadas (505 y 478 metros), así como la distancia entre ellas y la planta (aproximadamente 2 kilómetros), será de 2492 metros.

### Régimen de trabajo

De acuerdo al equipamiento minero existente y en dependencia de las operaciones necesarias para la extracción y los volúmenes de material a mover, el régimen de trabajo se establece de la siguiente manera:

- Días calendarios..... 120
- Domingos..... 16
- Sábados..... 8
- Días efectivos al año..... 96
- Turnos al día..... 1
- Horas del turno..... 8
- Horas efectivas del turno..... 6.4
- Horas efectivas al año..... 614.4
- Aprovechamiento del turno %..... 80

### Régimen de producción.

- Demanda anual.....60000 t; 32841m<sup>3</sup>
- Producción diaria.....625 t; 342m<sup>3</sup>

- Producción horaria.....78 ton; 43m<sup>3</sup>

Planificación minera.

El plan de extracción de la mina se diseña para 5 años.

Los trabajos de extracción para estos 5 primeros años de explotación se efectuarán fundamentalmente en los niveles +250, +240. En la planificación anual de la extracción se prevén las áreas de donde se propone realizar la extracción por bloques, los cuales coinciden en tamaño con la Unidad de Selección Minera (USM), determinada en el cálculo de los recursos, o sea, en bloques de 20x20x10m. Esto permite realizar la explotación de forma selectiva, garantizando la calidad del material a extraer. Permite a su vez seleccionar en cada área señalada para la explotación por años la apertura de tantos frentes como cantidad y calidad se requiera en la extracción mensual a planificar.

En estos 5 años se trazará un plan calendario que quedará conformado de la siguiente forma. Se mostraran en 2 planos diferentes porque el trabajo en 2 en distintos niveles no permite una visión clara de la explotación en las áreas seleccionadas.

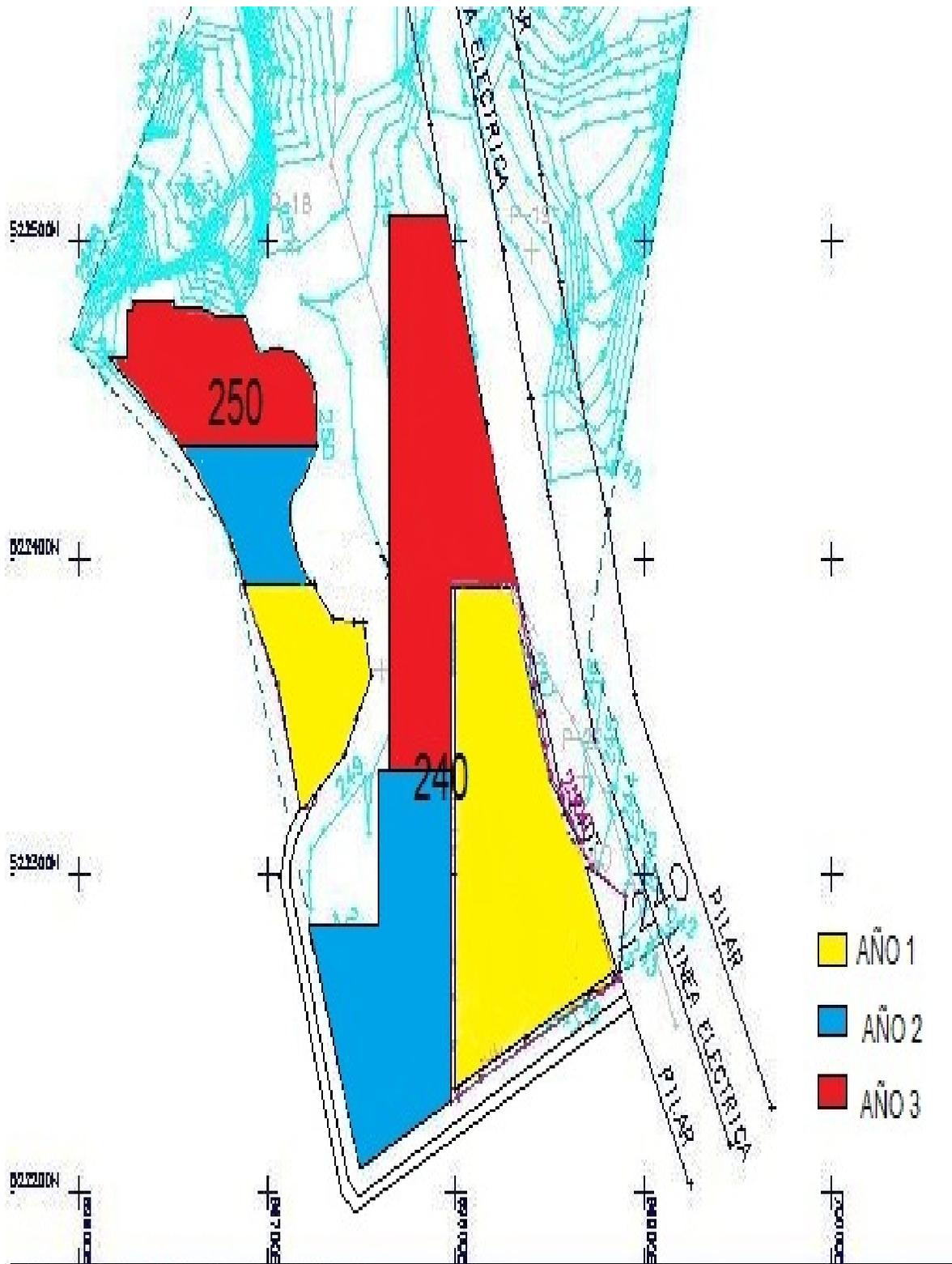


Figura 16. Plan calendario de la mina para los 3 primeros años



### Cálculo de cargador

La actividad en que operará el cargador será en la carga de material arrancado.

El ciclo de operación del cargador será:

- Carga de material.
- Maniobras para descargar.
- Descarga.
- Maniobras para cargar.

Los datos para realizar el cálculo de los parámetros básicos de operación del cargador, son:

Tabla No. 17 Datos para realizar el cálculo de los parámetros básicos de operación del cargador

Denominación	Simb.	Valor	U.M
Capacidad de la cuchara del equipo	E	1.5	m <sup>3</sup>
Coeficiente de llenado de la cuchara	K	0.85	s/u
Minutos en una hora	T	60	minutos/h
Tiempo del ciclo del equipo	t <sub>c</sub>	0.40	minutos
Coeficiente de esponjamiento	Ke	1.4	s/u
Tiempo del turno de trabajo	t	8	horas
Coeficiente de aprovechamiento del turno	Ka	0.80	s/u
Coeficiente de aprovech.de la excavación	Kex	0.9	s/u
Extracción diaria en Mina	W	342	m <sup>3</sup> /día
Coeficiente de irregularidad del transporte	Ki	1.10	s/u
Cantidad de turnos al día	n	1	turnos
Días laborables al año	dl	96	días

Potencia del motor	Po	110	hp
Volumen total	V <sub>T</sub>	32841	m <sup>3</sup>
Peso volumétrico	γ	1.83	t/m <sup>3</sup>

Tabla. 18 Metodología de cálculo para el cargador

Productividad horaria	Qh	$= (E * T * K) / (t_c * K_e * K_{ex})$	m <sup>3</sup> /h
Productividad por turno	Qt	$= Qh * t * K_a$	m <sup>3</sup> /tur
Productividad diaria	Qd	$= Qt * n$	m <sup>3</sup> /dia
Cantidad de equipos de carga necesarios	C <sub>E</sub>	$= W_d * K_i / Q_d$	u
Coeficiente de utilización del equipo	Ku	$= W_d / Q_d$	s/u
Horas de operación totales requeridas	Top	$= W_d / Q_h$	h
Consumo de combustible	Ccom.	$((P_o * q_e * k_{uv}) / f) * T_{op}$	litros
Consumo de grasas	Gr	$= 3\% C_{com.}$	kg
Consumo de lubricantes	Lu	$= 5\% C_{com.}$	litros
Consumo de neumáticos	Neu	$= T_{op} / 3500$	juegos

Tabla. 19 Parámetros de operación para la actividad de carga con cargador

Denominación	Valor	U.M.
Tiempo del ciclo de operación	0.40	minutos

Productividad horaria	151.8	m <sup>3</sup> /h
Productividad turno	971.4	m <sup>3</sup> /turno
Productividad diaria	971.4	m <sup>3</sup> /día
Horas de operación requeridas	226	horas
Cantidad de equipos de carga necesarios	1	unidades
Utilización del equipo	35	%

Tabla. 20 Según la planificación minera:

PARAMETROS / AÑOS	1	2	3	4	5
Horas de operación totales requeridas	226	225	226	226	226
Utilización del equipo en 1 turno %	35	35	35	35	35
Cantidad de equipos necesarios	1	1	1	1	1

### Cálculo de los camiones

En la actividad de transporte del material extraído operarán dos camiones de volteo, el cual trasladará el material de la mina a la planta de proceso.

