



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

# *Trabajo de Diploma*

*En opción al título de Ingeniero en Minas*

*Proyecto de explotación de la Cantera Cerro Calera  
Bariay*

*Autor: Arsenio Herminio Henriques dos Santos*

*Tutores: Dra. C. Naisma Hernández Jatib  
Ing. Victor Francisco Amaro Díaz*

*Curso  
Moa, 2016-017  
“Año 59 de la Revolución”*



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo: Arsenio Herminio Henríques dos Santos, autor de este trabajo de diploma, que tiene como título: **“Proyecto de explotación de la Cantera Cerro Calera Bariay”** y la tutora, Dra.C Naisma Hernández Jatib declaramos la propiedad intelectual de este al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Para que así conste, firmo la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año 2017.

---

Firma del autor

Dra.C Naisma Hernández Jatib

---

Firma del tutor



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### DEDICATORIA

*Dedico este trabajo de diploma primeramente a Dios por haberme permitido cumplir una meta más en mi vida, a mis padres Rodríguez dos Santos y Ana Santos por su educación, apoyo y amor incondicional.*

*A mis hermanos(as)*

*Arlindo Hernani Henriques dos Santos, Olga Ruth dos Santos, Aercio Edmundo Henriques dos Santos, Wilson Edgar dos Santos.*

*A mis compañeros angolanos en Cuba.*



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### AGRADECIMIENTOS

*Quisiera agradecer a mis padres por darme todo su apoyo y confiar en que este sueño se haría realidad.*

*Agradecer a mis tutores: Dra. C. Naisma Hernández Jatib y al ingeniero Víctor Francisco Amaro Díaz por los conocimientos que me aportaron y su preocupación por la realización de este trabajo de diploma.*

*Al ingeniero Luis vega por su ayuda inolvidable en este proyecto*

*A todos los profesores del ISMMM, en especial a los del departamento de Minería por sus consejos y apoyo durante toda mi vida universitaria.*

*A mi novia Catarina Mendes Robalo por ser mi fuente de conocimiento.*

*Al gobierno Angolano por confiar en mí y darme la oportunidad de llegar a ser un profesional. A la Revolución Cubana, al pueblo cubano y a nuestro Comandante en Jefe.*



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### *PENSAMIENTO*

*" En la tierra hacen falta personas que trabajen más y critiquen menos, que construyan más y destruyan menos, que prometan menos y resuelvan más, que esperen recibir menos y dar más, que digan mejor ahora que mañana".*





## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo elaborar el proyecto de explotación de la Cantera Cerro Calera Bariay, que permite suministrar parte del material para la construcción del polo turístico de la costa norte de la provincia de Holguín. La metodología utilizada parte de un estudio detallado del yacimiento, teniendo en cuenta las características hidrogeológicas, la tectónica, morfología y propiedades físico – mecánicas del mineral, así como las reservas con las que cuenta el yacimiento. Seguidamente la selección del equipamiento minero necesario, el cálculo de la productividad así como de los parámetros de explotación. Se realizó el cálculo de los trabajos de perforación y voladura, la organización del plan calendario para su explotación y la valoración económica de las actividades fundamentales; el análisis del impacto medioambiental, el cumplimiento de las medidas de seguridad y salud en el trabajo para la protección del personal de la cantera. El resultado del costo por m<sup>3</sup> de mineral extraído es de 6,12\$/m<sup>3</sup>.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### SUMARY

The present work has like objective to elaborate the Cantera Cerro Calera Bariay's project of exploitation, that it allows supplying part of the material for the construction of the tourist pole of the north coast of Holguín's province. The utilized methodology departs from of a detail survey the deposit, taking the characteristics into account hidrogeológicas, tectonics, morphology and physical properties – mechanics of the mineral, as well as the stock that you count the deposit with. Straightaway the mining necessary equipamiento's selection, the calculation of productivity that way I eat of the parameters of exploitation. The calendar for his exploitation and the cost-reducing assessment of the fundamental activities accomplished the calculation of the works of perforation and blowing-up, the organization of the plan itself; the analysis of the environmental impact, the fulfillment of the measures of certainty and on-the-job health for the protection of the staff of the stone pit. The result of the cost for m<sup>3</sup> of extracted mineral comes from 6,12\$/m<sup>3</sup>.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO I. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA.....</b>	<b>6</b>
1.1 Introducción .....	6
1.2. Breve descripción de las investigaciones precedentes en la cantera Cerro Calera Bariay .....	6
1.3. Análisis de las investigaciones precedentes .....	6
<b>CAPÍTULO II. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERIZACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Introducción .....	7
2.2 Ubicación geográfica y geológica del yacimiento .....	7
2.3. Economía de la región.....	8
2.4. Condiciones climáticas .....	9
2.4.1. Relieve.....	9
2.4.2. Condiciones Hidrográficas de la región.....	10
2.4.3. Condiciones hidrogeológicas del yacimiento .....	10
2.4.4. Vías de acceso.....	10
2.4.5. Flora y fauna .....	11
2.5. Características geológicas de la región .....	12
2.5.1. Condiciones de yacencia del mineral.....	16
2.5.3. Tectónica .....	17
2.5.4. Grado de complejidad del yacimiento .....	18
2.6. Propiedades de la materia prima .....	19
2.7. Composición química .....	24
2.8. Propiedades físico- mecánicas .....	25
2.9. Calidad de la materia prima y su uso industrial .....	26
2.10. Estimación de los recursos de materia prima .....	27
2.11. Caracterización del área de trabajo .....	28
2.11.1. Información técnica sobre los trabajos de investigación geológica del yacimiento .....	28
2.11.2. Estimado base de los recursos del área .....	28



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

<b>CAPITULO III: LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA CERRO CALERA BARIAY .....</b>	<b>29</b>
3.1. Introducción.....	29
3.2. Condiciones técnico-mineras de explotación del yacimiento.....	29
3.3. Descripción actual de las labores mineras .....	29
3.4. Régimen de trabajo .....	29
3.5. Volumen de material útil in situ a extraer en un año ( $V_{tm}$ ).....	30
3.5.1. Tiempo de explotación de la cantera.....	30
3.6. Equipamiento técnico minero para la realización de los trabajos en la zona .....	30
3.6.1. Características técnicas del equipamiento minero .....	31
3.7. Apertura .....	32
3.8. Labores de apertura .....	32
3.9. Plan Calendario de Minería.....	33
3.10. Tala y desbroce .....	34
3.11. Tecnología de los trabajos mineros .....	34
3.12. Trabajos de arranque, carga y transporte.....	35
3.13. Escombreras.....	37
3.13.1. Método de selección del emplazamiento de las escombreras.....	37
3.14. Método y sistema de explotación .....	38
3.15. Diseño de la cantera.....	39
3.16. Labores de desbroce .....	41
3.17. Labores de extracción del mineral útil .....	41
3.17.1. Cálculo del equipamiento minero en las labores de extracción del mineral útil .....	41
3.17.2. Cálculo del camión HOWO .....	43
3.18. Pasaporte de perforación y voladura para la explotación de los bloques .....	46
3.18.1 Cálculo de los parámetros de los equipos de perforación.....	50
3.18.2 Cantidad de compresores necesarios para el suministro de aire comprimido para los equipos de perforación .....	51



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

3.18.3 Esquemas de iniciación de las voladuras.....	51
3.19. Trabajos auxiliares.....	52
3.20 Diseño y construcción de caminos .....	52
<b>CAPÍTULO IV. CÁLCULO ECONÓMICO DEL PROYECTO DE EXPLOTACION DE LA CANTERA CERRO CALERA BARIAY.....</b>	<b>53</b>
4.1. Introducción.....	53
4.2. Determinación de los costos.....	53
4.3. Índices a tener en cuenta para el cálculo de los costos de producción Combustible.....	53
4.4 Costo de producción en las labores de Extracción .....	55
<b>CAPITULO V. MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD MINERA EN LA CANTERA CERRO CALERA BARIAY.....</b>	<b>57</b>
5.1. Introducción.....	57
5.2. Generalidades.....	57
5.3. Principales regulaciones legales vigentes.....	57
5.3.1. Normas Cubanas .....	59
5.4. Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la fase de explotación .....	59
5.5. Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la cantera .....	60
5.6. Propuesta del plan de monitoreo ambiental .....	60
5.7. Medidas de seguridad en la cantera.....	60
5.8. Medidas de seguridad en los camiones .....	62
5.9. Medidas de seguridad para el trabajo con cargadores.....	63
5.10 Medidas de seguridad con la carretilla de perforación.....	63
5.11 Medidas de seguridad para el trabajo con explosivos.....	64
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS</b>	



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### INTRODUCCIÓN

La cantera Cerro Calera Bariay de calizas es una explotación minera a cielo abierto, dedicada a la producción de áridos para la construcción de obras locales y del polo turístico de la costa Norte de la provincia Holguín que se localiza en el municipio Rafael Freyre, provincia Holguín.

Las calizas de la región de Bariay comienzan a ser investigadas a partir del año 2014, con el objetivo de estudiar una materia prima que garantice los recursos necesarios para el montaje de un molino que sea capaz de producir áridos debido a la necesidad de emplearse en la construcción del polo turístico de la costa Norte de la provincia Holguín.

La Empresa de Materiales de la Construcción en la provincia Holguín a tales efectos, contrató los servicios de la Empresa Geominera Oriente para realizar estudios geológicos y geotécnicos en la mencionada cantera, con el propósito de evaluar una materia prima que responda a los requisitos de calidad y que garantice la producción de áridos para la construcción; tal necesidad permite la elaboración del presente proyecto de explotación, el cual abarca el periodo establecido por la norma ramal vigente NRM C 060/86 y 055/86 de 5 años, así como, apoyados en los diferentes documentos base.

La presente investigación se realizó teniendo en cuenta las productividades anuales establecidas en el centro, así como la situación actual de los equipos destinados para la explotación del yacimiento; en cuanto al transporte del mineral útil se realizará en camiones desde el yacimiento hasta la boca del molino, la vida útil calculada de la cantera es de 7,12 años.

**Problema:** Necesidad de elaborar el proyecto de explotación para la extracción de las reservas minerales existentes en la cantera Cerro Calera Bariay en el municipio Rafael Freyre, provincia Holguín.

**Objeto de estudio:** Diseño del proyecto de explotación de la cantera Cerro Calera Bariay.

**Campo de acción:** Cantera Cerro Calera Bariay.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

**Objetivo General:** Elaborar el proyecto de explotación de la cantera Cerro Calera Bariay para extraer las reservas minerales existentes, provocando el menor impacto al medio ambiente.

**Hipótesis:** Si se realiza la caracterización ingeniero-geológica del yacimiento y se diseñan tanto la apertura como el sistema de explotación, entonces se puede realizar el cálculo de los parámetros del proceso tecnológico, y especificar las medidas para disminuir el impacto ambiental que garantice la seguridad de los trabajos mineros durante la explotación del yacimiento Cerro Calera Bariay.

**Objetivos específicos:**

- 1 Realizar la caracterización ingeniero-geológico del yacimiento de la cantera Cerro Calera Bariay.
- 2 Diseñar la apertura y el sistema de explotación del yacimiento.
- 3 Mostrar el cálculo de los parámetros del proceso tecnológico de la explotación del yacimiento Cerro Calera Bariay.
- 4 Especificar las medidas para disminuir el impacto ambiental y garantizar la seguridad de los trabajos mineros durante la explotación del yacimiento Cerro Calera Bariay.

**Los principales métodos de investigación científica empleados en el trabajo se exponen a continuación:**

El método empírico utilizado es la **observación** para percibir visualmente el lugar donde se encuentra el yacimiento y los elementos geomorfológicos y topográficos existentes en el mismo.

**Histórico-lógico:** para estudiar y valorar la situación geográfica del yacimiento y establecer los fundamentos teóricos del proceso objeto de estudio.

**Análisis-síntesis:** para estudiar las actividades mineras desarrolladas en la cantera, sus incidencias en otros yacimientos y establecer conclusiones para desarrollar la explotación.

**Inductivo-deductivo:** para interpretar los resultados obtenidos en el análisis de los mapas topográficos para luego establecer conclusiones.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### CAPÍTULO I. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

#### 1.1 Introducción

El objetivo del presente capítulo es ofrecer una visión general de la cantera de calizas Cerro Calera Bariay.

#### 1.2. Breve descripción de las investigaciones precedentes en la cantera Cerro Calera Bariay

Las rocas calizas de la región Bariay se comienzan a explotar en el año 1970 por la Empresa de Materiales de Construcción de Holguín por un periodo de 15 años hasta su paralización. Según el esquema político-administrativo actual, el área de los trabajos se ubica dentro de los límites territoriales del municipio Rafael Freyre, perteneciente a la provincia Holguín y se localiza en la plancheta 5079 – III Santa Lucia y 5078 – IV Tacajó a escala 1: 50000

En el año 1984 el Dr. Antonio Núñez Jiménez realiza un recogido por el área objeto de estudio identificando el Cerro de Bariay como una de las vistas descritas por Cristóbal Colon en su bitácora de navegación y solicita se detenga la extracción de áridos debido al valor histórico-cultural de esta zona.

#### 1.3. Análisis de las investigaciones precedentes

Las rocas calizas de la región de Bariay se comenzaron a explotar en el año 1970 por la Empresa Materiales de la Construcción de Holguín por un periodo de 10 a 15 años hasta su paralización. Los trabajos realizados con anterioridad en el yacimiento no constan en ningún documento oficial, tampoco existe un informe geológico de esa etapa de explotación; aunque si se conoce por entrevistas realizadas que se explotaba con el objetivo de extraer la caliza como materia prima para la construcción y la industria azucarera.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### CAPÍTULO II. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERIZACIÓN INGENIERO GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO

#### 2.1. Introducción

En este capítulo se describen las características ingenieros geológicos y mineros técnicas del yacimiento objeto de estudio.

#### 2.2 Ubicación geográfica y geológica del yacimiento

Según el esquema político-administrativo actual, el área de los trabajos se ubica dentro de los límites territoriales del municipio Rafael Freyre, perteneciente a la provincia Holguín, (Ver figura 2.1) y se localiza en la Plancheta: 5079 – III Santa Lucía y 5078 – IV Tacajó a escala 1: 50 000, está delimitada conforme a las coordenadas Lambert (Tabla 2.1):

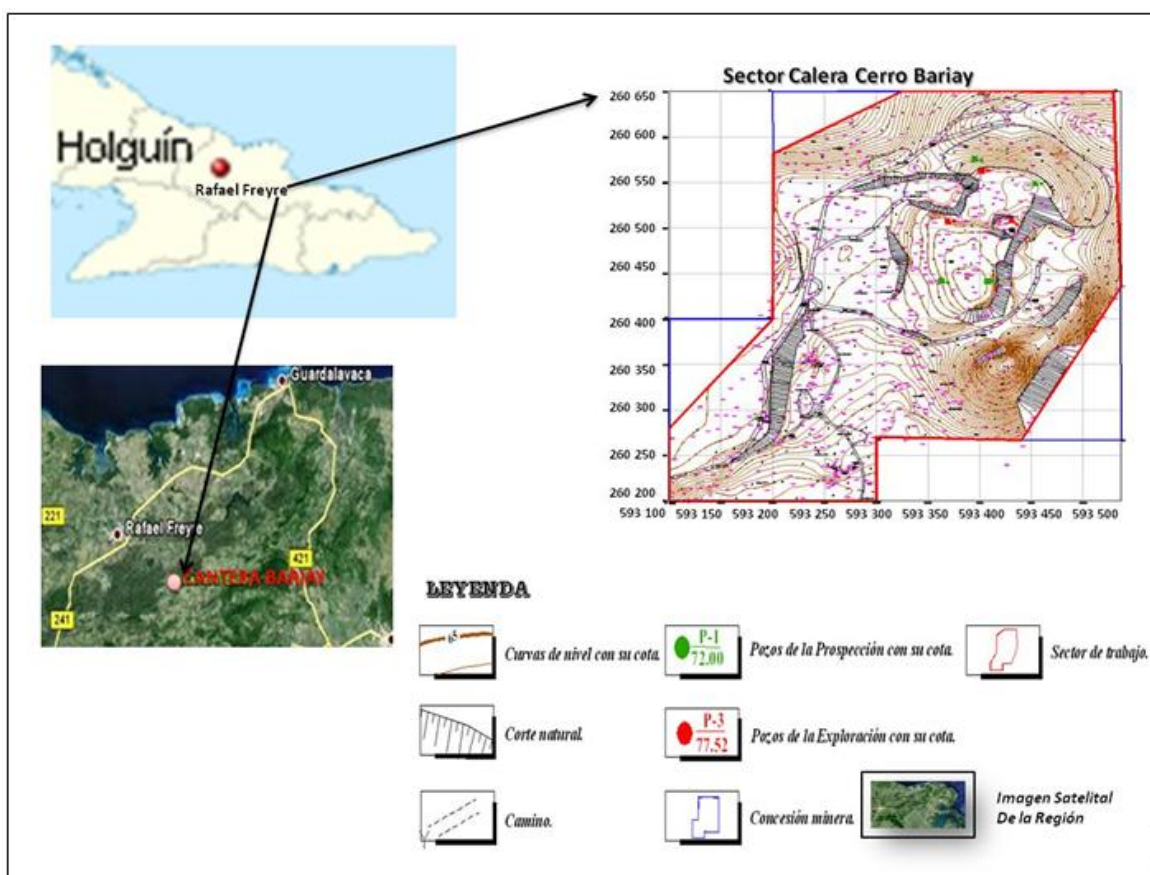


Figura 2.1. Plano de ubicación geográfica de la cantera Cerro Calera Bariay.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

Tabla 2. 1. Coordenadas de los puntos vértices de la concesión minera

vértices	x	y
1	593 200	260 650
2	593 530	260 650
3	593 530	260 270
4	593 300	260 270
5	593 300	260 400
6	593 200	260 400
1	593 200	260 650

### 2.3. Economía de la región

La base económica fundamental de la región es la agricultura de cultivos varios, como legumbres (frijoles, maíz, maní), ajo, viandas, frutas, tabaco (Ver imagen No. 4 y 5). También la economía de la región se sustenta en la crianza de ganado (ovino, caprino, bovino y porcino).