El ciclo de operación del camión será el siguiente:

- Carga del camión.
- Traslado del camión lleno.
- Maniobras para la descarga.
- Descarga.
- Traslado del camión vacío.
- Maniobras para la carga.

Tabla. 21 Datos para realizar el cálculo de los parámetros básicos de operación del transporte

PARAMETROS	SIMBOLO	VALOR	UM
Capacidad del camión	c	8	m <sup>3</sup>
	q	10	t
Tiempo del ciclo del cargador	tc	0.4	minutos
Coeficiente de esponjamiento	Ke	1.4	s/u
Capacidad de cuchara del cargador	E	1.5	m <sup>3</sup>
Coeficiente de llenado de la cuchara	K	0.85	s/u
Peso volumétrico del material	$\gamma$	1.83	t/m <sup>3</sup>
Distancia de transportación	D	2.3	km
Velocidad del camión cargado	V1	45	km/h
Velocidad del camión vacío	V2	55	km/h
Coeficiente de irregularidad del transporte	Ki	1.1	s/u
Tiempo del turno de trabajo	t	8	h
Coeficiente de aprovechamiento del tiempo	Ka	0.80	s/u
Extracción diaria en Mina	W	625	t/día
Coeficiente de preparación técnica	s	0.63	s/u
Pérdidas de tiempo inevitables	u	1.5	minutos
Tiempo de descarga del camión	T3	0.75	minutos
Tiempo de maniobra para carga y descarga	T4	1	minutos
Cantidad de turnos al día	n	1	turnos
Días laborables al año	dl	96	días
Potencia del motor	Po	240	hp

Tabla No. 22 Metodología para el cálculo de los parámetros básicos de operación del transporte

Tiempo de carga del camión	<b>T<sub>c</sub></b>				
Según capacidad en m <sup>3</sup>				$= (c \cdot t_c) / (0.9 \cdot E \cdot K)$	min.
Según capacidad en toneladas				$= (q \cdot t_c \cdot K_e) / (0.9 \cdot E \cdot K \cdot g)$	min.
Tiempo de recorrido cargado y vacío	<b>T<sub>1</sub> + T<sub>2</sub></b>	$= ((60 \cdot D / V_1) + (60 \cdot D / V_2)) \cdot K_i$	min.		
Tiempo de viaje de un camión	<b>T<sub>v</sub></b>	$= T_c + T_1 + T_2 + T_3 + T_4$	min.		
Cantidad de cucharones para llenar un camión	<b>C<sub>u</sub></b>	$= (q \cdot K_e) / (K \cdot E \cdot g)$	cuchar.		
Coefficiente de utilización de cama del camión	<b>K<sub>u</sub></b>	$= (K \cdot C_u \cdot (g / K_e) \cdot E) / q$	s/u		
Productividad técnica del camión	<b>Q<sub>t</sub></b>	$= q \cdot K_u \cdot (60 \cdot t / T_v)$	t/turnos		
Productividad de explotación del camión	<b>Q<sub>e</sub></b>	$= Q_t \cdot K_a$	t/turnos		
Camiones necesarios en producción	<b>N<sub>t</sub></b>	$= (W_d \cdot K_i) / (n \cdot Q_e)$	camiones		
Parque de camiones	<b>N<sub>p</sub></b>	$= N_t / s$	camiones		
Cantidad de viajes al año por camión	<b>v</b>	$= (t \cdot K_a \cdot d_l) / T_v$	viajes/año		
Kilómetros totales recorridos al año	<b>K<sub>m</sub></b>	$= 2 \cdot D \cdot v \cdot N_t$	km/año		
Productividad por kilómetro recorrido	<b>P<sub>k</sub></b>	$= (W_d \cdot d_l) / K_m$	t/km		
Tiempo productivo por camión	<b>T<sub>p</sub></b>	$= (T_v / (T_v + u)) \cdot 60$	min./hora		
Rendimiento por camión	<b>R</b>	$= (q \cdot T_p) / T_v$	t/hora		
		$= (c \cdot T_p) / T_v$	m <sup>3</sup> /hora		
Horas de operación totales requeridas	<b>T<sub>o</sub></b>	$= (W_d \cdot d_l) / (R \cdot N_t)$	horas		
Neumáticos	<b>Neu</b>	$= T_o / 4500$	juegos		

Tabla. 23 Parámetros básicos para el transporte

Denominación	Valor	U.M.
- Tiempo de carga del camión	2.67	minutos
- Tiempo de recorrido cargado y vacío	6	minutos
- Tiempo de descarga del camión	0.75	minutos
- Tiempo de maniobra para la carga y descarga	1	minutos
- Tiempo de viaje de un camión	10.42	minutos
Cantidad de cucharones para llenar un camión	6	cucharas
- Tiempo productivo por camión	52.44	min./hora
- Coeficiente de utilización de cama del camión	1	s/u
- Productividad técnica del camión	461.5	t/turno
- Productividad de explotación del camión	369.2	t/turno
- Extracción diaria en Mina	625	t/día
- Cantidad de camiones necesarios en producción	2.1	camiones
- Parque de camiones	3.3	camiones
- Cantidad de viajes al año por camión	3614	viajes/año
- Kilómetros totales recorridos al año	33249	km./año
- Productividad por kilometro recorrido	1.80	t/Km.
- Rendimiento por camión	50.32	t/hora
	40.26	m <sup>3</sup> /hora
- Aprovechamiento del equipo	90	%
- Horas de operación totales requeridas	596	horas

Tabla. 24 Calculado para la planificación minera realizada:

PARAMETROS / AÑOS	1	2	3	4	5
-Cantidad de camiones necesarios en producción	2	2	2	2	2
-Kilómetros totales recorridos al año (Km)	33249	33249	33249	33249	33249
-Rendimiento por camión (t/h)	50.32	50.32	50.32	50.32	50.32
-Horas de operación totales requeridas (h)	596	596	596	596	596
-Aprovechamiento del equipo %	117	120	119	121	121

Tabla. 25 Equipamiento necesario para la extracción

N <sub>o</sub>	Equipo	Cantidad
1	Bulldozer T-100	1(auxiliar)
2	Perforadora BB – AS (85 mm)	1
3	Cargador CALSA (1.5 m <sup>3</sup> )	1
4	Camión KRAZ 256 (10 t)	2

## **CAPITULO III. COSTOS DE OPERACIONES, AFECTACIONES AMBIENTALES Y SEGURIDAD E HINGIENE DEL TRABAJO**

### **3.1 Valoración económica**

En este acápite se hace una estimación de costos y gastos en los cuales se incurrirá para llevar a cabo la explotación de la cantera teniendo en cuenta la perforación y voladura, carga y transporte, mantenimiento y neumáticos.

### **3.2 Categorización de los gastos**

Los gastos se dividen en 2 grupos:

- Gastos directos
- Gastos indirectos.

Los gastos directos están relacionados de manera directa y estrechamente con la producción. Se categorizarán de acuerdo a su origen, es decir a partir de cada proceso tecnológico principal. Gastos en las labores de destape, desbroce, carga y transporte del material.

Los gastos indirectos no están directamente relacionados con la producción, son los gastos originados por planificación, servicios legales, investigación, impuestos entre otros.

### **3.3 Gastos directos para la explotación**

El gasto de salario incluye todos los gastos relacionados con el pago de la mano de obra necesaria para cada una de las operaciones. El consumo de combustible fue calculado teniendo en cuenta el consumo horario de cada equipo. El cálculo de gasto por neumáticos y por mantenimiento se realiza teniendo en cuenta sistema de gestión de costos de la empresa de Canteras.

#### **Gastos originados por los trabajos de perforación y voladura**

Estos trabajos son realizados por Explomat, la Empresa de Servicios Minero Geólogo, el costo del servicio es de 5,01 por m<sup>3</sup> de roca volada, entonces se

puede determinar que para un volumen de 44 869 m<sup>3</sup> de roca in situ el gasto total es de:

**Gastos originados por la perforación y voladura**

$$G_{pv} = V_{roca} \times 5,01$$

$$G_{pv} = 44\ 869 \times 5,01$$

$$G_{pv} = \$224793.69$$

**Gastos originados por la carga y transporte**

Tabla. 26 Gastos por concepto de salario G<sub>s</sub>

Puesto de trabajo	Cantidad Operadores	Salario mensual (\$/mes)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario total (\$)
Operario del cargador	1	362	4	1448
Operario del Buldócer	1	362	4	1448
Operario del camión	2	362	4	2896
<b>Total</b>	<b>4</b>			<b>5792</b>

Tabla. 27 Gastos por concepto de combustible G<sub>c</sub>

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo horario (l/hora)	Horas Operación	Precio del litro (US\$)	Costo total
Cargador	1	20	226	0.87	3932.4

Buldócer	1	25	190	0,87	4132.5
Camión	2	10	596	0,87	10370
<b>Total</b>	<b>4</b>				<b>18434.9</b>

**Gastos durante la carga y transporte**

$$G_{ct} = G_s + G_c$$

$$G_{ct} = 5792 + 18434.9$$

$$G_{ct} = \$24226.9$$

**Gastos totales originados consumo de neumáticos**

Tabla. 28 Gastos totales por concepto de neumático Gn

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo de neumático al año (U)	Costo de neumático(US\$)	Costo total
Cargador	1	4	5.000	20000
Camión	2	0	500	0
<b>Total</b>				<b>20000</b>

**Gastos totales por consumo de neumático**

$$G_n = \$ 20.000$$

### Gastos totales originados mantenimiento

Tabla. 29 Gastos totales por concepto de mantenimiento Gm

Equipos	Cantidad Equipos	Horas Operación	Costo por hora	Costo total
Bulldócer	1	190	10,62	2017.8
Cargador	1	226	9,65	2180.9
Camión	2	596	10,57	12599.44
<b>Total</b>				<b>16798</b>

### Gastos directos generales

$$G_d = G_{ct} + G_{pv} + G_n + G_m$$

$$G_d = 24226.9 + 224793.69 + 20000 + 16798$$

$$G_d = \$ 285818.6$$

### Gastos indirectos de la variante de apertura

$$G_i = G_d \times 0.12$$

$$G_i = 285818.6 \times 0.12$$

$$G_i = \$ 34298.2$$

### Gastos totales de la variante de apertura

$$G_t = G_d + G_i$$

$$G_t = 285818.6 + 34298.2$$

$$G_t = \$ 320116.8$$

**Costo por metro cubico de roca extraída**

$$C_{me} = \frac{Gt}{V} = 7.1 \text{ \$/m}^3$$

V- volumen a extraer (44869 m<sup>3</sup>)

Tabla. 30 Costo por metro cúbico de roca extraída en los 5 años

Años	1	2	3	4	5
C <sub>me</sub> \\$/m <sup>3</sup>	7.1	7.01	7.01	7.01	7.01

**3. 4 Protección del medio**

La actividad minera genera cambios y la destrucción parcial o total de ciertos ecosistemas por lo que se hace necesario restablecer el equilibrio ecológico y evitar o disminuir así, las pérdidas económicas.

Teniendo en cuenta la organización de los trabajos de rehabilitación del medio ambiente y que estamos en una zona donde se desarrolla el turismo, trataremos de minimizar el impacto que las labores mineras producen en el medio y por ello es preciso que la realización de la apertura y el tiro de mineral se realice como propuesto en este proyecto. Esto garantiza que la zona Norte por la cual se realiza el movimiento turístico permanezca inalterada.

Se recomienda como estrategia para el cierre de la mina, tener en cuenta la posibilidad de realizar la apertura a la cantera Oeste primero y realizar la explotación de la misma con una dirección Sur – Norte según lo establecido en el plan calendario, garantizando avances en los frentes de hasta 50 metros e ir profundizando en ella hasta la cota inferior del piso (+220 m) y hasta el estado final proyectado por la parte Sur, esto permitirá la utilización de la misma como depósito de escombros del futuro desarrollo de la cantera Este.

Con el propósito de mitigar el impacto en esta zona que será explotada hasta su liquidación, se prevee la compactación del material hasta un coeficiente de 1:1.2, en cuya superficie se verterá una capa de hasta 0.2 m de suelo, lo que permitirá la revegetación de esta área.

### 3. 5 Identificación de los principales impactos producidos por la explotación minera

Es necesario identificar y predecir los posibles impactos o alteraciones que se producen en el entorno de la Mina, para poder dictaminar los efectos y establecer las medidas que hagan posible la explotación minera, sin perjudicar o perjudicando lo mínimo posible al medio ambiente.

En el siguiente cuadro se identifican y predicen los posibles impactos producidos por la actividad minera en el yacimiento “Beluca”

Tabla. 31 Matriz de impactos ambientales

ACTIVIDADES MINERAS	ELEMENTOS AMBIENTALES											
	AIRE	RUIDO	AGUA SUPERF.	SUELO	VEGETACION	FAUNA	INUNDACION	EROSION	SEDIMENTAC.	VIBRACION	DRENAJE NATURAL	MORFOLOGIA Y PAISAJE
• Viales y Construcción.	X	X	X	X	X			X			X	X
• Arranque y Carga.	X	X	X		X	X				X		X
• Transporte y tráfico de maquinarias.	X	X	X		X	X		X				X
• Creación de huecos.			X	X	X	X		X			X	X
• Desagües y drenajes.			X						X			

### 3. 6 Medidas generales de protección y mitigación de impactos

Como medidas que puedan reducir, compensar y cambiar la condición del impacto producido en el yacimiento, se recomienda:

- Control del polvo generado por las operaciones de arranque, carga y transporte, se disminuirá mediante el riego de agua. También se puede

realizar la revegetación de áreas ya minadas, lo que funcionaría como un filtro no solo para el polvo, también para los gases emitidos por los equipos.

- Control de los daños sísmicos provocados por las voladuras utilizando los microrretardos y en casos extremos con voladuras de precorte para aislar el macizo e interrumpir la propagación de las ondas. Preparación de los pasaportes de perforación y voladuras idóneo para cada frente en específico atendiendo a las condiciones estructurales del macizo, tipos litológicos, propiedades físico – mecánicas, etc.
- Saneamiento y estabilización de taludes durante y después de la explotación.
- Se controlarán los parámetros de los taludes, que al llegar al límite final proyectado se explanarán y revegetarán para disminuir los efectos de la erosión, así como garantizar la estabilidad.
- Control de la erosión de los suelos y la contaminación de las aguas.