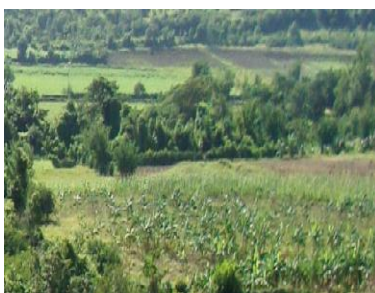


Figura 2.2.a) Tipo de cultivo del área de estudio; b) Tipo de agricultura del área de estudio.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### 2.4. Condiciones climáticas

El clima de la región está influenciado por la existencia de grandes llanuras y la Sierra Tinajita al noreste, ésta condición propicia que en la región exista una elevación de la temperatura, con variaciones entre  $16^{\circ}\text{C}$  y  $34^{\circ}\text{C}$ , la temperatura media anual es de  $25.5^{\circ}\text{C}$ ; en cuanto a las precipitaciones, son más abundantes en los meses de noviembre hasta abril.

#### 2.4.1. Relieve

El área de las investigaciones, se encuentra enmarcada en el grupo orográfico Alturas de Maniabón, colinda con el mismo por el norte una llanura plano-montañosa que se extiende en dirección al Océano Atlántico donde representa una superficie de abrasión con cotas absolutas mínimas de 5 y 10 m, en la zona litoral.

La porción occidental de las Alturas de Maniabón representa en sí una llanura abrasiva–denudativa de línea divisoria de las aguas que se caracteriza por cotas absolutas entre 90 a 100 m. Presenta algunas colinas extendidas principalmente en dirección sublatitudinal que alcanzan valores entre los 150 y 160 m de altura, estas elevaciones tienen una dirección predominante NE – SW y otras tienen forma de arco convexo hacia el norte.



a)



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

b)



c)



Figura 2.3. a) Vista panorámica del relieve de la zona de estudio; b) y c) relieve de llanura del área de estudio.

### 2.4.2. Condiciones Hidrográficas de la región

La red fluvial está formada por los ríos Cameyén y Bariay, los cuales desembocan al norte en el Océano Atlántico (Figura 2.4).



Figura 2.4. Vista del río Bariay.

### 2.4.3. Condiciones hidrogeológicas del yacimiento

No fueron planificados trabajos hidrogeológicos debidos a que el emplazamiento de estas rocas se encuentra por encima del nivel freático, muestra de esto es la no aparición de indicios de agua durante la perforación vertical realizada.

### 2.4.4. Vías de acceso

El territorio estudiado tiene un área aproximada de 13.6 hectáreas, los principales barrios poblacionales que se encuentran vinculados son Taita Roque a una distancia de 700 m y el poblado de Bariay a 9 km al noroeste.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

Las vías de acceso hasta la zona donde se realizan los trabajos tienen buenas condiciones (Figura 2.5), cuenta con un terraplén que nace en el municipio Rafael Freyre, que se utiliza como vía para el transporte de la población hacia los poblados aledaños, este camino se enlaza con la carretera que comunica a la ciudad de Holguín con el tercer polo turístico del país nombrado Guardalavaca; también existe una vía férrea que se utilizan con fines turísticos.



Figura 2.5. Vías de acceso al yacimiento.

### 2.4.5. Flora y fauna

Actualmente existen en el área de la cantera especies intrapofitas pioneras, intrapofitas recurrentes, hemiagrofitas y un gran número de epecofitos que son muestra palpable de la actividad antrópica y como testigo de la vegetación original solo quedan algunas

#### Flora circunvecina sobre caliza

La vegetación de mogotes se desarrolla sobre paredones calizos con una gran representatividad de especies como Clucia rosea y otras del genero ficus, además está representada la palma real, Cecropias cheverrima, cupania glaba dendropanaxarborea. Abundan además, el sotobos que está poblado por helechos de los géneros Nephrolepis, Hemionite, Thelipteris, Asplenium, etc. Abundando el Rhypsalis Thuidium, Barbula, Marchantia, Sphagnum y Polytrychium entre otros.



## **PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY**

Las plantas epifitas están representadas por las bromeliáceas de los géneros Tillandsia, Hoembergia y Guzmania, aparecen también especies de orquídeas del género Encychilia.

### **Flora y vegetación circunvecina sobre serpentinita**

Hacia el este y en la base del mogote en la parte sur de la cantera se desarrolla un charrascal, formación vegetal característica de la región oriental de Cuba y precisamente en esta zona se encuentra muy bien representada. Esta formación vegetal presenta un elevado endemismo, particularmente los de esta zona se desarrollan, se adaptan a la pobreza de nutrientes y a la escasez de agua.

### **Bosque de galería**

Esta formación vegetal se localiza al oeste de la cantera sobre las márgenes de un arroyo de curso intermitente pero conserva niveles de humedad suficientes como para el desarrollo de una flora rica en especies arbóreas, arbustivas y herbáceas así como lianas leñosas y herbáceas, helechos y musgos.

### **Fauna**

La fauna característica de la región es higrófila de bosques semicaducifolios a los que eventualmente se le suman elementos de comunidades xerófilas de los charrascales aledaños.

Al irrumpir la minería en esta área se comienzan a adquirir paulatinamente elementos característicos de comunidades de fauna antropogénea, lo cual trajo como resultado la considerable antropización que se observa hoy en día, donde predominan especies tales como: Paloma Rabiche (*Zenaida macroura*), tojosa (columbiana passerina), gorrión (*Passer domesticus*), sabanero (*Sturnella magna*), entre otras. Es de significar que se observaron especies provenientes de comunidades aledañas como el negrito (*Melopirra nigra*) y la polimita venusta.

### **2.5. Características geológicas de la región**

La región pertenece al complejo plegado orogénico de la zona estructural facial Aura Zaza (Figura 2.6), en la que se encuentran las Formaciones (Fm) siguientes:



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

**Formación:** Tinajita ( $K_2^{cp} - K_2^{m inf.}$ ), proviene del Cerro Tinajita, ubicado a unos 12 km al Este-SE del pueblo de Gibara, provincia de Holguín, yace tectónicamente sobre la Fm. Iberia, su límite superior es erosivo, formada por Calizas biodetríticas, calizas biógenas y oolíticas, calizas silicificadas que pueden llegar hasta silicítas y margas; este paquete de rocas tiene forma de Mogotes o Cerros.

**Formación Iberia:** Miembro La Morena  $K_{1al} - K_2 s$ , Proviene de la Loma La Morena, a unos 6 km al Sur del pueblo de Gibara, provincia Holguín, sus relaciones superiores e inferiores son tectónicas, con espesor de 30 m, se depositó en aguas profundas a moderadamente profundas, de mar abierto, formada por calizas y margas de color blanco a crema, bien estratificadas que varían de compactas deleznales.

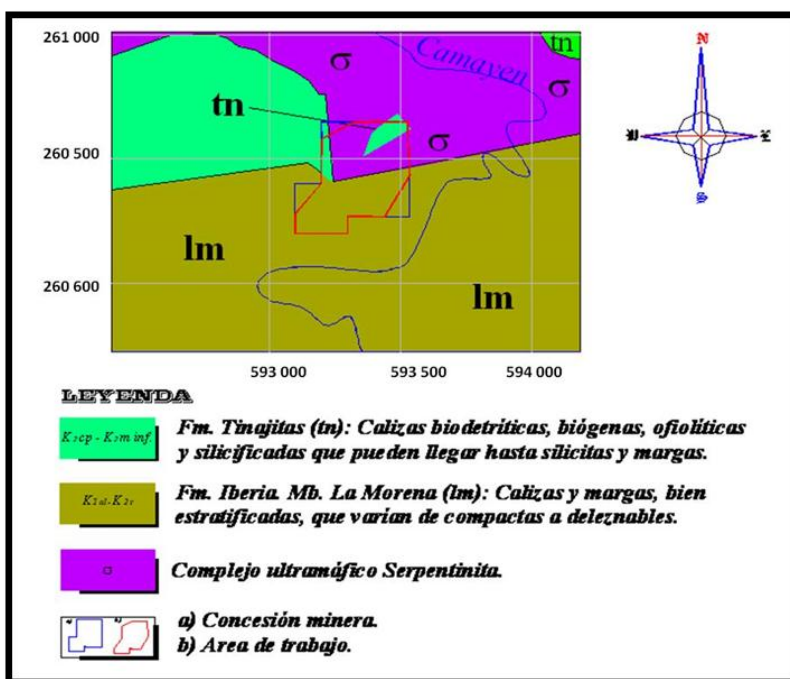


Figura 2.6. Plano geológico de la región.

De acuerdo con la clasificación del casco cubano en tipos y subtipos según la estructura y génesis estas elevaciones corresponden al Tipo 4: casco de montañas, complejas, constituido por secuencias de estratos Vulcano- intrusivos y carbonatados (Figura 2.7).



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY



Figura 2.7. Muestra de rocas erosionadas.

Este tipo de elevaciones constituyen un clásico ejemplo de carso cónico en una etapa de evolución más avanzada que la de la Sierra de los Órganos, aquí las fuerzas de erosión y disolución destruyeron casi por completo las rocas volcánicas y ultra básicas quedando como testigos del relieve anterior estos Cerros cónicos de cimas redondeadas y paredes verticales, al alcanzar una altura que oscila entre 200 y 279 m, generalmente estos mogotes se presentan muy abruptos en el flanco Norte y relativamente más suave en el flanco meridional, aunque ambos flancos son de difícil acceso.

Se evidencia la cadena más septentrional de estas calizas con mejor claridad en el transcurso de la carretera Holguín a Guardalavaca en dirección Oeste y se observan en el relieve las elevaciones en forma de montículos como Yabazón, Colorado y Silla de Gibara, al Este de Rafael Freyre se aprecian pequeños montículos extendidos en dirección latitudinal y sublatitudinal, tales como, La Teta de La Reina, La Mezquita de Colón y La Cena de las Doncellas y otros ubicados fuera del área de los trabajos, yaciendo entre las serpentinitas, situado dentro de los límites del campo de desarrollo de las rocas vulcanógeno-sedimentarias. Morfológicamente estas elevaciones corresponden al tipo carso cónico y las mismas se conocen con el nombre de Cerros o Mogotes.

**Complejo de peridotitas tectónicas serpentinizadas, Harzburgitas serpentinizadas**



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

La rocas más trascendentales y características de la región, son la peridotitas serpentinizadas, o simplemente serpentinitas, que forman las elevaciones alargadas y determinan la estructura orientada de la zona. Cuando se analiza la estructura petrográfica de estas rocas se revela un carácter clástico de la misma, que se asocia con una lineación discordante a la foliación o brechamiento, seleccionado al emplazamiento de estas rocas.

Las peridotitas tectónicas serpentinizadas forman franjas principales, además, tienen varias ramificaciones y cuerpo menores acompañantes y también demuestran peculiaridades de texturas textonizadas, relacionadas con su emplazamiento. Así, las peridotitas serpentinizadas macizas generalmente no poseen extensiones considerables, dentro de unas decenas de metros siempre están interrumpidas por zonas de brechamiento o foliación. En menor grado de desarrollo de estos efectos la roca se tritura en bloques mayores, de unas decenas de metros, por los límites de los cuales se encuentran franjas estrechas de serpentinita foliada.

Con el aumento del grado de influencia de las fuerzas tectónicas la exfoliación gana terreno y las partes intactas forman bloques alargados de 10 a 15 cm de tamaño, incluidos en serpentinitas foliada, brechas, con foliación ondulada. Las peridotitas tectónicas serpentinizadas frecuentemente encierran bloques tectónicos de diferentes formaciones, los cuales tienen un amplio tamaño de unos decímetros a varios cientos de metros. En las franjas de peridotitas tectónicas, predominan los que representan los niveles medianos y superiores de la asociación ofiolítica.

Los planos tectónicos dentro de las peridotitas serpentinizadas o entre ellas y otras formaciones frecuentemente bruscas, se observan superficies pulidas de deslizamiento en posición subhorizontal. Estos signos indican una dirección aproximada de Sur hacia el Norte para los movimientos de emplazamiento de la asociación ofiolítica, que culminaron con la formación de naipes imbricados.

Forman parte de la constitución geológica de la región peridotitas serpentinizadas y dunitas serpentinizadas, con distintos grados de alteración, fuertemente



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

agrietadas y fracturadas con estructura hipidiomórfica-alotriomórfica reticular y textura masiva.

### 2.5.1. Condiciones de yacencia del mineral

En la región la yacencia de los planos de lineación de la estructura de las peridotitas tectónicas serpentinizadas y también la foliación o los límites litológicos, generalmente tienen un buzamiento hacia el Sur con un ángulo entre  $30^{\circ}$  a  $70^{\circ}$ . Sin embargo, con menor frecuencia se observan yacencia diferentes, por ejemplo, buzamiento hacia el Norte.

### 2.5.2. Geología del yacimiento

Desde el punto de vista geológico el sector Cerro Calera Bariay se encuentra ubicado en la zona del Anticlinorio de Holguín, en el que puede distinguirse un tipo de altura de calizas en el área de las investigaciones, en forma de agrupaciones o conjunto de conos cársicos, con paredes verticales, presentando algunos taludes laterales de mediana inclinación y otros muy abruptos, estos taludes están formados por deposiciones Cuaternarias de una potencia variable y se encuentran divididos por profundas cañadas.

Los depósitos de esta edad son señalados por vez primera en el área, en el pasado geológico estos sedimentos ocupan espacios externos, en la actualidad están representados por pequeños y numerosos remanentes de abrasión diseminados por toda la superficie y compuestas de caliza de color gris claro, observándose nítidamente estas cadenas rocosas las cuales forman las divisorias de las aguas de las elevaciones.

De acuerdo con los resultados de análisis paleontológico durante el levantamiento Cubano Húngaro, la edad de la capa se acepta como Campaniano–Maestrichtiano aunque algunos autores como Kripper, Puig 1967 consideran estas calizas como componentes de la capa vulcanógeno–sedimentaria del cretácico Inferior-medio.

Las rocas calizas del yacimiento se presentan en formas masivas, recrystalizadas, simulando bloques gigantescos, alterados, fracturados en los cortes naturales y/o artificiales en toda su extensión, en los flancos y subyaciendo discordantemente



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

hacia el noroeste, se observan las rocas serpentiniticas muy alteradas, agrietadas con oxido e hidróxido de hierro en los planos de grietas y fracturas, estas rocas le sirvieron de caja a la deposición de las calizas durante su formación, se presenta además un gran paquete de margas en su parte lateral al suroeste del sector, formando parte del paquete de calizas, el paquete de rocas tiene forma de mogotes o cerros.

### 2.5.3. Tectónica

Según el plano geológico de la región (Figura 2.6) se representa una parte de la articulación de dos grandes estructuras geotectónicas actuales de la región del Caribe, que son las del Continente Norte Americano y el Cinturón plegado de las Antillas Mayores siendo el contacto convergente entre las dos estructuras geotectónicas. La placa del continente Norteamericano es de carácter siálico con más de 30 Km de espesor con edad de Paleoceno-Eoceno Medio y el Cinturón plegado de las Antillas Mayores con sus características alpinas, está compuesta por varias unidades geotectónicas de edad Mesozoico-Cenozoica.

Se caracteriza además por la abundancia de roca ultramáficas, máficas y por las rocas vulcanógenas, vulcanógeno-sedimentarias o intrusivas de composición media. Las cuencas postorogénicas superpuestas están rellenas con sedimentos terrígenos carbonatados, mientras que en la cubierta del Neógeno se destaca con predominio la roca carbonatada, se presenta el complejo estructuro facial Auras que es un melange Ofiolítico que se compone de bloques de rocas de varias unidades geotectónicas, las cuales ocupan una posición alóctona. Estructuralmente la zona de investigación se encuentra enmarcada en el anticlinorio de Holguín donde es característica la estructura de naipes con ventanas tectónicas y olistostromas de menos extensión, con escamas imbricadas y pliegues lineales, observándose las formaciones de la Asociación Ofiolíticas del fondo Oceánico y del arco de Islas volcánicas, en menor grado las formaciones del margen Continental, así como serpentinitas, gabros, diabasas, lavas, aglomerados, tobas, tufitas, conglomerados, areniscas y calizas, las últimas son rocas de la formación Iberia, Loma Blanca, Tinajita, Sao Redondo , La Jíquima .



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

Aparecen rocas metamórficas, bloques de ofiolitas metamorfizadas y bloques arrancados del talud continental por los movimientos de sobre corrimientos. Estas rocas están caóticamente mezcladas, plegadas y en partes milonitizadas.

La formación más joven, constituyente del melange, es la formación Vigía del Eoceno Inferior-Medio, marcando así la edad de la terminación de los procesos tectónicos, que han producido este fenómeno geológico. El inicio de los procesos se marca por la aparición de los olitostromas de la formación Haticos del Paleoceno Medio-Superior, es decir está relacionado con la fase laramídica.