La revegetación garantiza:

- La restauración de la producción biológica del suelo.
- Reducción y control de la erosión.
- Estabilización de terrenos sin consolidar.
- Protección de los recursos hidráulicos.
- La integración paisajística.

Es importante llevar estas medidas a la práctica lo antes posible y así evitar impactos secundarios.

### **3. 7 Medidas generales de seguridad e higiene del trabajo**

Las canteras a desarrollar para la explotación del carbonato de calcio que se encuentra dentro de la concesión de explotación Beluca se realizará por los concesionarios, los cuales tienen en explotación la concesión para la explotación Colina, esta empresa tiene implantados los reglamentos de seguridad e higiene según lo establecido en la Ley y el reglamento de Minas, los que deben

mantenerse en vigor y realizar las actualizaciones pertinentes cuando se realicen otras labores no contempladas en dicho reglamento.

Debemos señalar la necesidad de realizar el cercado antes de comenzar los trabajos de la cantera con los letreros de prohibición de entrada al área de las canteras, señalamiento de peligro de acceso al área donde se realizarán voladuras y el trabajo con equipos pesados.

Durante la ejecución de los trabajos propios de la actividad minera (perforación, voladura, carga, transportación, etc.), se debe velar por el estricto cumplimiento de las normas de seguridad e higiene para cada una de ellos, según lo establecido en el “Reglamento de protección e higiene del trabajo y técnicas de seguridad de minas y canteras.”

## CONCLUSIONES

- La caracterización geólogo minera permitió determinar los parámetros técnico económico del sistema de explotación aplicable al yacimiento Beluca, así como al establecimiento de medidas correctoras que posibilitó minimizar el impacto ambiental generado por este método de explotación.
- A partir del cálculo económico, se pudo determinar el costo por metro cubico de roca extraída de 7.1 \$/m<sup>3</sup> ,valor el cual oscila dentro de la media que tiene la empresa de costos por metros cúbicos q es de 7 \$/m<sup>3</sup> a 7.8 \$/m<sup>3</sup>, por lo cual se considera rentable la explotación de este yacimiento con la aplicación del proyecto de explotación propuesto.
- Se realizó la actualización del proyecto de explotación lo que permitió garantizar la materia prima de carbonato de calcio para la planta de procesamiento por los próximos 5 años para satisfacer las demandas de empresas como: La fábrica de pintura Vitral, la fábrica de pienso animal, la fábrica de vidrio y la empresa farmacéutica etc.

## RECOMENDACIONES

- Por la importancia que tiene el yacimiento Beluca debido a las características tecnológicas del material presente en él se debe estudiar el yacimiento en profundidad.
- .Dada su importancia en la zona se le prestará especial atención a la actividad minera de perforación y voladuras.
- Control y saneamiento riguroso de los taludes de la mina.
- Poner en práctica el proyecto realizado.

## BIBLIOGRAFÍAS

- 1 Álvaro C.A. (2000). Situación actual de la explotación de canteras en el distrito Capital.
- 2 Bustillo M et al. (1997) Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras, Madrid.
- 3 Cesar A.P Diseño de voladura a cielo abierto. Manual.
- 4 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.
- 5 Estudios mineros del Perú S.A.C, Manual de Minería, Lima – Perú
- 6 Hernández A (2012). Propuesta del incremento de los recursos en el yacimiento Nieve morejón.
- 7 Herrera H.J (2007). Diseño de explotaciones de canteras.
- 8 Jatib, N. H. (2014). Procedimiento para la elección del método de arranque de las rocas en canteras para áridos. minería. Moa, ISMM.
- 9 Jimeno, C. L. (2006). Los áridos el recorrido de minerales,
- 10 Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Mediano Plazo en la Cantera Pífo
- 11 Otaño Noguel. J. (1998). Fragmentación de roca con explosivos. Editorial “Felix Varela”. La Habana.
- 12 Otaño Noguel. J. (2013). Nociones de Minería. Editorial “Felix Varela”. La Habana.
- 13 Polanco Ramón Almanza Conferencia de Métodos de apertura
- 14 Polanco Ramón Almanza Conferencia de Sistemas de explotaciones
- 15 Prasad D.L.R Open pit design and scheduling-IT solution for long term planning.
- 16 Proyect (2008). Proyecto de explotación del yacimiento no metálico Beluca.
- 17 Rathi P.D (2010) Open cast mine planning.
- 18 Tannant Dwayne D; Regensburg Bruce (2001). Gudelines for Mine Haul Road Design.
- 19 Urbina, F. P. O. (1994), Fundamentos de Laboreo de Minas, España.

20 Urbina, F. P. O. (2003). Diseño de explotaciones mineras.

21 Mc Kenzie Cameron. (2001). Manual de tronadura.

22 DynoConsult LatinAmerica. Seminario ULAEX (2005). Optimización de voladuras, Aplicación de metodologías y herramientas de ingeniería e instrumentación.



## ANEXOS

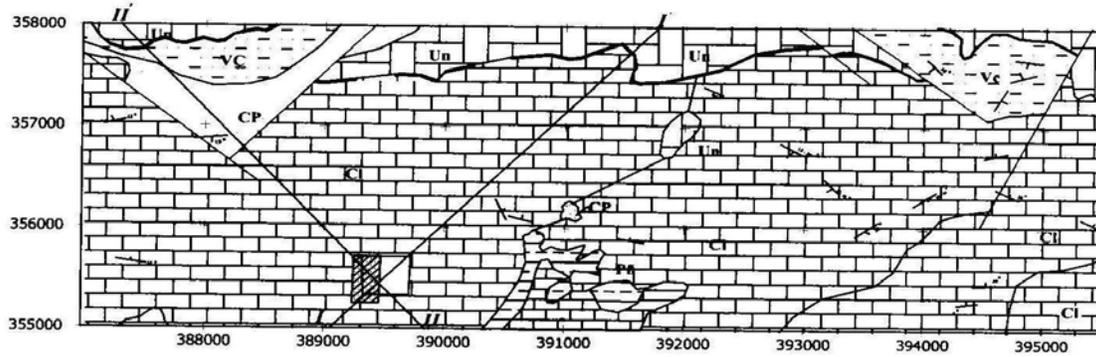
Anexo 1: Camión KRAZ 256 (10 t)



Anexo 2: Resultados de la composición química de la materia prima

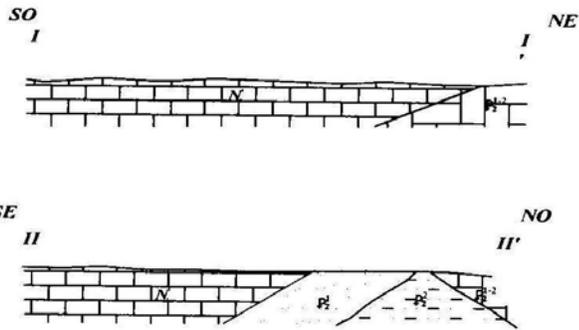
Elementos analizados	Promedio	Máximo	Mínimo	Coficiente de variación
Ca CO <sub>3</sub>	98.790	99.93	94.75	0.7765
Mg O	0.176	0.54	0.05	49.6900
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.518	0.77	0.01	50.9800
PPI	43.560	47.76	42.33	1.0700

Anexo 3: Corte geológico regional



**Corte Geológico Regional**

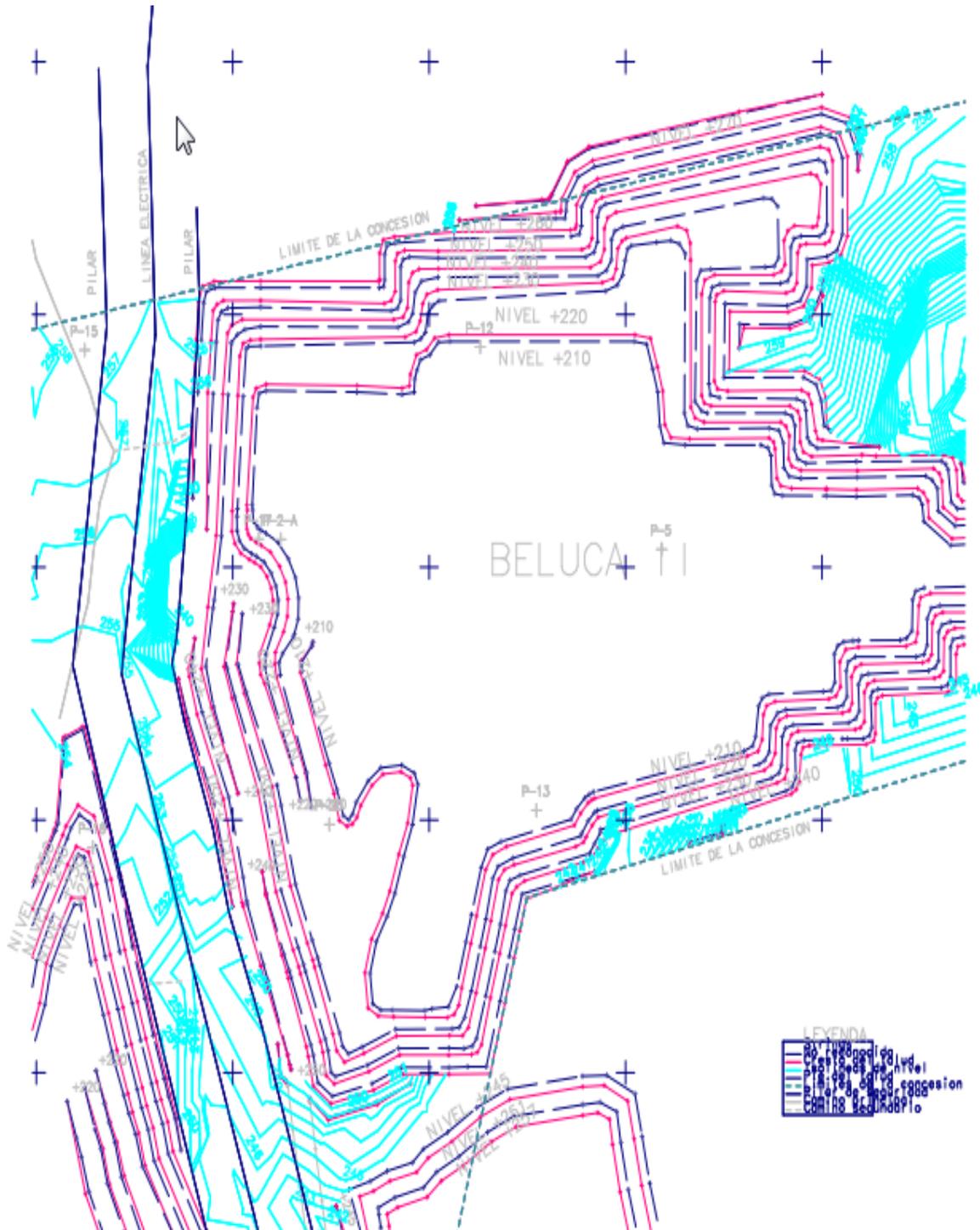
Ese 1: 50 000



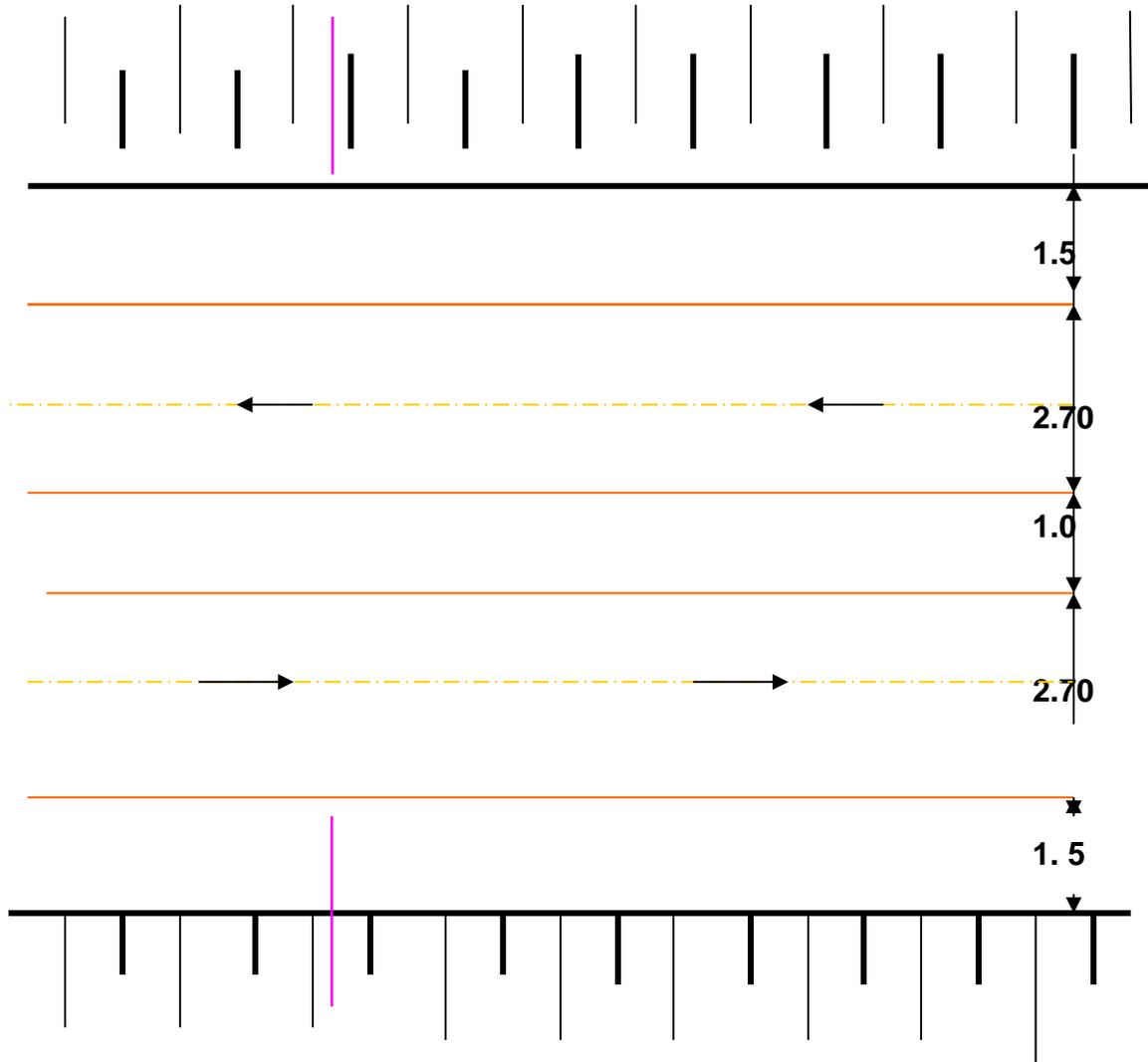
**LEYENDA**

	Fm. Colon Calizas organogenas detriticas.		Fm. Via Blanca depositos fischoidales, aleurolitas y areniscas.
	Fm. Via crucis Lutitas y aleurolitas.		Elementos de yacencia
	Fm. Universidad Margas calcareas y calizas margo - arcillosas.		Falla geologica.
	Fm. Capdevila Arenisca polimictica y argilitas y aleurolitas.		Area de la Prospeccion Detallada.
	Fm. Peñarver Areniscas de grano fino, gravelitas.		Area de la Exploracion Orientativa y Detallada.