Las rocas estudiadas en el yacimiento objeto de estudio, se presentan en formas masivas, simulando bloques gigantescos, alterados, fracturados en los cortes naturales y/o artificiales en toda su extensión, en algunos testigos de perforación presentan vetas de calcita, aparecen surcando transversalmente dichos testigo, estas se formaron rellenando las grietas y fracturas de las rocas. (Figura 2.8).



Figura 2.8. Bloques de rocas sedimentarias fracturados en los cortes naturales.

### 2.5.4. Grado de complejidad del yacimiento

La cantera Cerro Calera Bariay abarca un área de 11.23 hectáreas y la explotación se realizará mediante voladuras a diferentes niveles de profundidad. El macizo objeto de estudio no se cataloga como de un yacimiento complejo.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### 2.6. Propiedades de la materia prima

Como resultado del muestreo para definir y caracterizar las propiedades físico-mecánicas de las rocas se obtuvo los siguientes resultados (Tabla 2.2). Se tomaron en total 94 muestras de pozos de perforación para realizar análisis básicos (coeficiente de trituración seco y saturado en las fracciones de 5 a 10 y de 10 a 20 mm), absorción y masa volumétrica.

Tabla 2.2. Tipos de muestra y análisis realizados a las rocas del yacimiento Cerro Calera Bariay

Tipo de trabajo	U/M	Valor/Proyectado	Valor/Ejecutado
Preparación de muestras del testigo de perforación.	Mtras	103	103
Análisis coeficiente de trituración seco.	Mtras	94	94
Análisis coeficiente de trituración saturado.	Mtras	94	94
Análisis resistencia a la compresión seco.	Mtras	3	3
Análisis resistencia a la compresión saturado.	Mtras	3	3
Abrasión Los Ángeles clases A, B, C y D (5 y 10 kg)	Mtra	3	3
Absorción de agua.	Mtras	94	94
Partículas planas y alargadas toda la muestra = 5 fracciones de 150 g c/u.	Mtras	3	3
Análisis químico para 5 elementos.	Mtras	3	3
Peso volumétrico seco.	Mtras	94	94
Peso volumétrico saturado.	Mtras	94	94
Determinación de polvo, limos y arcillas	Mtras	3	3

Durante la investigación se tomaron los tipos de muestras siguientes:

Del testigo de perforación.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

a) Muestras básicas: Fueron tomadas 94 muestras conforme a la norma cubana NC187 y 190 (2002) de muestreo y análisis para determinarle el coeficiente de triturabilidad, masa volumétrica y absorción de agua.

El tamaño mínimo de las muestras básicas fue de 1.00 m y como máximo 4 m, con excepción del pozo (P-1) que solo se tomó una muestra de 0.80 m de mineral, en representación del intervalo que se evaluó, y fueron seleccionadas atendiendo a la homogeneidad o variabilidad en cuanto a color, granulometría, presencia de  $\text{CaCO}_3$  y agrietamiento, entre otros.

Estas muestras fueron tomadas a lo largo de la sección longitudinal del testigo de perforación, muestreándose la mitad del testigo correspondiente a cada intervalo previamente fijado. En los casos donde se observó homogeneidad de las capas, el intervalo promedio de muestreo fue de 3.00 m. Los intervalos mínimo y máximo fueron de 1.00 y 4.00 respectivamente.

b) Muestras complementaria del testigo de perforación: Se tomaron con el objetivo de conocer las propiedades químicas de las rocas presentes en el depósito, y comprendieron tres (3) muestras compuestas para análisis químico de 5 elementos ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}_3$  y  $\text{SO}_3$ ).

c) Muestras tecnológicas de laboratorio: Se tomaron 3 muestras, uniendo el material de varios pozos en tres horizontes litológicos que cuya potencia no sobrepasara los 12 a 21m, ya que los mismos presentaron características litológicas similares, con el fin de conocer los posibles usos que puedan tener estas rocas calizas en las diferentes actividades constructiva que requiere la provincia de Holguín y facilitar de esta manera la explotación selectiva del prospecto objeto de estudio.

De los histogramas de frecuencia de este ensayo para las fracciones de 5-10 mm, podemos destacar que de las 94 muestras que fueron procesadas estadísticamente, los mayores por cientos de los valores que se encuentran en la fracción de 5-10 (98 %) de las muestras presentan valores de marca iguales o



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

superiores a 600 y de ellas un 58 acusan valores entre 800 y 1200 lo cual avala la calidad de este mineral, máxime en esta

Fracción, donde producto de una tritución mayor y mayores superficie de contacto generan pérdidas en el peso inicial de la muestra. La frecuencia disminuye en la medida que van aumentando los valores del coeficiente de tritución seca y saturada para esta fracción, destacándose que todos estos valores cumplen con los parámetros exigidos para el cálculo de los recursos, donde su marca se encuentra por encima de 400.

Las figuras 2.9 y 2.10 muestran el procesamiento estadístico del ensayo físico mecánico realizado a las muestras obtenidas del yacimiento.

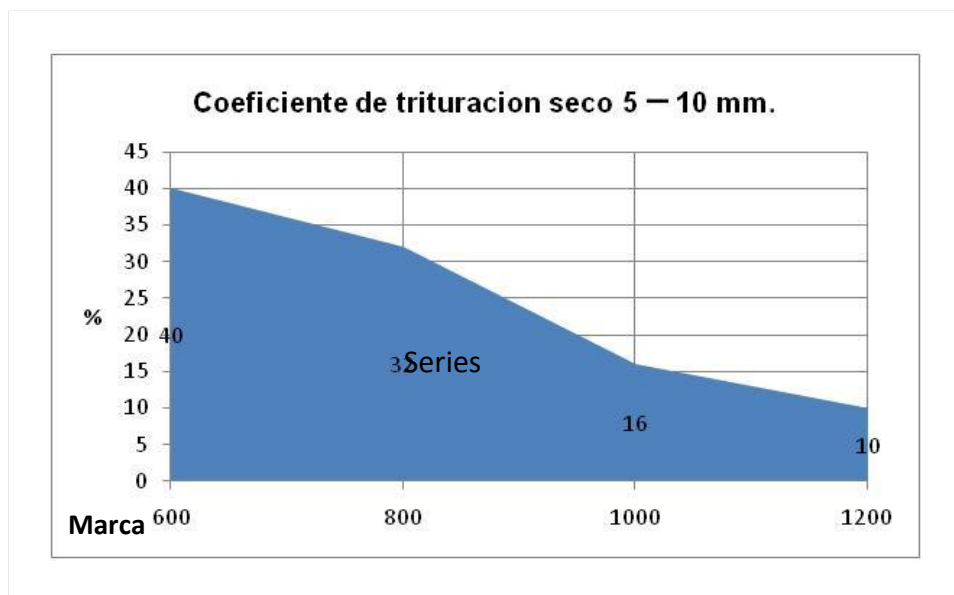


Figura 2.9. Histograma de frecuencia para el Coeficiente de trituración seco y saturado en %, fracción 5-10 mm.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

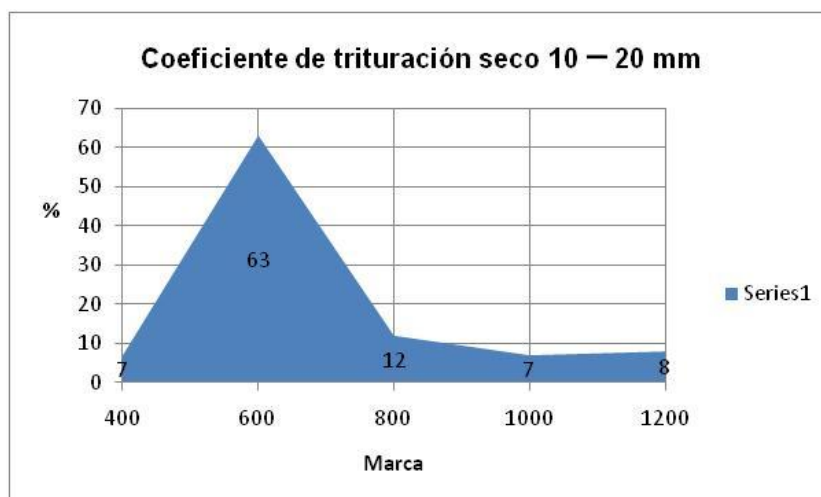


Figura 2.10. Histograma de frecuencia para el Coeficiente de trituración seco y saturado en %, fracción 10-20 mm.

Para la fracción 10-20 mm en el histograma de frecuencia un 97 % de los resultados presentan marca iguales o superiores a 400 y de ellas un 90 % están en el rango de 600 a 1200 lo cual avala la calidad del mineral para su uso en las diferentes actividades constructivas.

### Absorción

Según el histograma el parámetro de absorción tiene su mayor frecuencia entre los valores de 1 a 3 %, con el 59 %. Los valores mayores que 3 alcanzan el 35 % de las muestras y como promedio 2.46 % en el yacimiento, encontrándose por encima de la exigencia técnica, denotando que estas rocas poseen menor grado de agrietamiento y por tanto la absorción de agua se hace menor. La NRIB. 884/86 plantea en su punto Y – 3 piedras trituradas para la elaboración de las mezclas de asfalto, que la absorción máxima es de 3 %. De lo que se infiere que las calizas muestreadas poseen índice adecuado en su nivel de porosidad, cumpliendo con uno de los parámetros básicos para las rocas en su uso como áridos para la construcción (Figura 2.11).



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

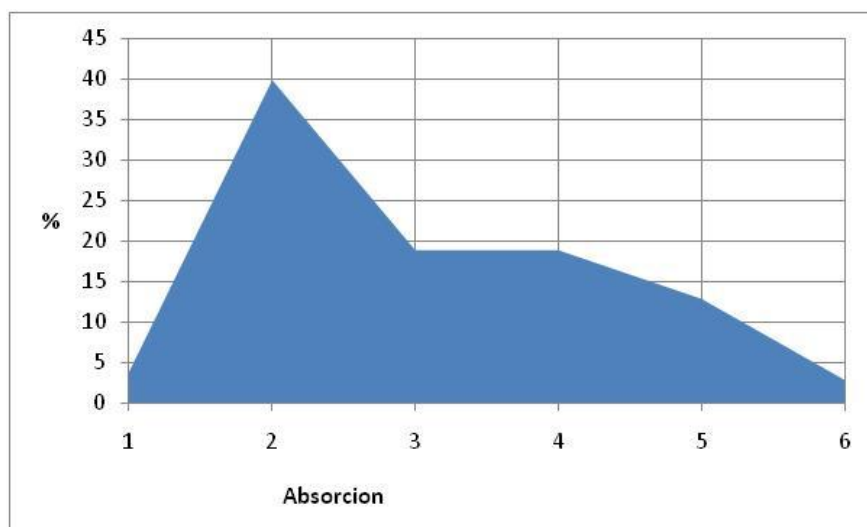


Figura 2.11. Histograma de Absorción.

Haciendo una comparación del histograma que muestra el muestreo básico en cuanto a la relación de marca/absorción, se puede concluir que esta es inversamente proporcional a la marca, a medida que la absorción disminuye la marca aumenta. Solo se observa un desbalance en esta proporción en 6 muestras que arrojaron resultados en que a medida que la marca aumenta la absorción también aumento, tal es el caso de las muestras (P-3/15; P-4/16; P-4/18; P-4/20; P-4/22; P-4/25), en el que los valores de absorción estuvieron por encima de 3.5 – 4.8% y en marca de 1000–1200 (Figura 2.12); además se presentan resultados de la masa volumétrica seca, saturada y absorción de agua en la tabla 2.3.

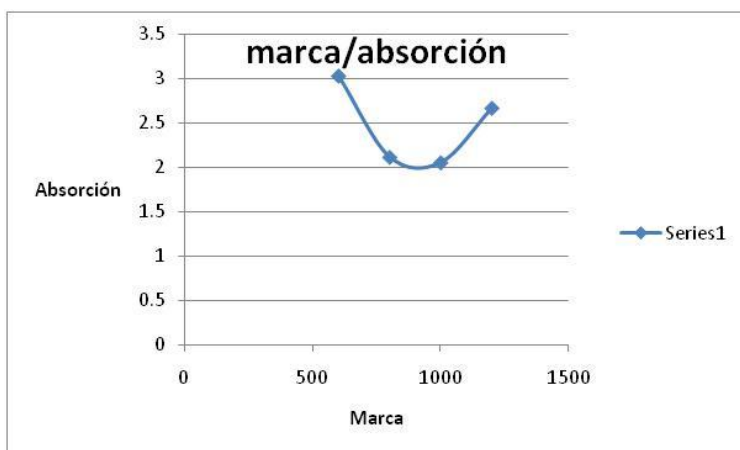


Figura 2.12. Histograma relación de Marca/absorción.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

Tabla 2.3. Masa Volumétrica seca, saturada y absorción de agua

No.	No. de Muestras	No. de pozo	Desde (m)	Hasta (m)	Masa Vol.(g/cm³)		Absorción %
					Seca	Saturada	
1	1TN	5 – 6	0.00	12.00	2.64	2.67	1.0
2	2TN	1A – 2 – 3 – 4	0.00 12.00	18.00 30.00	2.57	2.60	1.2
		5 – 6					
3	3TN	1A – 2 – 3 – 4	18.00 30.00	39.00 50.00	2.54	2.59	1.9
		5 – 6					
Promedio:					2.58	2.62	1.36

### 2.7. Composición química

De los resultados de análisis químico realizado a las 3 muestras compuestas, se pudo determinar que el yacimiento cuenta con una caliza cuyo contenido de  $\text{CaCO}_3$  promedio se comporta en 96.10 %, el  $\text{CaO}$  con contenido medio de 53.85 %, y como elementos nocivos están el  $\text{SiO}_2$  con 1.27 % de promedio, el  $\text{FeO}_3$  con 0.61 %, así como el  $\text{FeO}$  y el  $\text{SO}_3$  con contenido promedio de unos – 0.10 %, todos estos elementos se encuentran por debajo de los parámetros de calidad requeridos para estas rocas en su posible uso (Ver anexo 1).

En las paredes del depósito la mineralización está representada por una secuencia carbonatada, recristalizada, fracturadas, conteniendo intercalaciones terrígenas que aprovechan las grietas y poros, a partir del cual en toda su extensión por el rumbo y profundidad la mineralización se presenta masiva con cierto agrietamiento rellenas en parte por calcitas, de coloración blanco y tonalidades amarillentas, en el techo se utilizaran solo los primeros 20-40 cm. (Ver anexo 2).



## **PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY**

En su composición estas rocas contienen un 96,1 % de  $\text{CaCO}_3$  y otros elementos, que le confieren una mejor calidad como materia prima para su uso en la industria de la construcción.

### **Partículas planas y alargadas**

Las partículas planas y alargadas se evaluaron para dos fracciones:

La fracción de 5 -10 mm se presenta con 12.3 % como promedio en las tres muestras tecnológicas de laboratorio, al igual que la fracción de 10 – 20 mm, éstas presentan valores de 10.5 %, adecuados ambas fracciones para el uso que exige la tarea técnica que plantea que estas deberán estar por debajo del 20 % para su uso en la industria constructiva.

## **2.8. Propiedades físico- mecánicas**

### **Resistencia a la compresión**

Se tomaron los resultados de tres cilindros de tres muestras, con el objetivo de valorar la resistencia que poseen las calizas del yacimiento y clasificar los hormigones a emplear en las diferentes actividades constructivas en la región, dando resultados satisfactorios, comprendidos entre alta resistencia según valores que están en el orden de 436.9-461.6  $\text{Kg/cm}^2$ .

### **Determinación de la abrasión Los Ángeles**

De la abrasión realizada a las 3 muestras compuestas del duplicado de las muestras básicas mediante el molino Los Ángeles para las fracciones 0-5, 5-10, 10-20 y 20-40 mm, dan a concluir que los valores oscilan entre 29.6 – 35 %, cumpliendo con lo establecido en la tarea técnica respectivamente, según requisitos de la NRIB 884/1986, la que establece la evaluación tecnológica de la materia prima para el uso como árido en la construcción.

### **Determinación del coeficiente de trituración seco y saturado**

Los 6 pozos que entraron en el balance presentaron espesor útil favorable en toda su extensión y profundidad y estuvieron por encima de los requisitos exigido por la



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

tarea técnica, no observándose un intervalo que tanto por potencia, marca o absorción estuviese fuera de los parámetros exigido, por lo que todos los intervalos de los 6 pozos fueron incluidos en el cálculo de los recursos. Aunque se escogió la fracción de 10-20 mm para el cálculo, la fracción de 5–10 mm se tuvo en cuenta para evaluar la calidad de la materia prima en general y ésta arrojó que en todos los pozos, su marca estuvieron por encima de las exigencias de la tarea (Ver anexo 3).

### **Masa volumétrica según testigo de perforación**

La masa volumétrica seca para la fracción de 5-10 mm, posee valores de entre 2.29 – 2.65 g/cm<sup>3</sup>, teniendo como promedio 2.55 g/cm<sup>3</sup>, la masa volumétrica saturada para esa fracción alcanza valores de 2.49 – 2.72 g/cm<sup>3</sup>, por otro lado para realizar una mejor evaluación también fue evaluada la fracción de 10-20 mm en las que se alcanzaron valores de 2.40–2.75 g/cm<sup>3</sup> para la masa volumétrica seca y de 2.52-2.80 g/cm<sup>3</sup> para la saturada con un promedio de 2.61-2.66 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, alcanzando de esta forma el 100 % de todas las muestras evaluadas y que cumplen con los parámetros establecidos por las normas cubanas, las que establece que para este tipo de roca la masa volumétrica debe de estar en 2.36 g/cm<sup>3</sup> como promedio mínimo (Ver anexo 4).

### **2.9. Calidad de la materia prima y su uso industrial**

Del análisis realizado a las muestras tecnológicas de laboratorio, se determinó que el 1.4 % de polvo, limos y arcillas que estas rocas contienen en las diferentes fracciones granulométricas como promedio, le confieren un uso aceptado en las diferentes actividades constructivas que requieren bajo contenido en su proceso de molienda, pudiéndose adecuar este proceso en caso de generarse un incremento de estas partículas para actividades que requieren este parámetro por debajo de 1 %, tales como el uso en cualquier tipo de capa, para base o fundamento de pavimento, entre otras (Ver anexo 5).

Se realizó además un muestreo de comprobación a 9 muestras para comprobar y evaluar cualitativamente el yacimiento objeto de estudio, el cual arrojó resultados



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

positivos en cuanto a la calidad de la materia prima y a las características físicas de las rocas estudiadas (calizas).

Se debe señalar que cuatro de las muestras chequeadas, presentan los parámetros: coeficiente de trituración en la fracción de 10-20, marca y absorción, dentro de los rangos de las muestras básicas chequeadas, no así las otras muestras 5 (M 05; 06; 07; 08; 09), en la que los parámetros de evaluación no coinciden en su totalidad, no obstante la marca y la absorción de cada una de ellas se encuentran dentro de lo establecido por los parámetros calidad permisibles para su evaluación y participación en el cálculo de recursos (Ver anexo 6).

En la evaluación realizada a la cantera Cerro Calera Bariay se estableció una correlación de las muestras tomadas en cuanto a cantidad y calidad, se utilizaron diferentes parámetros para su evaluación geólogo tecnológica, fundamentalmente para estudios físico mecánicos (coeficiente de trituración); como principales criterios en la evaluación de esta materia prima se tuvieron en cuenta además, la absorción, el por ciento de partículas planas y alargadas, la abrasión Los Ángeles y la masa volumétrica, de igual manera se tuvo en cuenta las propiedades químicas para garantizar una mejor calidad en la evaluación de la materia prima.

De los 7 pozos de perforación muestreados en sus diferentes intervalos y profundidades para las determinaciones físico químicas presentes en las rocas, 6 de ellos fueron positivos, con la exclusión del pozo 1 que solo alcanzo 0.8 m de potencia de rocas útil, no acorde con los parámetros de exigencia de la tarea. De forma general en los bloques de cálculo los parámetros de calidad se encontraron en los rangos permitidos, bien sea por las exigencias de la tarea o bien por las especificidades de las normas que evalúan el uso de los áridos (Ver anexo 7).

### **2.10. Estimación de los recursos de materia prima**

En la tabla La estimación de recursos permite evaluar y garantizar 1 016 064,50m<sup>3</sup> de lo previsto en categoría de medidos más indicados, a la vez que se estiman 439 860,39 m<sup>3</sup> en recursos inferidos, los cuales no fueron especificados en la tarea



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

técnica y que con un trabajo de exploración pueden elevar su categoría y garantizar un incremento sustancial de estos recursos a la actividad minera necesaria para la construcción.

Tabla 2.4. Recursos por categorías (m<sup>3</sup>)

<b>Categoría de Recurso</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Medidos:	269 403,09
Indicados:	746 661,41
Inferidos	439 860,39

### 2.11. Caracterización del área de trabajo

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de los límites territoriales del municipio Rafael Freyre, perteneciente a la provincia Holguín y se localiza en la plancheta 5079 – III Santa Lucia y 5078 – IV Tacajó a escala 1: 50000, ocupa un área de 11.23 hectáreas, no existen redes fluviales, la yacencia de las capas es prácticamente horizontal en toda la zona y no se observan fenómenos tectónicos.

#### 2.11.1. Información técnica sobre los trabajos de investigación geológica del yacimiento

Se efectuaron recorridos por toda el área que ocupará la cantera, hasta los límites de la concesión minera. Prácticamente en toda la longitud del frente se observan espesores apreciables de calizas de alrededor de 20 m, teniendo en cuenta que hasta ahora lo planteado por la geología regional y del yacimiento no evidencia fenómenos tectónicos ni complejidades de otra índole.

#### 2.11.2. Estimado base de los recursos del área

Teniendo en cuenta la superficie que ocupa la zona y la potencia útil estimada por el frente de cantera se estimó alrededor de 1 016 064.50m<sup>3</sup> de recursos estimados. Esta materia prima debe cumplir las especificaciones como árido para la construcción y cal para diferentes usos.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### CAPITULO III: LABORES MINERAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA CERRO CALERA BARIAY

#### 3.1. Introducción

El objetivo del presente capítulo es realizar el análisis de las labores de apertura y el sistema de explotación de la cantera Cerro Calera Bariay.

#### 3.2. Condiciones técnico-mineras de explotación del yacimiento

El yacimiento tiene las condiciones minero-técnicas favorables para la explotación a cielo abierto; en las observaciones realizadas se pueden describir calizas que afloran a la superficie y solamente en algunos sectores se recubren de suelo o capa vegetal de poca potencia y rocas arcillosas.

#### 3.3. Descripción actual de las labores mineras

El método para la explotación utilizado en este yacimiento es a cielo abierto, la extracción se realiza con uso de perforación y explosivos, los escalones tienen una altura aproximada entre 8 y 15 m con ángulo de talud de 80 ° como promedio, el desbroce se realizará de forma manual por la dificultad del acceso al área de trabajo y la poca vegetación, utilizando el bulldozer para trabajos auxiliares, con el uso del cargador frontal se carga el material a los camiones donde estos lo transportan hacia la planta.

La materia prima extraída del yacimiento abastece a la planta de procesamiento, con una capacidad anual de 94.722 m<sup>3</sup>.

#### 3.4. Régimen de trabajo

En la cantera el régimen de trabajo se conforma por días laborales de un turno de 8 horas, el horario laboral es desde las 8:00 AM hasta las 4:00 PM todos los días de la semana incluyendo los días feriados.

Días calendarios.....365

Días perdidos por condiciones climáticas.....-20

Otros imprevistos, considerando la posibilidad de la ruptura o mantenimiento general de los



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

equipos.....	5
Días feriados al año.....	9
Número de días laborables al año.....	331
Turnos de trabajo al día.....	1
Horas de un turno.....	8
Aprovechamiento del tiempo (%).....	85

### 3.5. Volumen de material útil in situ a extraer en un año ( $V_{tm}$ )

$$V_m = \frac{Q_p}{K_a \times K_1 \times K_e} = \frac{158.880 \times 0,85}{0,98 \times 1,5} = 94.722 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

$Q_p$ : Productividad anual de la planta (rajón): 158.880 m<sup>3</sup>/año

$K_a$ : Coeficiente de aprovechamiento de la planta: 0,85

$K_e$ : Coeficiente de esponjamiento de las rocas: 1,5

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

#### 3.5.1. Tiempo de explotación de la cantera

$$T_{\text{exp}} = \frac{V_{\text{est}}}{V_{tm}} = \frac{674.900}{135.000} = 5 \text{ años}$$

Donde:

$V_{\text{est}}$ : Volumen estimado de recursos del área

$V_{tm}$ : Volumen total de material útil in situ a extraer en un año

### 3.6. Equipamiento técnico minero para la realización de los trabajos en la zona

Para la realización de los trabajos, el establecimiento productivo cuenta con los siguientes equipamientos mineros que son medios básicos de la cantera.

- Un bulldozer, modelo 235-245 HP, sobre estera.
- Un cargador marca VOLVO, sobre neumáticos.
- Tres camiones modelo HOWO.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### Otros servicios prestados para la realización de los trabajos

El servicio de barrenación está contratado a la empresa Explomat, perteneciente al Geicom, la misma lo realiza con un complejo Atlas Copco, perforadora Rock 460 PC y compresor Xahs 416.

#### 3.6.1. Características técnicas del equipamiento minero

Tabla 3.1: Características técnicas del Bulldozer modelo 235-245 HP

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Largo	m	5,65
Alto	m	3,06
Potencia	HP	235-245
Altura de la cuchilla	m	1,21
Ancho de cuchilla	m	3,20
Consumo de combustible	l/h	22
Altura máxima de corte	m	0,42
Radio de giro exterior	m	3,3
Tipo de combustible	-	Diesel
Velocidad de corte	m/min	120
Velocidad de transporte	m/min	190
Disponibilidad mecánica	%	70

Tabla 3.2: Características técnicas del cargador marca VOLVO

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Largo	m	7,60
Ancho	m	2,90
Volumen del cubo	m <sup>3</sup>	4,0
Consumo de combustible	l/h	25
Disponibilidad mecánica	%	70

Tabla 3.3: Características técnicas del Camión modelo HOWO

Parámetros	Unidad de medida	Valor
Capacidad de carga	m <sup>3</sup>	15
Tipo de combustible	-	Diesel



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

Consumo de combustible	l/h	10
Pendiente máxima superable	%	(i =10)
Ancho	m	2,64
Longitud	m	8,1
Radio de giro	m	12
Disponibilidad mecánica	%	70
Velocidad del camión cargado	km/h	30
Velocidad del camión vacío	Km/h	20

### 3.7. 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, escombreras u otros objetivos fuera de la cantera. Debido al desarrollo del turismo en la costa norte de la provincia de Holguín se decidió aperturar una parte del yacimiento el cual presenta un buen desarrollo minero por lo que solo se implementaran acciones en cuanto al rescate de los caminos de acceso a los diferentes frentes.

Para explotar los recursos que se encuentran en los bloques de “Medidos+Indicados” los cuales están calculados hasta la cota +60 m, se requiere crear una rampa de acceso al nivel + 90, a partir de la cual se realizarán los trabajos preparatorios para iniciar su explotación.

### 3.8. Labores de apertura

Los trabajos mineros para la apertura consisten en el laboreo de las excavaciones y el equipamiento para realizarlas. El tipo de excavación es el que caracteriza el método 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. Para eso es necesario aperturar el nivel, es decir, crear una excavación especial desde la superficie hasta el nivel inferior. Estas excavaciones se denominan rampa de acceso y trinchera de corte.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### 3.9. Plan Calendario de Minería

#### Primer año de explotación

En la primera etapa de explotación se procederá a desarrollar la parte superior del cerro desde la cota +100 al la cota +97 el cual se ubica al sur del yacimiento, y una segunda etapa desde la cota +97 a la cota +80. Dicho cerro tiene un área de 1349 m<sup>2</sup> y aportará a la producción un volumen de material útil de 14100 m<sup>3</sup>. Para su explotación (dada la dificultad del relieve) será necesario utilizar métodos alternativos como el uso de una grúa de izaje con el fin de subir la carretilla de barrenación hasta la cota más alta ya que el equipamiento disponible no tiene acceso a la parte superior de dicha elevación (Ver Anexo 8).

#### Segundo año de explotación

En este año se culminaría la explotación de la cota + 80m a la cota +76 en una primera etapa, y en una segunda etapa desde la cota +76 a la cota +62 en la parte Oeste de la cantera, explotando en retroceso el camino de acceso a la misma y se comenzarían los trabajos en el frente principal de la cantera (Ver Anexo 9).

#### Tercer año de explotación

Se comenzarán los trabajos en la cota + 78 m a la cota +62 en la parte Este de la cantera. (Ver Anexo 10).

#### Cuarto año de explotación

Los trabajos de extracción comenzarán en una primera etapa que va a estar dividida en dos zonas una primera en la parte Norte en la cota +68 a la cota +62 y una segunda zona de trabajo en la parte Sur en la cota +74 a la cota +62, la segunda etapa comenzará en la cota +64 con la construcción de una trinchera que avanzará desde el camino sur con el objetivo de explotar las reservas de caliza que se encuentran por debajo del nivel actual de la cantera cota +52. Dicha trinchera tendrá una longitud de 125 metros, 10 metros ancho, una altura de 10m y 8 % de pendiente, su destino final será la cota + 52 m dando paso así a un nuevo



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

frente que será puesto en marcha en el segundo semestre de este año (Ver Anexo 11).

### **Quinto año de explotación**

Los trabajos en una primera etapa continuarán el desplazamiento de la trinchera de Norte-Sur por la cota +52, y la segunda etapa sería la culminación de los trabajos en la cantera. ( Anexo 12).

### **3.10. Tala y desbroce**

La tala consiste en el corte de los arbustos presentes en el área del yacimiento. El desbroce se basa en la extracción y retiro de los arbustos, plantas, troncos, malezas, basura y cualquier otro objeto no deseable del área del yacimiento. Los productos del desbroce se retirarán de la zona del yacimiento y se ubicarán en el depósito localizado en la escombrera.

Equipos y medios necesarios para esta actividad: buldózer, cargador y camiones; sierras mecánicas, machetes, hachas.

### **3.11. Tecnología de los trabajos mineros**

Los trabajos mineros en el yacimiento consisten en el arranque, traslado y almacenamiento del mineral y las rocas de destape. Para ello se deben realizar los siguientes procesos básicos: preparación de las rocas para la excavación; excavación – carga; traslado de la masa minera (las rocas estériles hacia las escombreras y el mineral a los depósitos o a la planta) y la preparación primaria del mineral y su beneficio. Además se realizarán otros procesos auxiliares mineros como el suministro eléctrico, drenaje, muestreo de los minerales, mantenimiento y reparación de los equipos, etc., que aseguran la ejecución de los trabajos mineros.

La tecnología y mecanización de los trabajos se basa en los principios de la continuidad, simultaneidad e independencia de los procesos, aseguramiento de la mínima distancia de transportación de la masa minera, disminución del número y



## **PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY**

volumen de los trabajos auxiliares, mínimo de gastos y el máximo de ingresos por la realización de la producción.

### **3.12. Trabajos de arranque, carga y transporte**

Estos trabajos contemplan la excavación y carga (traslado y descarga) en medios de transporte de la masa minera; la excavación de las rocas se realizará con Cargador. En los trabajos a cielo abierto es conocido y se lleva a cabo el termino 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 y la máquina base en esta estructura es la de excavación-carga.

#### **Arranque**

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 calculan (por método automatizado) los parámetros necesarios para los trabajos de perforación y voladuras, obteniendo como 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 del cargador.

#### **Transportación del mineral y del estéril**

Esta labor es parte de los trabajos mineros en el yacimiento, a través de la cual se traslada 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 rígidos de 15 m<sup>3</sup> de capacidad, lo cual constituye un esquema cíclico. El transporte automotor tiene como ventaja, respecto a otros sistemas, su maniobrabilidad,



## **PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY**

flexibilidad y en distintas condiciones climáticas, capacidad de vencer grandes pendientes, etc.

Es importante la organización del trabajo para que haya fiabilidad en esta labor debido a que la efectividad de otros equipos depende de ella y son muchas las características que influyen en su fiabilidad.

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

- Distancia máxima a la planta (Km): 0.3
- Distancia a las Escombreras (Km): 0.136

### **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, teniendo en cuenta las medidas de protección del medio ambiente.

El sistema de laboreo es con transporte automotor rígido, por bancos de 10 m hasta el nivel +90m, se utilizarán cargadores frontales de 4.0 m<sup>3</sup> para la carga hasta los camiones de carga, 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.

En dependencia del desarrollo general de los trabajos con respecto al campo de cantera, el sistema de laboreo a utilizar será longitudinal, donde el frente de 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 uno o los dos lados. En este yacimiento se usará el sistema de laboreo longitudinal con profundización bilateral, realizando el laboreo en la dirección Este-Oeste y de Norte a Sur.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### 3.13. Escombreras

#### 3.13.1. Método de selección del emplazamiento de las escombreras

La elección del área de ubicación de la escombrera persigue diversos objetivos como son:

- Minimizar los costos de transporte y vertido.
- Alcanzar la integración y la restauración de la estructura en el entorno.
- Garantizar el drenaje.
- Minimizar el área afectada.
- Minimizar la alteración sobre habitats y especies protegidas, etc.

El material estéril extraído durante las labores de apertura y explotación del yacimiento se almacenarán en la escombrera. Como este yacimiento ya fue aperturado, existe una escombrera ya conformada cuyos límites sobrepasan los de la concesión.

La escombrera es conformada por el método de plazoleta, en este método las rocas se descargan sobre el área de la escombrera ya conformada para después ser niveladas con el buldózer destinado a tales efectos.

La escombrera diseñada tiene una capacidad de  $1800 \text{ m}^3$ , se conformará en un nivel desde la (cota +57 m) hasta el nivel + 53 con una altura de 4 m. Las características de la escombrera del yacimiento son las siguientes:

- Largo: 30 m
- Ancho: 20 m
- Altura: 4.0 m con un nivel
- Forma geométrica: Rectangular
- Ángulo de reposo:  $260^{\circ}$
- Cota máxima: 57.0
- Cota mínima: 53.0



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

Durante la planificación y proyección de la escombrera se deben considerar los siguientes factores:

- Estar situadas en áreas sin mineral o en zonas de minado antiguo
- No obstaculizar el desarrollo de los trabajos mineros
- Cumplir las normas de seguridad
- Encontrarse a una distancia mínima del punto de carga de material estéril
- Las escombreras deben tener un tamaño racional respecto al volumen a depositar
- Ubicación en lugares ocultos, aprovechando obstáculos naturales del terreno y alejamiento de focos principales de observación, no tapando vistas panorámicas
- Garantizar una geometría estable
- Uso de criterios de escala: Tamaño de la escombrera y entorno donde se ubica

### 3.14. Método y sistema de explotación

Dadas las características y condiciones que se presentan en el yacimiento objeto de estudio se determina que el método utilizado es a cielo abierto.