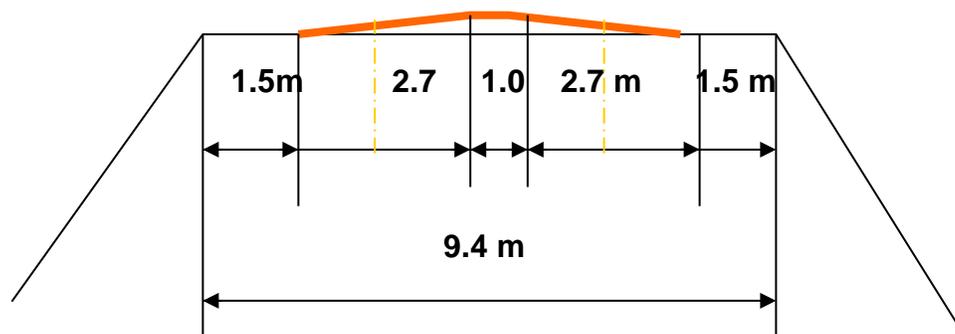
Anexo 4: Vista en planta del estado final de la cantera Beluca II



Anexo 5: Vista en planta del camino principal



Anexo 6: Parámetros constructivos de las vías de transporte

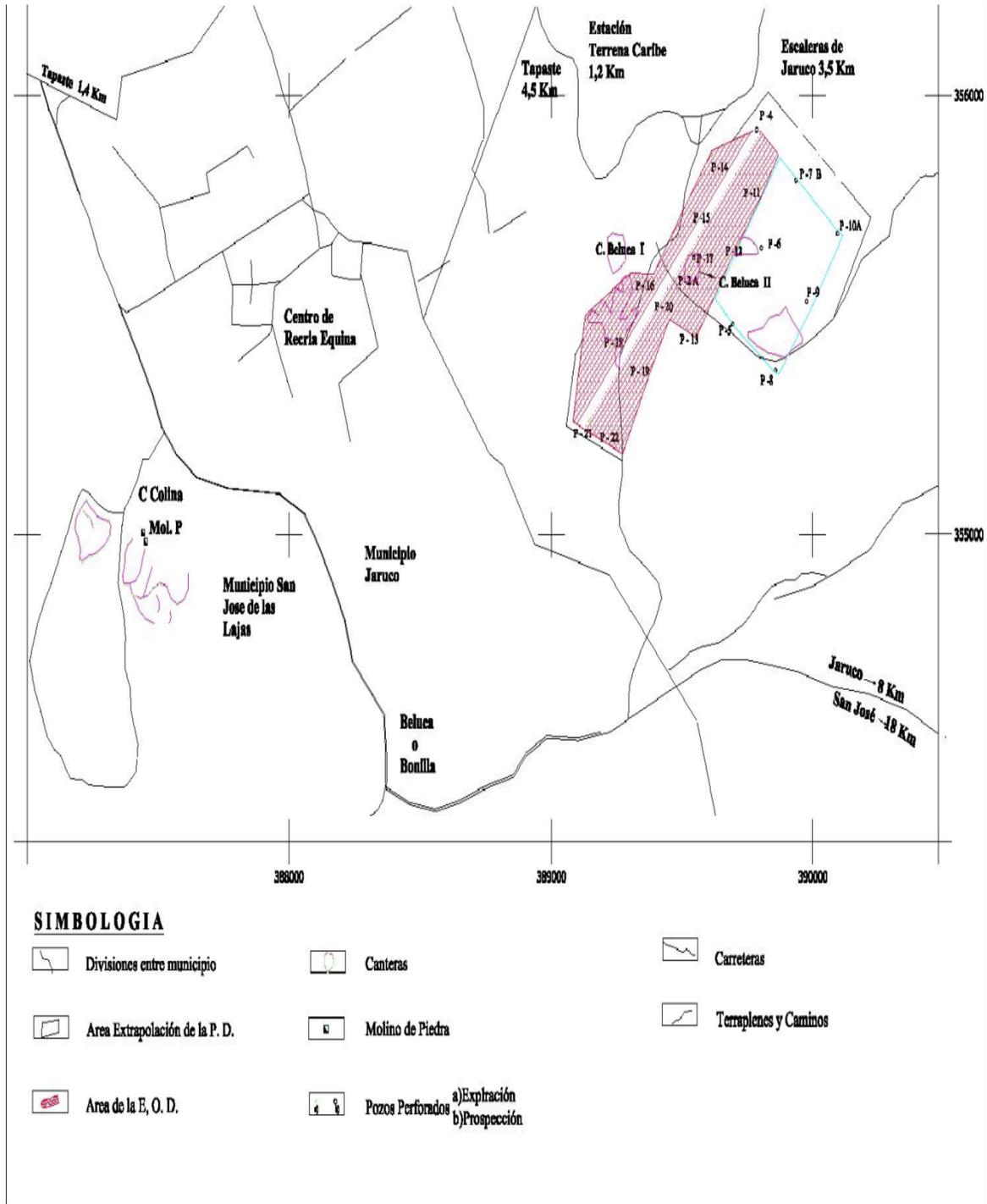


Anexo 7: Comparación la absorción en aceite y algunos contenidos químicos.  
(Proyect, 2018)

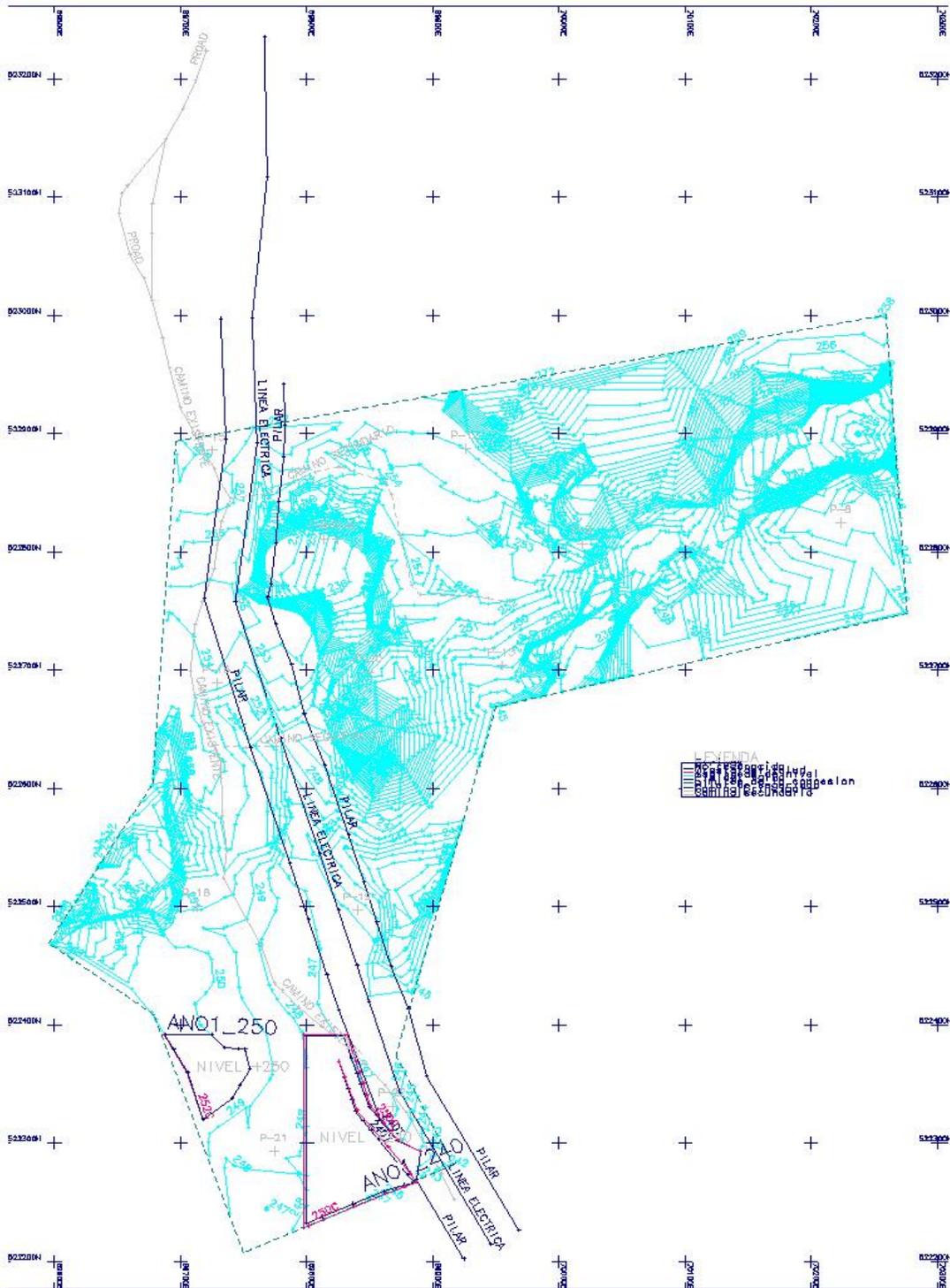
No.	Variedad litológica	Mg O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Absorción en Aceite %	Laboratorio
2-7	Semidura	0.30	-	0.08	15.84	Fca. Pinturas
2-9	Blanda	0.20	-	-	16.74	“ “
2-12	Semidura	0.40	-	-	15.81	“ “
2-20	Blanda	0.14	-	-	16.70	“ “
C-7	Blanda	0.15	-	-	16.74	“ “
M-24	Semidura	0.15	-	0.25	15.81	“ “
36	Blanda	0.17	-	-	16.74	“ “
47	Dura	0.18	-	0.18	12.09	“ “
52	Dura	0.14	-	-	14.88	“ “
63	Dura	0.17	-	-	14.88	“ “
66	Semidura	0.26	-	-	17.67	“ “
68	Semidura	0.16	-	-	15.81	“ “
99	Semidura	0.49	-	-	17.67	“ “