El sistema de explotación define el orden de formación de la zona de trabajo en el yacimiento en tiempo y espacio, y se caracteriza por el desarrollo armónico de los trabajos mineros en los escalones, forma de los frentes y dirección de desplazamiento.

El sistema de explotación a emplear, según el orden de los trabajos en profundidad será el sistema con profundización.

Los principales elementos del sistema de explotación son: escalones de trabajo, trincheras de apertura, plazoletas de trabajo, zanjas de preparación, escombrera, etc. Los parámetros de cada uno de estos elementos son tratados en acápites incluidos en el proyecto y dependen del tipo de equipamiento utilizado y a su vez influyen en la efectividad del trabajo de estos.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

La geología del yacimiento expone las condiciones de yacencia del cuerpo mineral y describe las características que condicionan la explotación por el método a cielo abierto y mediante trincheras sucesivas con profundización. A partir de lo expuesto se tuvo en cuenta cuatro grupos de parámetros: geométricos, geomecánicos, operativos y medioambientales.

**Geométricos:** función de la estructura y morfología del yacimiento, pendiente en terreno, pendiente en límites de propiedad, etc.

**Geomecánicos:** dependiente de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se encuentra dividido el yacimiento.

**Operativos:** 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:** aquellos que permiten la ocultación a la vista de los huecos o escombreras, faciliten la restauración de los terrenos o la reducción de ciertos impactos ambientales.

Posterior a las labores de desbroce, se procederá a la profundización de la misma. Se realizará la trinchera de apertura y una trinchera de corte para cada nivel, cuando se haya realizado el avance de la trinchera de corte hasta descubrir todo el cuerpo mineral del bloque medido, se ampliará la trinchera hacia el borde activo del yacimiento, en una distancia equivalente al tamaño de la plazoleta de trabajo. Una vez que se alcance esta distancia se comenzará la trinchera de apertura del nivel inferior.

### 3.15. Diseño de la cantera

El diseño final representa la envolvente mayor que maximiza el beneficio operacional instantáneo de un yacimiento posible a explotar a cielo abierto. Es un estado geométrico que muestra al yacimiento luego de su total explotación, es



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

decir, que se puede considerar como la situación de la cantera al final de su vida útil.

### Diseño final operativo de la cantera

Sobre la base del equipamiento, concesión minera, cuerpo mineral y leyes de corte se procedió a realizar el diseño final operativo de la cantera, teniendo en cuenta los parámetros minero-técnicos para el desarrollo eficaz de la misma.

### 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. En el yacimiento objeto de estudio se extraerán empleando escalones de hasta 14m de altura.

**Ángulo de talud:** el ángulo del talud de los escalones de trabajo se determina teniendo en cuenta el carácter de la estratificación y el grado de agrietamiento. Atendiendo a lo planteado anteriormente y a las Normas de Proyección Tecnológicas, las calizas que conforman este yacimiento el ángulo del talud de trabajo es de 80°.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### 3.16. Labores de desbroce

Las labores de desbroce se realizarán de forma manual con el uso de motosierras y machetes por la poca vegetación existente en el área y la complejidad del yacimiento para llegar a la cota + 100, todo el material extraído irá directamente a la planta de procesamiento.

### 3.17. Labores de extracción del mineral útil

Alcanzado el nivel de material útil en toda el área se comienza la extracción, que comienza en la cota +100 y finaliza en la cota +60, que contará con cuatros bancos de 10m.

En el yacimiento se efectuara el arranque con explosivos, donde el material se cargará por un cargador VOLVO a los camiones HOWO que posteriormente lo trasladarán hacia la planta de beneficio con que cuenta la cantera, ubicada al sur oeste de la cantera.

#### 3.17.1. Cálculo del equipamiento minero en las labores de extracción del mineral útil

##### Cálculo del cargador VOLVO

##### Productividad horaria

$$Q_h = \frac{3.600 \times C_c \times K_{ll} \times K_u}{K_e \times T_c}$$

$$Q_h = \frac{3.600 \times 4,0 \times 0,9 \times 0,85}{1,3 \times 38}$$

$$Q_h = 223 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

$K_u$ : Coeficiente de utilización del cargador: 0,85

$C_c$ : Capacidad de la cuchara: 4,0 m<sup>3</sup>

$K_{ll}$ : Coeficiente de llenado de la cuchara: 0,9

$K_e$ : Coeficiente de esponjamiento: 1,3

$T_c$ : Tiempo de ciclo: 38 s



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### Cálculo del tiempo de ciclo

$$T_c = T_1 + T_2 + T_3 + T_v + T_m$$

$$T_c = 11 + 8 + 6 + 7 + 6$$

$$T_c = 38 \text{ s}$$

Donde:

$T_1$ : Tiempo de llenado de la cuchara: 11 s

$T_2$ : Tiempo de movimiento cargado: 8 s

$T_3$ : Tiempo de movimiento vacío: 6 s

$T_v$ : Tiempo de descarga de la cuchara: 7s

$T_m$ : Tiempo de maniobra: 6 s

### Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times T_t$$

$$Q_t = 222 \times 8$$

$$Q_t = 1.776 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Donde:

$T_t$ : Horas de un turno de trabajo

$Q_h$ : Productividad horaria

### Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t$$

$$Q_a = 331 \times 1.776$$

$$Q_a = 587.856 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

$N_a$ : Días laborables al año (331)

$Q_t$ : Productividad por turno

### Cantidad de días necesarios para la carga del material

$$N_c = \frac{V_{min}}{Q_t}$$



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

$$N_c = \frac{674.900}{1.776}$$

$$N_c = 380 \text{ días}$$

Donde:

$V_e$ : Volumen de material a arrancar

$Q_a$ : Productividad por día

### Parámetros de operación del cargador VOLVO

Tabla 3.7: Parámetros de operación del cargador VOLVO

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
Volumen de material	m <sup>3</sup>	674.900
Tiempo de ciclo	s	38
Productividad horaria	m <sup>3</sup> /h	223
Productividad por turno	m <sup>3</sup> /turno	1.776
Productividad anual	m <sup>3</sup> /año	587.856
Cantidad de días	días	380

### 3.17.2. Cálculo del camión HOWO

#### Tiempo de recorrido del camión cargado

$$T_{rcc} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcc}}$$

$$T_{rcc} = \frac{60 \times 0,3}{15}$$

$$T_{rcc} = 1,2 \text{ min}$$

Donde:

$D_{prc}$ : Distancia de recorrido del camión hasta la planta: 0,3 km

$V_{prcc}$ : Velocidad promedio de recorrido del camión cargado: 15 km/h

#### Tiempo de recorrido del camión vacío

$$T_{rcv} = \frac{60 \times D_{prc}}{V_{prcv}}$$



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

$$T_{rcv} = \frac{60 \times 0,3}{25}$$

$$T_{rcv} = 0,72 \text{ min}$$

Donde:

D<sub>prc</sub>: Distancia promedio de recorrido del camión: 0,3 km

V<sub>prcv</sub>: Velocidad promedio de recorrido del camión vacío: 25 km/h

### Tiempo de carga del camión

$$T_{cc} = \frac{T_{cc} \times N_c}{60}$$

$$T_{cc} = \frac{38 \times 4}{60}$$

$$T_{cc} = 2,53 \text{ min}$$

Donde:

N<sub>c</sub>: Cantidad de cucharas para llenar el camión: 4

T<sub>cc</sub>: Tiempo de ciclo del cargador: 38 s

### Tiempo de ciclo

$$T_c = T_{mc} + T_c + T_{rc} + T_{md} + T_d + T_{rcv}$$

$$T_c = 1 + 2,53 + 1,2 + 1 + 0,2 + 0,72$$

$$T_c = 6,65 \text{ min}$$

Donde:

T<sub>rv</sub>: Tiempo de recorrido vacío: 0,72 min

T<sub>rc</sub>: Tiempo de recorrido cargado: 1,2 min

T<sub>c</sub>: Tiempo de carga: 2,53 min

T<sub>d</sub>: Tiempo de descarga: 0,20 min

T<sub>md</sub>: Tiempo de maniobra para la descarga: 1 min

T<sub>mc</sub>: Tiempo de maniobra de carga: 1 min



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### Productividad horaria

$$Q_h = \frac{60 \times C_{cc}}{K_e \times T_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \times 15}{1,3 \times 6,65}$$

$$Q_h = 104 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

$Q_h$ : Productividad por hora

$C_{cc}$ : Capacidad de carga del camión: 15 m<sup>3</sup>

$K_e$ : Coeficiente de esponjamiento del material

### Productividad por turno (diaria)

$$Q_t = Q_h \times K_{ll} \times T_t$$

$$Q_t = 104 \times 0,9 \times 8$$

$$Q_t = 749 \text{ m}^3 / \text{t}$$

Dónde:

$Q_t$ : Productividad por turno (diaria)

$K_{ll}$ : Coeficiente de llenado: 0,9

$T_t$ : Tiempo de un turno de trabajo

### Productividad anual

$$Q_a = N_a \times Q_t$$

$$Q_a = 331 \times 749$$

$$Q_a = 247.919 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Donde:

$N_a$ : Días laborables al año (331)

$Q_t$ : Productividad por turno (diaria)

### Cantidad de días para el traslado del estéril con 3 camiones



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

$$N_c = \frac{V_{mt}}{Q_t}$$

$$N_c = \frac{674.900}{749 \times 3}$$

$$N_c = 340 \text{ días}$$

Donde:

$V_{mat}$ : Volumen de material

$Q_a$ : Productividad por turno (diaria)

### Parámetros de operación del camión HOWO

Tabla 3.8: Parámetros de operación del camión HOWO

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
Volumen de material	m <sup>3</sup>	674.900
Tiempo de ciclo	min	5,53
Productividad horaria	m <sup>3</sup> /h	104
Productividad por turno	m <sup>3</sup> /turno	749
Productividad anual	m <sup>3</sup> /año	247.919
Cantidad de Camiones	-	3
Tiempo	días	300

### 3.18. Pasaporte de perforación y voladura para la explotación de los bloques

El frente de trabajo en el banco será en bloques de 30 x 27 x 10 metros según la dirección que se especifique para cada frente o relaciones similares. Para la realización del pasaporte de perforación y voladora del bloque hay que tener en cuenta la productividad de los camiones con respecto al volumen de mineral a extraer, asegurando la cantidad de días de explotación en el bloque para las labores perforación del siguiente bloque a explotar.

### Línea de menor resistencia por el piso

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

$$W_p = 53 \times 0.9 \times 0,115 \sqrt{\frac{0,98 \times 1}{2,36}}$$



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

$$W_p = 3,5 \text{ m}$$

Donde:

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

$D_c$ : Diámetro de los taladros: 0,115 m

$\Delta$ : Densidad de carga: 0,98g/cm<sup>3</sup>

$\gamma$ : Masa volumétrica de la roca: 2,36 g/cm<sup>3</sup>

e: Coeficiente de la capacidad de trabajo: 1

### Distancia entre taladros en la fila

$$a = M \times W_p$$

$$a = 1 \times 3,5$$

$$a = 3,5 \text{ m}$$

Donde:

M: Coeficiente de aproximación de las cargas: 1

$W_p$ : Línea de menor resistencia por el piso

### Distancia entre filas de taladros

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

$$b = 0,85 \times 3,5$$

$$b = 2,97 \text{ m}$$

Donde:

a: Distancia entre taladros en la fila

### Numero de filas

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

$$N_f = \frac{27}{2,97} + 1$$

$$N_f = 10,09 \approx 10 \text{ filas}$$

Donde:



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

b: Distancia entre filas de taladros

B: Ancho del bloque por el fondo: 27 m

### Reajuste de la distancia entre filas

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

$$b_r = \frac{27}{10 - 1}$$

$$b_r = 3 \text{ m}$$

Donde:

$N_f$ : Numero de filas

B: Ancho del bloque por el fondo: 27 m

### Números de taladros en una fila

$$N_{ff} = \frac{M_a}{a} + 1$$

$$N_{ff} = \frac{30}{3,5} + 1$$

$$N_{ff} = 9,57 \approx 9$$

Donde:

$M_a$ : Cantidad de metros de avance para taladros: 30 m

a: Distancia entre taladros en la fila

### Reajuste de la distancia entre taladros en la fila

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

$$a_r = \frac{30}{9 - 1}$$

$$a_r = 3,8 \text{ m}$$

Donde:

$M_a$ : Cantidad de metros de avance para taladros: 30 m



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

$N_f$ : Números de taladros en la fila

### Longitud de sobreperforación

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

$$L = 0,2 \times 3,5$$

$$L = 0,7 \text{ m}$$

Donde:

$W_p$ : Línea de menor resistencia por el piso

### Longitud mínima de relleno

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

$$L_r = 0,75 \times 3,5$$

$$L_r = 2,62 \text{ m}$$

Donde:

$W_p$ : Línea de menor resistencia por el piso

### Magnitud de la carga de los taladros

$$Q = q \times a_r \times W_p \times H_b = 0,37 \times 3,8 \times 3,5 \times 10 = 49,21 \text{ Kg}$$

Donde:

$H_b$ : Altura del banco: 10 m

$q$ : Gasto específico de S.E:  $0,37 \text{ kg/m}^3$

$W_p$ : Línea de menor resistencia por el piso

$a_r$ : Reajuste de la distancia entre taladros en la fila

### Longitud de los barrenos

$$L = H_b + L = 10 + 0,7 = 10,7 \text{ m}$$

Donde:

$H$ : Altura del banco: 10 m

$L$ : Longitud de sobreperforación



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

Tabla 3.16: Parámetros del pasaporte de perforación y voladura para los bloques:

Barrenos		
Parámetros	Unidad de medida	Bloque 30×27
Línea de menor resistencia	m	3,5
Distancia entre taladros en la fila	m	3,5
Distancia entre filas de taladros	m	2,97
Producción por barrenos	m <sup>3</sup>	114
Número de filas	-	10
Reajuste de la distancia entre filas	m	3
Números de taladros en una fila	-	9
Reajuste de la distancia entre taladros en la fila	m	3,8
Longitud de sobreperforación	m	0,7
Longitud mínima de relleno	m	2,62
Diámetro del barreno	m	0,115
Magnitud de la carga	Kg	49,21
Cantidad de barrenos	u	90
Cantidad de detonadores	u	90

### 3.18.1 Cálculo de los parámetros de los equipos de perforación

Para la perforación de los taladros se utilizara el equipo perforador Atlas Copco Rock 460PC. El cálculo de los parámetros del equipo perforador es de vital importancia para la planificación de la cantidad necesaria a utilizar durante la barrenación de los diferentes bloques, permitiendo así una eficiente organización de los trabajos en la cantera; es por eso que se calcula después de efectuados los cálculos del pasaporte de perforación y voladura.

#### Rock 460 PC

#### Productividad anual en metros

$$Q_a = Q_p \times N_t \times T_t \times N_a$$

$$Q_a = 15 \times 1 \times 8 \times 331$$

$$Q_a = 39.720 \text{ m/año}$$

Donde:

Q<sub>p</sub>: Productividad de perforación: 15 m/h



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

$N_t$ : Cantidad de turnos: 1

$N_a$ : Días laborables al año: (331)

$T_t$ : Horas productivas en el turno: 8h

### Cantidad necesaria de equipos perforadores

$$N_p = \frac{V_{mt}}{Q_a}$$

$$N_p = \frac{125.104}{39.720}$$

$$N_p = 3 \text{ perforadores}$$

Donde:

$Q_a$ : Productividad anual en metros

$v_{tm}$ : Volumen total de material in situ: 125.104 m<sup>3</sup>

### 3.18.2 Cantidad de compresores necesarios para el suministro de aire comprimido para los equipos de perforación

Para garantizar el aire comprimido que consumen los equipos perforadores se usara el compresor Atlas Copco Xahs 416, el cual garantiza una productividad de 25 m<sup>3</sup>/h, del cual se necesitaran 2 compresores.

Tabla 3.17: Parámetros de los equipos de perforación:

Parámetros	Equipo perforador Atlas Copco Rock 460PC	Compresor Atlas Copco Xash 416
Cantidad trabajando	3	2
Cantidad de reservas	1	1
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

### 3.18.3 Esquemas de iniciación de las voladuras

Los medios a utilizar serán:

- Detonadores no eléctricos Exel Handidet
- Detonadores de superficie Exel Conectadet
- Cordón detonante



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

- Cable Duplex
- Máquina explosora KPM-1M

La voladura se realizara por el método de iniciación no eléctrico, ya que su esquema de conexión es más simple y seguro. El esquema de explosión es trapezoidal y la conexión del detonador con el cordón detonante se realizara con conectores J. Para la voladura primaria se recomienda la utilización de la voladura micro retardada por las siguientes ventajas:

- Disminución del efecto sísmico de la explosión.
- Mejorar la calidad de fragmentación del macizo volado.
- Disminuir la salida de la piedra sobre medida.
- Disminuye el ancho, cambia la dirección de arranque o forma de dispersión.

En caso de necesitar la fragmentación secundaria del material sobre medido este será separado del frente y acumulado para posteriormente ser fragmentado por la retroexcavadora New Holland Kobelco con martillo hidráulico acoplado.

### 3.19. Trabajos auxiliares

Los trabajos auxiliares o de apoyo serán el resto de las actividades que garantizaran la calidad, eficiencia y desarrollo en el tiempo requerido de los procesos principales que se estén llevando a cabo.

### 3.20 Diseño y construcción de caminos

Los parámetros de diseño y construcción para los caminos en el yacimiento son los siguientes:

- Ancho total del camino: 10 m
- Pendiente longitudinal recomendada: 10 %
- Radio mínimo de curvatura: 25 m
- Espacio de seguridad entre vehículos: 1 m
- Espacio entre el vehículo y el borde exterior del camino: 1,5 m



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### CAPÍTULO IV. CÁLCULO ECONÓMICO DEL PROYECTO DE EXPLOTACION DE LA CANTERA CERRO CALERA BARIAY

#### 4.1. Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo realizar el análisis económico de la explotación de la cantera Cerro Calera Bariay.

El indicador fundamental para determinar la efectividad de cualquier proyecto que se ejecuta es el costo de producción de una tonelada por  $m^3$  de mineral extraído. Para ello se tienen en cuenta los gastos que se originan durante el desbroce, destape y arranque; así como los gastos en el proceso de extracción del material útil.

El costo de extracción puede disminuirse a partir de la reducción de los distintos gastos que la componen, lo cual se puede lograr con el empleo de:

- Técnicas y tecnologías desarrolladas que permitan elevar la productividad del trabajo.
- Organización óptima de los trabajos que permitan la máxima eficiencia en la utilización de los equipos y recursos humanos.

#### 4.2. Determinación de los costos

Los costos de operación han sido determinados para el primer año de explotación, periodo base para el proyecto y el plan de extracción. Esto se debe a las posibles variaciones de los precios de combustible, lubricantes, materiales u otros, cambios de maquinaria y de todas las operaciones establecidas en la cantera que pueden afectar el índice de costo, para ello se deben realizar los cálculos por cada año de explotación para asegurar la viabilidad del proyecto.

Para los cálculos económicos se tienen en cuenta los gastos que se originan en las fases fundamentales que más inciden en el costo de producción en el primer año de explotación:

- Labores de desbroce y destape
- Labores de carga y transporte
- Labores de perforación y voladura

#### 4.3. Índices a tener en cuenta para el cálculo de los costos de producción Combustible

Para el cálculo del gasto de combustible se multiplicó el consumo por el precio de un litro de combustible.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

Tabla 4.2. Gastos por concepto de combustible Gc

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo horario (l/hora)	Horas Operación	Precio del litro (US\$)	Costo total
Cargador	1	25	4.512	0,55	62.040
Bulldócer	1	22	4.512	0,55	54.595
Camión	3	10	3.568	0,55	58.872
<b>Total</b>	<b>5</b>				<b>175.507</b>

### Neumáticos

El cálculo de los gastos en neumáticos se obtiene a partir de las horas de trabajo de cada equipo por actividad. Estos fueron calculados como el producto del índice de costo horario para los neumáticos para cada equipo por el total de horas de operación.

Tabla 4.3. Gastos totales por concepto de neumático Gn

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo de neumático al año (U)	Costo de neumático(US\$)	Costo total
Cargador	1	1	5.000	10.000
Camión	3	2	500	3.000
<b>Total</b>	<b>4</b>			<b>13.000</b>

### Mantenimiento

El gasto de mantenimiento se obtiene de las horas de trabajo de cada equipo por actividad. Estos fueron calculados como el producto del índice de costo horario de mantenimiento para cada equipo por el total de horas de operación.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

Tabla 4.4. Gastos totales por concepto de mantenimiento G<sub>m</sub>

Equipos	Cantidad Equipos	Mantenimiento planificado (h)	Costo por hora	Costo total
Bulldócer	1	1 785,8	10,62	18.965
Cargador	1	225,6	9,65	2.170
Camión	3	1 658	10,57	52.575
<b>Total</b>				<b>73.710</b>

### Gastos de perforación y voladura

Estos trabajos son realizados por la Empresa de Servicios Mineros Geólogos (Explomat), el costo del servicio es de 5,01\$/m<sup>3</sup> de roca volada, entonces se puede determinar que para un volumen de 674.900 m<sup>3</sup> de roca in situ el gasto total es de:

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

$$G_{pv} = 674.900 \times 5,01$$

$$G_{pv} = \$ 3.381.249$$

### 4.4 Costo de producción en las labores de Extracción

Tabla 4.1. Gastos por concepto de salario G<sub>s</sub>

Puesto de trabajo	Cantidad Operadores	Salario mensual (\$/mes)	Salario por día (\$/día)	Tiempo de trabajo (días)	Salario total (\$)
Operario del cargador	2	350	12,96	380	9.850
Operario del Bulldócer	2	375	13,80	380	10.488
Operario del camión	6	390	14,44	300	25.992
<b>Total</b>	<b>10</b>				<b>46.330</b>



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### Gastos totales durante las labores de Extracción

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

$$G_{ct} = 46.330 + 175.507 + 13.000 + 73.710$$

$$G_{ct} = \$ 308.547$$

### Gastos directos generales

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

$$G_d = 308.547 + 3.381.249$$

$$G_d = \$3.689.796$$

### Gastos indirectos de la variante de apertura

$$G_i = G_d \times 0.12$$

$$G_i = 3.689.796 \times 0.12$$

$$G_i = \$ 442.775$$

### Gastos totales

$$G_t = G_d + G_i$$

$$G_t = 3.689.796 + 442.775$$

$$G_t = \$4.132.571$$

### Costo total por m<sup>3</sup> de material extraído

$$C_t = \frac{G_t}{V_{min}}$$

$$C_t = \frac{4.132.571}{674.900}$$

$$C_t = 6,12\$/m^3$$

Donde:

Gt: Gasto total

Vmin: Volumen de mineral a extraer



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### CAPITULO V. MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD MINERA EN LA CANTERA CERRO CALERA BARIAY

#### 5.1. Introducción

#### 5.2. Generalidades

La Constitución de la República de Cuba sobre la protección del medio ambiente comienza a partir de 1940 y 1976, siendo modificada en Agosto de 1992 después de la Cumbre de Río con su artículo No.27, la cual dispone que “El estado protege el Medio Ambiente y los recursos naturales del país”. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras.

La Ley No.33 del 10 de Enero de 1981, de Protección del Medio Ambiente y uso racional de los recursos naturales ha sido en buena medida sobre pasada por los más recientes avances en materia ambiental, en el ámbito nacional e internacional.

La Asamblea Nacional del Poder Popular acuerda en Julio de 1997 establecer la Ley No.81 del Medio Ambiente la cual establece:

- El derecho de los ciudadanos a la información ambiental.
- La actividad minera deberá causar la menor alteración posible.
- La obligatoriedad de licencias ambientales para determinadas obras a ejecutar que puedan ocasionar daños al medioambiente.
- La regulación en gran parte de su articulado de lo relacionado con la educación ambiental.

#### 5.3. Principales regulaciones legales vigentes

Las principales regulaciones del Medio Ambiente, a tener en cuenta para el proyecto son las siguientes:

- Ley No.41/83 de la Salud Pública
- Ley No.81/97 del Medio Ambiente.
- Ley No.85/99 Forestal.



## **PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY**

- Decreto 118. Reglamento para la Ejecución de la Ley de Protección del Patrimonio Cultural.
- Decreto-Ley No.200/99, de las Contravenciones en Materia de Medio Ambiente.
- Decreto-Ley No.170/97 del Sistema de medidas de Defensa Civil
- Decreto No.139/88. Reglamento de la ley de la Salud Pública.
- Decreto No.179. Protección, Uso y Conservación de los suelos y sus contravenciones.
- Decreto No.180. Regulaciones sobre el Patrimonio Forestal y la Fauna Silvestre.
- Decreto No.222. Reglamento de la Ley de Minas.
- Resolución No.111/96.del CITMA. Regulaciones sobre la Diversidad Biológica.
- Resolución No.132/2007CITMA Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Resolución No.23/77 MTSS Metodología para la identificación, evaluación y gestión de la prevención de los riesgos que afectan la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Resolución No.130/95 CITMA Reglamento para el Estudio de Impacto Ambiental.
- Resolución No.283/2014 del MINSAP. Listado de las enfermedades profesionales y el procedimiento para la prevención, análisis y control de las mismas en el Sistema Nacional de Salud.
- Resolución No.284/2014 del MINSAP. Listado de actividades que por sus características requieran la realización de exámenes médicos pre-empleo y periódicos especializados, para las actividades laborales en las que existan los riesgos higiénico-epidemiológicos.

También se consideran la Ley No.116 del Código de Trabajo, vigente desde el 20 de diciembre de 2013:

Reglamento del Código de Trabajo contenido en el Decreto No.326 del 12 de junio



## **PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY**

de 2014 y la Resolución No.158 del 16 de junio de 2014, que rigen el sistema de Protección e Higiene del Trabajo, las obligaciones, atribuciones y funciones de los organismos rectores en esta materia y de las administraciones, los deberes y derechos de los trabajadores, las funciones de la organización sindical, así como las medidas de seguridad minera y protección al medio ambiente.

### **5.3.1. Normas Cubanas**

La Oficina Nacional de Normalización es el organismo rector de las Normas Cubanas y representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

Las principales normas cubanas del medio ambiente a tener en cuenta en este proyecto son las siguientes:

- NC.26:2012.Ruidos en zonas habitables. Requisitos higiénicos sanitarios.
- NC.27:2012.Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestre y alcantarillado. Especificaciones.
- NC.31:1999.Calidad del Suelo. Requisitos para la Protección de la Capa Fértil del Suelo al realizar trabajos de Movimiento de Tierra.
- NC.133.2002. Residuos sólidos urbanos. Almacenamiento, recolección y transportación. Requisitos higiénico-sanitarios y ambientales.

### **5.4. Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la fase de explotación**

- Señalizar todos los límites del área de concesión minera autorizado a explotar.
- Limitar el desbroce de la capa vegetal exclusivamente a las áreas debajo de las cuales existen reservas de calizas autorizadas a explotar.
- Cumplir con las exigencias planteadas en la Licencia Ambiental.
- Los camiones de carga de mineral transitarán a una velocidad moderada por los caminos para no generar gran cantidad de polvo.
- Riego de agua para el control del polvo a los caminos mineros una o dos veces en el turno de trabajo.
- Utilizar explosiones con micro retardos para disminuir la actividad sísmica



## **PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY**

### **5.5. Medidas a tener en cuenta para minimizar los impactos generados en la cantera**

- Establecer y determinar todos los límites de concesión minera autorizados a explotar.
- Establecer y determinar las áreas en las cuales existen reservas de calizas autorizadas a explotar.
- Realizar periódicamente un control de polvo en todo el establecimiento.
- Regar agua en los frentes de trabajo, almacenes a cielo abierto de mineral y en los caminos mineros para disminuir el polvo.
- Aplicar métodos de cuidado y vigilancia, con el fin de minimizar las alteraciones sobre la vida animal en las distintas fases del sistema de explotación.
- Reforestar las áreas minadas una vez terminada la explotación de las reservas.
- Realizar una explotación del yacimiento que permita la utilización a largo plazo de la cantera para otros fines económicos y sociales.
- El traslado de los materiales se realizará tomando las medidas necesarias para evitar daños y perjuicios al medio ambiente, a chóferes y personas circulando en la vía (vehículos en perfecto estado técnico, toldos para evitar el desprendimiento de polvo u otras partículas contaminantes).

### **5.6. Propuesta del plan de monitoreo ambiental**

1. Realizar una inspección semestral a las áreas de trabajo para comprobar el cumplimiento de las medidas del proyecto de explotación y de la evaluación de impacto ambiental durante el período que dure la explotación de la cantera.
2. Realizar el monitoreo por un período de tres años como mínimo, con el propósito del análisis periódico de los niveles de recuperación del medio.

### **5.7. Medidas de seguridad en la cantera**

1. Se prohíbe la circulación de personal ajeno a la actividad sin un



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

acompañante instruido.

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

Tabla 5. 1 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
<b>Cabeza</b>	Cascos protectores para reducir el impacto de los objetos que caigan de alturas más o menos	Resistentes a impactos, al fuego, a la humedad, peso ligero, aislamiento de la electricidad.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

<b>Oídos</b>	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
<b>Ojos y cara</b>	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,
<b>Manos y brazos</b>	Guantes, almohadillas, protectores de brazos, mangas y protectores de dedos.	Que estén reforzados para proteger al trabajador contra las llamas, calor y cortaduras.
<b>Tórax</b>	Delantales de piel, de goma sintética y para ácidos.	Deben de proteger contra chispas, cortaduras pequeñas y protección contra agua y tierra.
<b>Pies y piernas</b>	Botas de corte alto, tobilleras, polainas, almohadillas.	Casquillos de acero para los pies, anticonductivos, antichispas y deben resistir las descargas eléctricas.
<b>Vías respiratorias</b>	Respiradores con filtro para polvo, máscara con filtro para gases.	Deben de estar acordes con el elemento contaminante y el puesto de trabajo. No deben ser objetos que impidan que

### 5.8. Medidas de seguridad en los camiones

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

1. No se puede adelantar a otro vehículo de transporte en movimiento.
2. En tiempos lluviosos o de mucho polvo, se reducirá la velocidad al mínimo, al cruzarse con otros.
3. No se acercará durante la descarga menos de 4,0 m, a los bordes de los



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

taludes que tengan una altura mayor de 4,0 m.

4. No se desplazará el vehículo, con el volteo levantado.

5. No se permite llevar personas fuera de la cabina.

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

1. 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%.
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.
3. 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.

### **5.9. Medidas de seguridad para el trabajo con cargadores**

1. 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.
2. Los cargadores deben de trabajar sobre plataformas aplanadas y compactadas.
3. En tiempo de tormentas eléctricas o vientos fuertes se tomarán medidas de protección.
4. El traslado de los cargadores solo puede realizarse bajo la supervisión de jefe de turno u otra persona calificada.

### **5.10 Medidas de seguridad con la carretilla de perforación**

1. Efectuar el accionamiento de los mandos desde posiciones correctas.
2. Tomar precauciones al tocar el varillaje y la broca, inmediatamente después de su utilización, ya que se corre el riesgo de quemaduras.
3. Utilización, por parte del personal, de cascos, protecciones para los ojos y máscaras anti-polvo.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

4. 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.

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

1. 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.
2. 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.
3. La carga de las sustancias explosivas debe realizarse bajo la supervisión de una persona calificada (Artillero).
4. Alertar a todo el personal de la iniciación de la voladura, para esto se usarán señales de alertas ya convenidas.
5. Destruir durante el disparo las sustancias explosivas y los medios que pudieran quedar sobrantes durante la carga en los taladros.
6. Abandonar los frentes y mantenerse fuera del área de seguridad. Los últimos en abandonar los frentes serán los artilleros.
7. Ejecutar los disparos en horas ya determinadas, como por ejemplo en fin de la jornada laboral o cambio de turno.
8. 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.
9. En caso de fallar algún taladro, se perforará un taladro paralelo y a una distancia de 30 cm, una vez cargado se disparará para detonarlo por simpatía.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### CONCLUSIONES

A partir del estudio de las características ingeniero-geológica del yacimiento se concluye que el proyecto de explotación propuesto permitirá extraer de forma racional y eficiente las reservas de calizas, considerando las características del equipamiento disponible y las condiciones naturales del yacimiento.

El diseño y planificación del sistema de explotación de la cantera se realizó utilizando el software AutoCad 2013.

A partir de los cálculos realizados correspondiente al proceso tecnológico y al método de arranque, el costo de producción que se obtiene es de 6,12 \$/m<sup>3</sup>, rentable para la explotación de la cantera.

Se establecieron medidas para reducir las afectaciones al medio ambiente y seguridad de los trabajos mineros después de haber identificado las componentes ambientales y de seguridad que pudieran ser afectadas.



## **PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY**

### **RECOMENDACIONES**

1. Considerar los resultados alcanzados para corregir la ejecución de las labores mineras en la cantera Cerro Calera Bariay.
2. Actualizar el cálculo económico de este proyecto para cada año de explotación.
3. Realizar estudios de elevación de categoría de los recursos inferidos.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### BIBLIOGRAFÍA

1. Catálogo *Unión Latinoamericana de Explosivos* (2013) Ulaex.
2. Ceproníquel. (2013) *Actualización de Proyecto de Explotación de Yacimientos metálicos "Cantera Blanca"*. Centro de Proyectos del Níquel. Cubaníquel.
3. Ceproníquel. (2015) *Actualización de Proyecto de Explotación de Yacimientos no metálicos "Yacimiento Victoria III"*. Centro de Proyectos del Níquel. Cubaníquel.
4. Clases de Explotación a Cielo Abierto, 2014-2015.
5. Herrera, Y. F. (2004) *Proyecto de Explotación del Área-10 del Yacimiento Moa Oriental*. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa.
6. López Jimeno, C; López Jimeno, E; José, M; Pla Ortiz de Urbina, F. (1899) *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Instituto Geológico y Minero de España.
7. Ministerio de la Industria Básica. (1992) *Exploración de Cotas Mineras y Exploración de Explotación del Yacimiento Cantera Blanca*, Centro Nacional del fondo Geológico.
8. Ministerio de la Industria Básica. (1984) *Exploración Orientativa y Detallada en el Sector Oeste del Yacimiento Cantera Blanca*, Centro Nacional del fondo Geológico.
9. Moesi, D; (2012) Proyecto de explotación del yacimiento La Molina perteneciente a la empresa de canteras; La Habana. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa.
10. Mulet Góngora, I; (2013) *Proyecto de explotación de la Zona 1 del yacimiento de caliza Cantera Blanca*. Trabajo de Diploma, ISMM, Moa.
11. Otaño Noguel, J; (1899) *Fragmentación de Rocas con explosivos*. Edición ed. Habana: Editorial Félix Varela.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### ANEXOS

#### Anexo 1

Composición química promedio en testigo de perforación.