101	Semidura	0.20	-	-	15.81	“	“
107	Semidura	0.17	-	-	16.74	“	“
115	Dura	0.13	-	-	16.74	“	“
114	Semidura	0.18	-	-	15.81	“	“
135	Semidura	0.13	-	-	15.81	“	“
139	Blanda	0.11	-	-	16.74	“	“
156	Semidura	0.16	-	-	15.81	“	“
201	Semidura	0.09	0.036	0.29	15.80	LACEMI	
205	Dura (?)	0.10	<0.010	0.08	16.70	“	“
217	Dura	0.10	0.010	0.23	15.80	“	“
219	Dura	0.09	0.020	0.13	15.80	“	“
223	Semidura	0.11	0.070	0.18	19.50	“	“
233	Semidura	0.09	0.123	0.14	17.70	“	“
244	Semidura	0.12	0.065	0.27	15.80	“	“
245	Semidura	0.08	0.016	0.24	15.80	“	“
258	Semidura	0.13	0.016	0.16	15.80	“	“
260	Semidura	0.09	< 0.010	0.14	14.90	“	“
276	C. dura	0.11	0.014	0.16	14.90	“	“
284	Semidura	0.11	0.024	0.18	14.90	“	“
290	C. dura	0.08	0.051	0.15	14.90	“	“
298	Semidura	0.14	0.022	0.16	15.80	“	“
306	Semidura	0.15	0.023	0.24	14.90	“	“
316	Semidura	0.13	0.029	0.18	15.80	“	“
319	Semidura	0.13	0.076	0.22	14.90	“	“
325	Semidura	0.10	0.017	0.21	14.00	“	“
327	C. dura	0.13	0.035	0.30	15.80	“	“
334	C. dura	0.13	0.100	0.22	14.00	“	“
342	C. dura	0.14	0.010	0.26	14.90	“	“
355	C. dura	0.10	< 0.010	0.10	14.90	“	“
362	Semidura	0.11	0.034	0.24	15.80	“	“

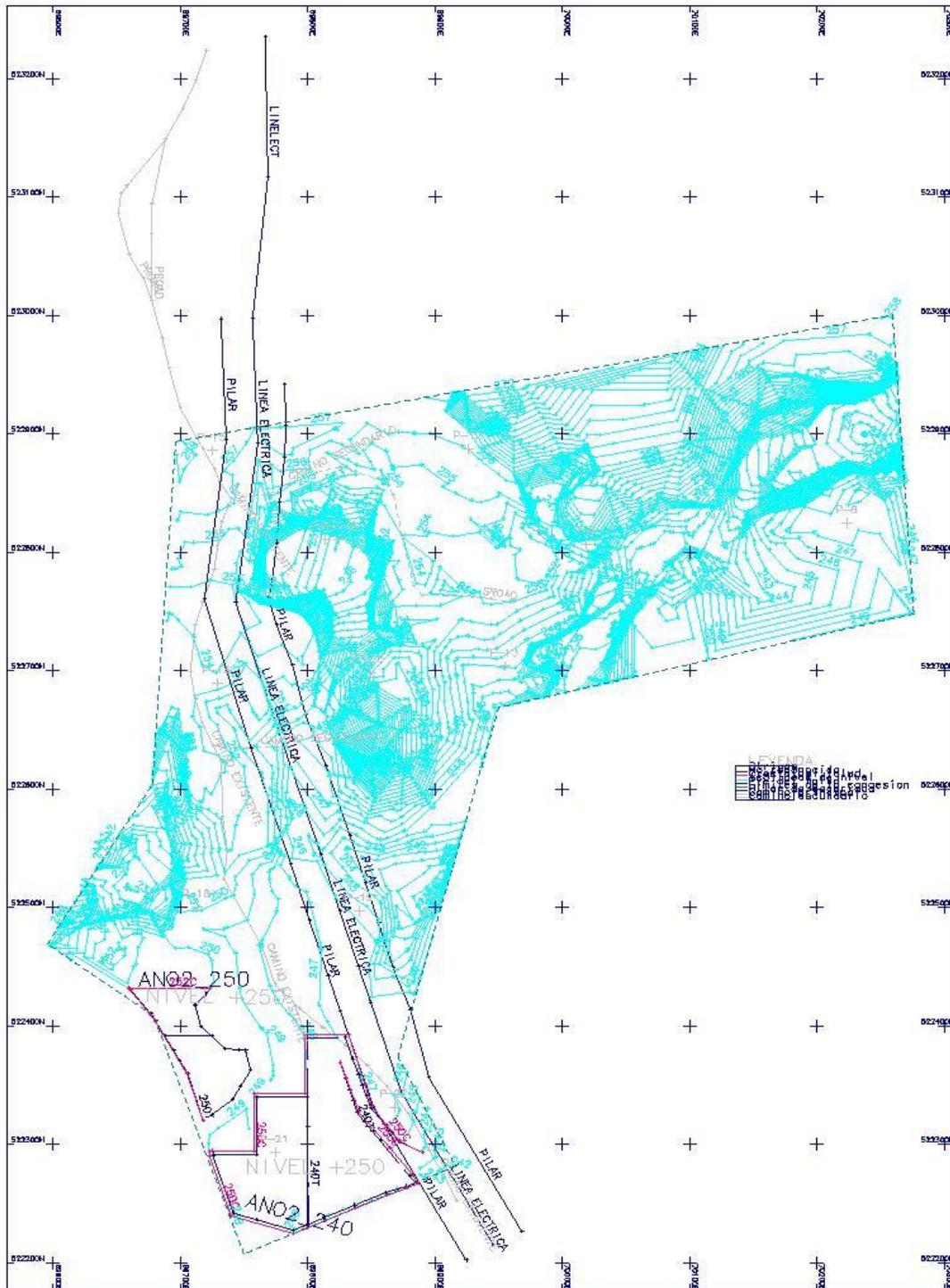
Anexo 8: Plano de la ubicación del yacimiento



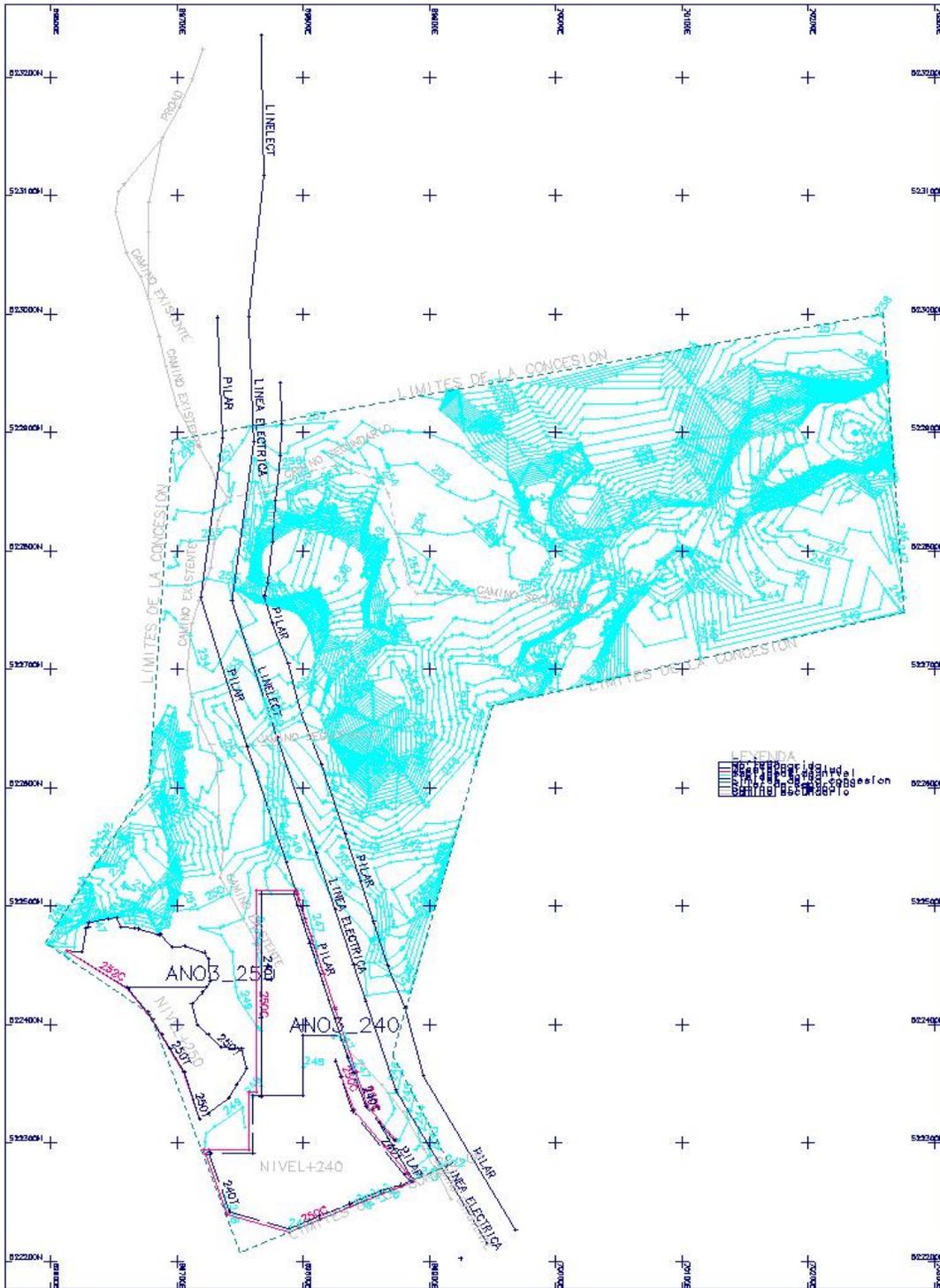
Anexo 9: Plan calendario del primer año



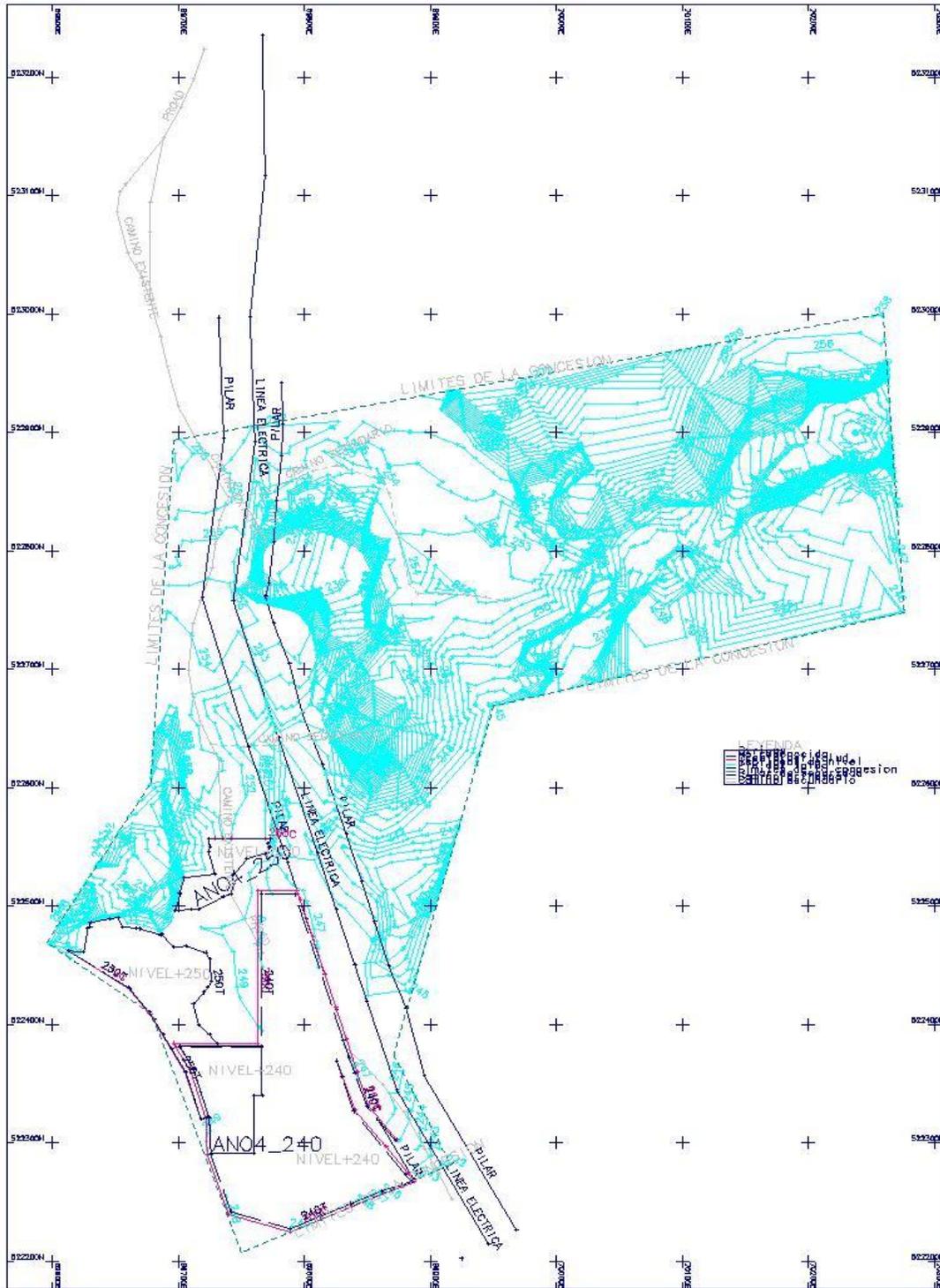
Anexo 10: Plan calendario del segundo año



Anexo 11: Plan calendario del tercer año



Anexo 12: Plan calendario del cuarto año





Anexo 14: Trincheras para los años 1 y 4 en el nivel +250 en respectivo orden