No. de pozo	No. de mtras	Desde (m)	Hasta (m)	Total (m)	CaCO <sub>3</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	FeO <sub>3</sub>	FeO	SO <sub>3</sub>
					(%)					
P – 5;6	1TN	0.00	12.00	12.00	96.05	53.81	1.02	0.85	– 0.1	– 0.1
P – 5;6	2TN	12.00	30.00	18.00	96.05	53.81	1.70	0.54	– 0.1	– 0.1
P – 1;2;3;4		0.00	18.00	18.00						
P – 5;6	3TN	30.00	50.00	20.00	96.25	53.93	1.10	0.44	– 0.1	– 0.1
P – 1;2;3;4		18.00	39.00	21.00						
Promedio:					96.1	53.85	1.27	0.61	– 0.1	– 0.1

#### Anexo 2

Rocas de secuencia carbonatada, recristalizada, fracturada.





## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### Anexo 3

No de pozo.	No de Mtras	Desd e (m)	Hast a (m)	Tota l (m)	Coef. de trit. 4 – 8 mm (%)		Marc a	Coef. de trit. 10 – 20 mm (%)		Marc a	Ab s. %
					Sec o	Satura do		Seco	Saturado		
P – 3	P3 –01	0.0	1.00	1.00	12.4	12.7	1000	13.7	14.0	800	1.1
	P3 –02	1.00	3.00	3.00	13.2	14.1	800	16.2	16.0	600	2.7
	P3 – 03	3.00	4.50	1.50	13.0	13.7	800	16.4	15.1	600	3.1
	P3 –04	4.50	7.50	3.00	15.6	13.5	600	16.6	15.0	600	1.8
	P3–05	7.50	10.00	2.50	17.8	17.9	600	19.9	19.4	600	4.6
	P3 –06	10.00	12.50	2.50	17.3	16.7	600	18.1	18.6	600	3.3
	P3 –07	12.50	15.50	3.00	13.4	14.7	800	15.2	16.1	600	3.7
	P3 –08	15.50	18.50	3.00	15.2	18.7	600	16.5	18.7	600	4.3
	P3 –09	18.50	21.00	2.50	13.2	15.9	600	14.1	14.8	800	1.9
	P3 –10	21.00	23.00	2.00	12.4	14.5	800	15.8	15.1	600	2.1
	P3 –11	23.00	25.00	2.00	13.7	14.3	800	14.6	14.9	800	4.5
	P3 –12	26.70	28.70	1.00	13.3	13.5	800	14.3	14.2	800	4.7
	P3–13	28.70	30.10	1.40	13.2	13.0	800	15.4	14.0	600	3.6

Autor: Arsenio H. Henriques dos Santos



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

	P3-14	30.1 0	32.9 0	2.80	6.5	8.0	1200	9.4	9.0	1200	0.5
	P3 -15	32.9 0	35.0 0	2.10	9.1	10.4	1200	10.9	12,1	1000	4.6
<b>Promedio:</b>		<b>0.0</b>	<b>35.0 0</b>	<b>34.2 0</b>							<b>3.1</b>
P - 4	P4-16	0.0	1.00	1.00	8.7	10.3	1200	11.0	10.6	1200	3.5
	P4 -17	1.00	2.00	1.00	8.5	11.8	1000	10.0	10.4	1200	1.2
	P4-18	2.00	4.00	1.00	8.9	9.8	1200	9.5	13.5	800	3.6
	P4-19	4.00	4.00	1.00	8.7	9.6	1200	9.2	9.9	1200	1.3
	P4-20	4.00	5.00	1.00	9.4	10.3	1200	8.8	6.2	1200	4.1
	P4-21	5.00	7.00	2.00	9.5	11.0	1200	11.7	9.4	1000	0.8
	P4-22	7.00	8.00	1.00	9.4	11.2	1000	10.4	8.3	1200	4.8
	P4-23	8.00	9.00	1.00	10.2	11.2	1000	11.1	7.6	1200	2.5
	P4-24	9.00	11.5 0	2.50	9.3	12.0	1000	10.9	15.0	800	3.1
	P4-25	11.5 0	14.0 0	3.00	9.9	10.7	1200	11.5	13.5	800	4.3
	P4-26	14.0 0	15.5 0	1.50	17,0	19,4	600	20,4	20,2	400	2.6
	P4-27	15.5 0	18.5 0	3.00	14.1	17.5	600	17.1	20.6	400	0.7
	P4-28	18.5 0	21.5 0	2.00	13,3	17,9	600	19,4	19,9	600	3.3
	P4-29	21.5 0	23.0 0	1.50	11,2	14,9	800	15,5	18,2	600	2.8
	P4-30	23.0 0	24.5 0	1.50	11,7	16,5	600	15,0	20,0	600	3.1

**Autor: Arsenio H. Henriques dos Santos**



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

	P4-31	24.5 0	27.0 0	3.00	11, 6	14,7	800	12,4	16,4	600	1.5
	P4-32	27.0 0	30.0 0	3.00	8,4	14,5	800	11,4	16,6	600	1.3
	P4-33	30.0 0	33.0 0	3.00	12, 4	9,3	1000	14,9	18,7	600	3.1
	P4-34	33.0 0	36.0 0	3.00	10, 8	12,1	1000	15,2	16,9	600	2.7
	P4-35	36.0 0	39.0 0	3.00	10, 1	15,0	800	11,0	15,9	600	1.4
<b>Promedio:</b>		<b>0.0</b>	<b>39.0 0</b>	<b>38.6 0</b>							<b>2.5 8</b>
P – 1	P1-36	0.0	0.80	0.80	7,8	13,4	1200	13,5	17,0	1200	1.3
	–	0.80	2.00	1.20	–	–	–	–	–	–	–
	–	2.00	3.00	1.00	–	–	–	–	–	–	–
	–	3.00	4.50	1.50	–	–	–	–	–	–	–
	–	4.50	6.00	1.50	–	–	–	–	–	–	–
	–	6.00	7.50	1.50	–	–	–	–	–	–	–
	–	7.50	9.00	1.50	–	–	–	–	–	–	–
	–	9.00	10.5 0	1.50	–	–	–	–	–	–	–
	–	10.5 0	11.0	0.50	–	–	–	–	–	–	–
<b>Promedio:</b>		<b>0.0</b>	<b>11.0 0</b>	<b>11.0 0</b>							
P – 1A	P1A-37	0.0	3.00	3.00	8.9	13.9	1000	11.8	12.0	1000	1.3
	P1A-38	3.00	6.50	3.50	11. 6	11.3	1000	11.1	15.9	600	1.4
	P1A-39	6.50	9.50	3.00	9,3	14,9	800	11,5	15,2	800	1.3
	P1A-40	9.50	12.0 0	2.50	11, 4	17,2	600	15,2	20,6	600	2.7
	P1A-41	12.0 0	14.5 0	2.50	10, 6	11,2	1000	13,2	12,0	100	1.7
	P1A-42	14.5 0	18.0 0	3.50	11, 2	15,7	800	12,0	17,0	600	1.7



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

	P1A-43	18.0 0	21.0 0	3.00	10, 2	15,1	800	12,1	20,5	600	1.6
	P1A-44	21.0 0	24.0 0	3.00	8,4	13,6	800	12,5	11,1	800	1.2
	P1A-45	24.0 0	27.0 0	3.00	12, 9	10,5	800	14,3	17,8	600	1.8
	P1A-46	27.0 0	30.0 0	3.00	16, 9	18,2	600	16,1	14,8	600	2.9
	P1A-47	30.0 0	33.0 0	3.00	17, 0	17,0	600	17,4	19,6	600	3.1
	P1A-48	33.0 0	35.0 0	2.00	17, 9	18,2	600	13,7	16,4	600	1.7
<b>Promedio:</b>		<b>0.0</b>	<b>35.0 0</b>	<b>34.2 0</b>							<b>1.8 6</b>
P - 2	P2 - 49	0.0	3.00	3.00	9,7	12,9	1000	13,5	18,0	600	1.6
	P2- 50	3.00	6.00	3.00	11, 0	13,4	800	16,5	17,4	600	1.5
	P2- 51	6.00	9.00	3.00	11, 9	11,4	1000	12,9	11,5	1000	1.3
	P2 - 52	9.00	13.0 0	4.00	11. 3	17,2	600	15,2	20,5	600	1.6
	P2 - 53	13.0 0	16.5 0	3.50	11. 0	16,0	600	11.9	20,9	400	1.7
	P2 - 54	16.5 0	20.0 0	3.50	11. 5	17,3	600	15,4	17,1	600	1.7
	P2 - 55	20.0 0	24.0 0	4.00	8.9	13,8	800	12,0	12,2	600	1.2
	P2 - 56	24.0 0	28.0 0	4.00	11. 2	14,7	800	15,4	18,3	600	1.5
	P2 - 57	28.0	31.0	3.00	9.0	14,1	800	11,9	11,8	1000	1.2



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

		0	0								
	P 2 – 58	31.0 0	35.0 0	4.00	13. 5	17.9	600	19.5	20.1	600	2.2
<b>Promedio:</b>		<b>0.0</b>	<b>35.0 0</b>	<b>34.2 0</b>							<b>1.2 9</b>
P – 5	P5– 59	0.0	2.00	2.00	8,7	13,7	800	12,0	12,2	1000	1.9
	P5 – 60	2.00	5.00	3.00	11, 1	12,0	1000	14,9	16,4	600	1.5
	P5 – 61	5.00	8.00	3.00	11, 1	14,8	800	12,1	18,3	600	2.3
	P5 – 62	8.00	11.0 0	3.00	12, 2	14,4	800	13,1	17,4	600	1.5
	P5– 63	11.0 0	14.0 0	3.00	12, 6	14,5	800	12,0	16,1	600	1.3
	P5 – 64	14.0 0	15.5 0	1.50	12, 1	14,6	800	14,0	18,7	600	1.8
	P5 – 65	15.5 0	18.5 0	3.00	12, 5	12,7	1000	13,6	16,5	600	2.7
	P5 – 66	18.5 0	21.5 0	3.00	10, 2	16,2	600	19,5	16,5	600	4.8
	P5 – 67	21.5 0	23.5 0	2.00	16, 7	18,8	600	21,3	22,0	400	4.9
	P5 – 68	23.5 0	27.0 0	3.50	14, 7	17,0	600	21,3	20,8	400	5.1
	P5 – 69	27.0 0	30.5 0	3.50	16, 4	18,3	600	20,3	18.0	400	4.3
	P5 – 70	30.5 0	33.5 0	3.00	11, 9	16,2	600	17,0	18,7	600	3.7
	P5 – 71	33.5 0	37.0 0	3.50	12, 6	16,1	600	14,9	19,1	600	2.7
	P5 – 72	37.0 0	40.0 0	3.00	12, 1	14,7	800	14,6	19,6	600	2.0



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

	P5 – 73	40.0 0	43.0 0	3.00	13, 3	15,6	600	8,5	18,2	600	3.4
	P5– 74	43.0 0	45.0 0	2.00	14, 0	15,4	600	15,8	20,2	600	1.8
	P5– 75	45.0 0	48.0 0	3.00	11, 9	16.2	600	15,3	10,9	800	1.8
	P5– 76	48.0 0	50.0 0	2.00	8.7	10.9	1200	12.9	17.9	600	1.8
<b>Promedio :</b>		<b>0.0</b>	<b>50.0 0</b>	<b>49.6 0</b>							<b>2.7 3</b>
P – 6	P6 – 77	0.0	3.00	3.00	11, 1	12,1	1000	13,6	19,0	600	3.0
	P6 – 78	3.00	6.00	3.00	13, 3	17,2	600	15,2	17,9	600	3.6
	P6 – 79	6.00	9.00	3.00	11, 5	13,8	800	12,7	16,0	600	2.1
	P6– 80	9.00	12.0 0	3.00	9,7	17,4	600	11,5	15,9	600	1.4
	P6 – 81	12.0 0	15.0 0	3.00	12, 1	15,8	600	11,5	19,4	600	1.6
	P6 – 82	15.0 0	16.5 0	1.50	11, 2	13,9	800	9,2	15,9	600	1.8
	P6– 83	16.5 0	19.5 0	3.00	8,8	14,3	800	13,9	14,6	800	2.8
	P6 – 84	19.5 0	22.5 0	3.00	13, 7	15,4	600	15,0	19,9	600	3.5
	P6 – 85	22.5 0	24.5 0	2.00	15, 6	19,3	600	17,8	19,3	600	4.7
	P6 – 86	24.5 0	28.0 0	3.50	15, 6	17,7	600	19,3	20,6	400	5.7



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

	P6 – 87	28.0 0	31.5 0	3.50	13, 9	19,2	600	19,0	19,4	600	5.1
	P6 – 89	34.5 0	38.0 0	3.50	11, 8	16,1	600	17,4	18,3	600	3.6
	P6–90	38.0 0	41.0 0	3.00	9,9	16,6	600	13,6	17,0	600	2.1
	P6–91	41.0 0	44.0 0	3.00	13, 2	15,6	600	16,6	17,3	600	2.8
	P6–92	44.0 0	46.0 0	2.00	10, 7	18,2	600	15,6	17,4	600	4.0
	P6–93	46.0 0	48.0 0	2.00	12, 7	16,3	600	12,0	18,0	600	2.8
	P6 –94	48.0 0	50.0 0	2.00	9,6	14,4	800	11,5	19,3	600	3.8
<b>Promedio:</b>		<b>0.0</b>	<b>50.0 0</b>	<b>49.5 0</b>							<b>3.2 5</b>



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### Anexo 4

No. de pozo.	No. de mtras	Desde (m)	Hasta (m)	Total (m)	Fracción: 5 – 10 mm (%)		Fracción: 10 – 20 mm (%)	
					MV seco (g/cm3)	MV sat. (g/cm3)	MV seco (g/cm3)	MV sat. (g/cm3)
P – 3	P3 – 01	0.0	1.00	1.00	2,60	2,64	2,66	2,68
	P3 – 02	1.00	3.00	3.00	2,65	2,68	2,58	2,69
	P3 – 03	3.00	4.50	1.50	2,43	2,57	2,73	2,74
	P3 – 04	4.50	7.50	3.00	2,57	2,62	2,60	2,64
	P3 – 05	7.50	10.00	2.50	2,44	2,55	2,52	2,65
	P3 – 06	10.00	12.50	2.50	2,47	2,55	2,50	2,57
	P3 – 07	12.50	15.50	3.00	2,39	2,59	2,48	2,55
	P3 – 08	15.50	18.50	3.00	2,37	2,50	2,47	2,55
	P3 – 09	18.50	21.00	2.50	2,54	2,60	2,61	2,64
	P3 – 10	21.00	23.00	2.00	2,53	2,59	2,55	2,59
	P3 – 11	23.00	25.00	2.00	2,41	2,55	2,52	2,59
	P3 – 12	26.70	28.70	1.00	2,57	2,62	2,41	2,59
	P3 – 13	28.70	30.10	1.40	2,52	2,61	2,48	2,57
	P3 – 14	30.10	32.90	2.80	2,66	2,67	2,66	2,67
	P3 – 15	32.90	35.00	2.10	2,40	2,52	2,49	2,60
<b>Promedio</b>				<b>2.22</b>	<b>2.50</b>	<b>2.59</b>	<b>2.55</b>	<b>2.62</b>
P – 4	P4 – 16	0.0	1.00	1.00	2,52	2,63	2,62	2,69
	P4 – 17	1.00	2.00	1.00	2,62	2,66	2,65	2,67
	P4 – 18	2.00	4.00	1.00	2,49	2,64	2,64	2,67
	P4 – 19	4.00	4.00	1.00	2,61	2,65	2,65	2,67

**Autor: Arsenio H. Henriques dos Santos**



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

	P4 – 20	4.00	5.00	1.00	2,51	2,59	2,46	2,58
	P4 – 21	5.00	7.00	2.00	2,62	2,65	2,68	2,69
	P4 – 22	7.00	8.00	1.00	2,53	2,67	2,46	2,56
	P4 – 23	8.00	9.00	1.00	2,42	2,52	2,59	2,61
	P4 – 24	9.00	11.50	2.50	2,43	2,56	2,61	2,63
	P4 – 25	11.50	14.00	3.00	2,47	2,60	2,53	2,62
	P4 – 26	14.00	15.50	1.50	2,44	2,52	2,50	2,55
	P4 – 27	15.50	18.50	3.00	2,63	2,66	2,66	2,66
	P4 – 28	18.50	21.50	2.00	2,54	2,63	2,68	2,76
	P4 – 29	21.50	23.00	1.50	2,55	2,62	2,49	2,57
	P4 – 30	23.00	24.50	1.50	2,47	2,56	2,51	2,57
	P4 – 31	24.50	27.00	3.00	2,58	2,63	2,62	2,66
	P4 – 32	27.00	30.00	3.00	2,60	2,65	2,69	2,71
	P4 – 33	30.00	33.00	3.00	2,47	2,56	2,53	2,60
	P4 – 34	33.00	36.00	3.00	2,46	2,55	2,56	2,61
	P4 – 35	36.00	39.00	3.00	2,55	2,59	2,57	2,60
<b>Promedio</b>				<b>1.95</b>	<b>2.52</b>	<b>2.60</b>	<b>2.58</b>	<b>2.63</b>
P – 1	P1 – 36	0.0	0.80	0.80	<b>2,49</b>	2,53	2,60	2,62
P – 1A	P1A – 37	0.0	3.00	3.00	2,59	2,63	2,65	2,67
	P1A – 38	3.00	6.50	3.50	2,60	2,64	2,63	2,66
	P1A – 39	6.50	9.50	3.00	2,59	2,63	2,64	2,66
	P1A – 40	9.50	12.00	2.50	2,50	2,57	2,52	2,58
	P1A – 41	12.00	14.50	2.50	2,53	2,58	2,58	2,61



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

	P1A –42	14.50	18.00	3.50	2,52	2,58	2,59	2,62
	P1A –43	18.00	21.00	3.00	2.56	2,60	2,56	2,60
	P1A –44	21.00	24.00	3.00	2,55	2,59	2,65	2,67
	P1A –45	24.00	27.00	3.00	2,51	2,51	2,57	2,61
	P1A –46	27.00	30.00	3.00	2,44	2,52	2,50	2,56
	P1A –47	30.00	33.00	3.00	2,41	2,49	2,54	2,43
	P1A –48	33.00	35.00	2.00	2,51	2,57	2,64	2,67
<b>Promedio</b>				<b>2.91</b>	<b>2.52</b>	<b>2.2.58</b>	<b>2.58</b>	<b>2.62</b>
P – 2	P2 – 49	0.0	3.00	3.00	2,54	2,59	2,62	2,65
	P2 – 50	3.00	6.00	3.00	2,57	2,62	2,62	2,64
	P2 – 51	6.00	9.00	3.00	2,58	2,63	2,65	2,67
	P2 – 52	9.00	13.00	4.00	2,52	2,58	2,62	2,64
	P2 – 53	13.00	16.50	3.50	2,51	2,56	2,55	2,59
	P2 – 54	16.50	20.00	3.50	2,49	2,55	2,56	2,59
	P2 – 55	20.00	24.00	4.00	2,68	2,72	2,61	2,64
	P2 – 56	24.00	28.00	4.00	2,61	2,66	2,60	2,63
	P2 – 57	28.00	31.00	3.00	2,53	2,56	2,59	2,62
	P2 – 58	31.00	35.00	4.00	2,50	2,56	2,59	2,64
<b>Promedio</b>				<b>3.5</b>	<b>2.55</b>	<b>2.60</b>	<b>2.60</b>	<b>2.63</b>
P – 5	P5 – 59	0.0	2.00	2.00	2,56	2,62	2,75	2,80
	P5 – 60	2.00	5.00	3.00	2,58	2,63	2,63	2,66
	P5 – 61	5.00	8.00	3.00	2,56	2,61	2,55	2,61



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

	P5 – 62	8.00	11.00	3.00	2,58	2,63	2,70	2,74
	P5 – 63	11.00	14.00	3.00	2,61	2,64	2,64	2,67
	P5 – 64	14.00	15.50	1.50	2,55	2,61	2,63	2,66
	P5 – 65	15.50	18.50	3.00	2,49	2,57	2,56	2,61
	P5 – 66	18.50	21.50	3.00	2,29	2,45	2,52	2,58
	P5 – 67	21.50	23.50	2.00	2,34	2,47	2,42	2,52
	P5 – 68	23.50	27.00	3.50	2,33	2,47	2,42	2,52
	P5 – 69	27.00	30.50	3.50	2,35	2,48	2,47	2,54
	P5 – 70	30.50	33.50	3.00	2,40	2,51	2,50	2,57
	P5 – 71	33.50	37.00	3.50	2,46	2,53	2,46	2,52
	P5 – 72	37.00	40.00	3.00	2,51	2,57	2,57	2,61
	P5 – 73	40.00	43.00	3.00	2,46	2,54	2,47	2,55
	P5 – 74	43.00	45.00	2.00	2,54	2,60	2,58	2,61
	P5 – 75	45.00	48.00	3.00	2,56	2,62	2,60	2,64
	P5 – 76	48.00	50.00	2.00	2,56	2,62	2,62	2,65
<b>Promedio</b>				<b>2.77</b>	<b>2.63</b>	<b>2.71</b>	<b>2.71</b>	<b>2.76</b>
P – 6	P6 – 77	0.0	3.00	3.00	2,46	2,55	2,51	2,57
	P6 – 78	3.00	6.00	3.00	2,45	2,55	2,49	2,57
	P6 – 79	6.00	9.00	3.00	2,53	2,60	2,59	2,63
	P6 – 80	9.00	12.00	3.00	2,61	2,65	2,62	2,65
	P6 – 81	12.00	15.00	3.00	2,56	2,62	2,64	2,66
	P6 – 82	15.0	16.50	1.50	2,54	2,60	2,64	2,66
	P6 – 83	16.50	19.50	3.00				



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

					2,47	2,56	2,57	2,62
	P6 – 84	19.50	22.50	3.00	2,43	2,53	2,51	2,58
	P6 – 85	22.50	24.50	2.00	2,37	2,50	2,45	2,54
	P6 – 86	24.50	28.00	3.50	2,30	2,45	2,40	2,52
	P6 – 87	28.00	31.50	3.50	2,37	2,49	2,40	2,51
	P6 – 88	31.50	34.50	3.00	2,41	2,52	2,47	2,56
	P6 – 89	34.50	38.00	3.50	2,43	2,53	2,49	2,56
	P6 – 90	38.00	41.00	3.00	2,54	2,60	2,59	2,63
	P6 – 91	41.00	44.00	3.00	2,48	2,56	2,56	2,61
	P6 – 92	44.00	46.00	2.00	2,42	2,52	2,48	2,57
	P6 – 93	46.00	48.00	2.00	2,46	2,54	2,52	2,58
	P6 – 94	48.00	50.00	2.00	2,43	2,52	2,45	2,54
<b>Promedio</b>				<b>2.77</b>	<b>2.60</b>	<b>2.69</b>	<b>2.66</b>	<b>2.73</b>
<b>Donde: MV---masa volumétrica</b>								

### Anexo 5

No	No de mtras	No. de pozo	Desde (m)	Hasta (m)	Fracción (%) 0 – 5 mm	Fracción (%) 5 – 10 mm	Fracción (%) 10 – 20 mm	Fracción (%) 20 – 40 mm	(%) de arcillas y polvo
1	1TN	5 – 6	0.00	12.00	13.6	44.4	20.3	21.8	1.2
2	2TN	1A – 2 – 3 – 4	0.00	18.00	23.5	46.6	13.9	16.0	1.4
		5 – 6	12.00	30.00					
3	3TN	1A – 2 – 3 – 4	18.00	39.00		49.6	10.8	8.3	1.8



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

		5 – 6	30.00	50.00	31.3				
Suma					68.4	140.6	45	46.1	4.4
Promedio					22.8	46.86	15	15.36	1.46

### Anexo 6

No. de pozo	No. de mtras	Desde (m)	Hasta (m)	Total (m)	Coef. trit 10 – 20 mm		Marca	Absorción %
					Seco	Saturado		
3	M -01	7.50	10.00	2.50	10.00	16.2	600	4.6
3	M -02	26.70	28.70	2.00	13.5	14.2	800	4.6
3	M -03	32.9	35.00	2.10	10.9	11.6	1000	4.6
4	M -04	5.00	7.00	2.0	10.2	11.1	1000	2.4
4	M -05	7.00	8.00	1.0	9.5	11.9	1000	3.0
5	M -06	23.50	27.00	3.50	14.5	16.8	600	2.6
5	M -07	21.50	23.50	2.00	14.2	16.5	600	2.4
6	M -08	24.50	28.00	3.50	15.6	17.7	600	3.2
6	M -09	11.50	14.60	3.10	12.6	14.5	800	1.3
Promedio:								3.1

### Anexo 7

No de pozo	Prof.	Cubert.	Interc.	Útil	Marca en las fracciones		Absor.	Masa Vol. (g/cm <sup>3</sup> ) frac.5 – 10 mm		Masa Vol. (g/cm <sup>3</sup> ) frac.10 – 20 mm	
					5 – 10 mm	10 – 20 mm	%	Seco	Sat.	Seco	Sat.
P – 1											

Autor: Arsenio H. Henríques dos Santos



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

P – 1A	35.0	0.00	0.00	35.0	600 – 1000	600 – 1000	1.86	2.52	2.58	2.58	2.62
P – 2	35.0	0.00	0.00	35.0	600 – 1000	400 – 1000	1.29	2.55	2.60	2.60	2.63
P – 3	35.0	0.00	0.00	35.0	600 – 1200	600 – 1200	3.1	2.50	2.59	2.55	2.62
P – 4	39.0	0.00	0.00	39.0	600 – 1200	400 – 1200	2.58	2.52	2.60	2.58	2.63
P – 5	50.0	0.00	0.00	50.0	600 – 1200	400 – 1000	2.73	2.63	2.71	2.71	2.76
P – 6	50.0	0.00	0.00	50.0	600 – 1000	400 – 800	3.25	2.60	2.69	2.66	2.73
<b>Promedio:</b>							<b>2.46</b>	<b>2.55</b>	<b>2.62</b>	<b>2.61</b>	<b>2.66</b>

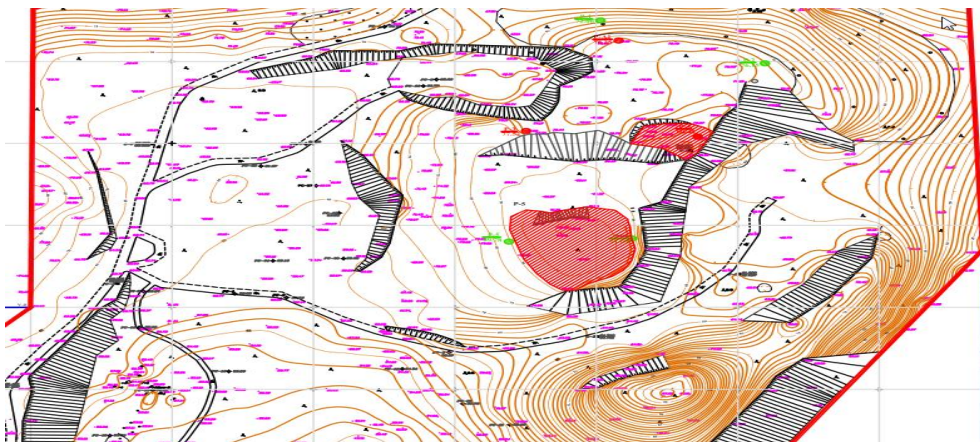
No. de pozo	Desde	Hasta	Cubert	Interc esteril.	Útil	Marca en las fracciones		Absor. %	Part. planas y alargadas %		Abrasión				Evaluación Calidad
	m					5 – 10	10 – 20		5 – 10	10 – 20	40 – 20	20– 10	10– 5	5– 0	
						mm.			mm.		mm.		mm.		
1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
5;6	0.00	12.0	–	–	12	600	600	1.0	12.3	10.0	31	38	37	35	
1A;2;3;4	0.00	18.00	–	–	18	600 – 800	600	1.2	11.9	10.7	30	37	34	30	
5;6	12.00	30.00	–	–	18										
1A;2;3;4;5;6	18.00	39.00	–	–	21	600	600	1.9	12.7	10.8	28	30	34	30	
5;6	30.00	50.00	–	–	20										
Promedio:					17.8			1.36	12.3	10.5	29.6	35	35	31	



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### Anexo 8

#### Año 1 primera etapa



#### LEYENDA



Curvas de nivel  
con su cota.



Corte natural.



Escombrera.



Pozos de la Prospección  
con su cota.



Pozos de la Exploración con su  
cota.

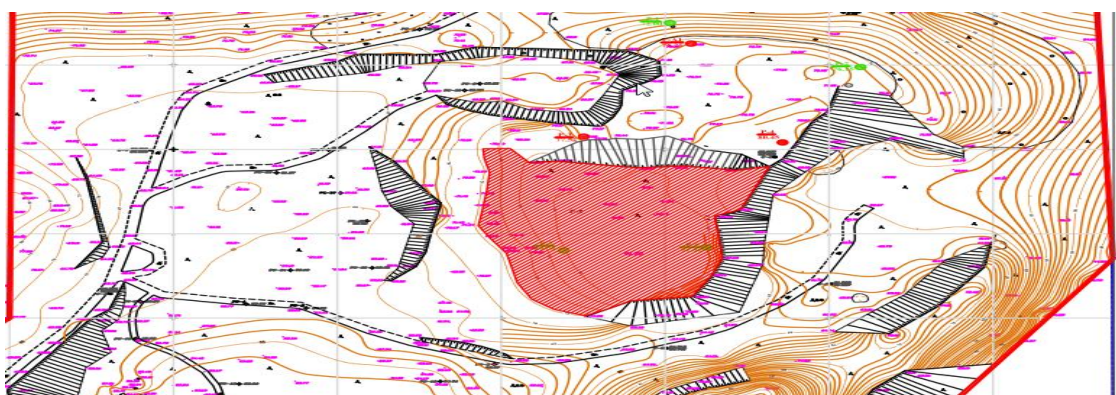


Camino.



Concesión  
minera.

#### Año 1 segunda etapa



#### LEYENDA



Curvas de nivel  
con su cota.



Corte natural.



Escombrera.



Pozos de la Prospección  
con su cota.



Pozos de la Exploración con su  
cota.



Camino.



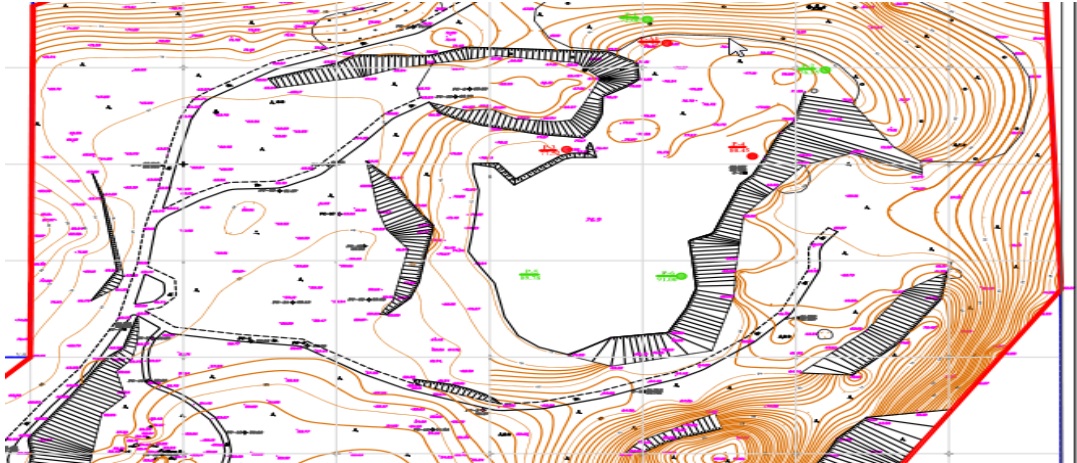
Concesión  
minera.



# PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

## Anexo 9

### Año2 primera etapa



#### LEYENDA



Curvas de nivel  
con su cota.



Corte natural.



Escombrera.



Pozos de la Prospección  
con su cota.



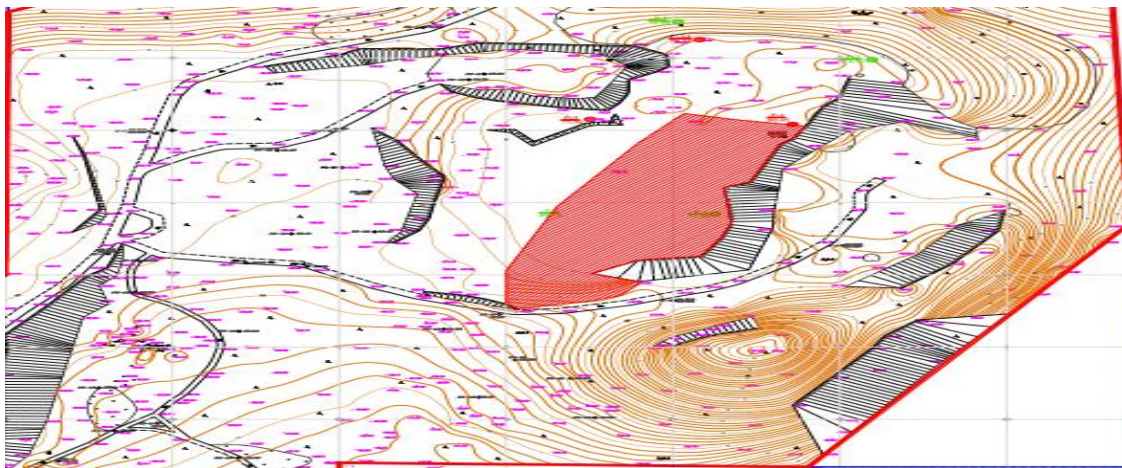
Pozos de la Exploración con su  
cota.



Camino.



Concesión  
minera.



#### LEYENDA



Curvas de nivel  
con su cota.



Corte natural.



Escombrera.



Pozos de la Prospección  
con su cota.



Pozos de la Exploración con su  
cota.



Camino.



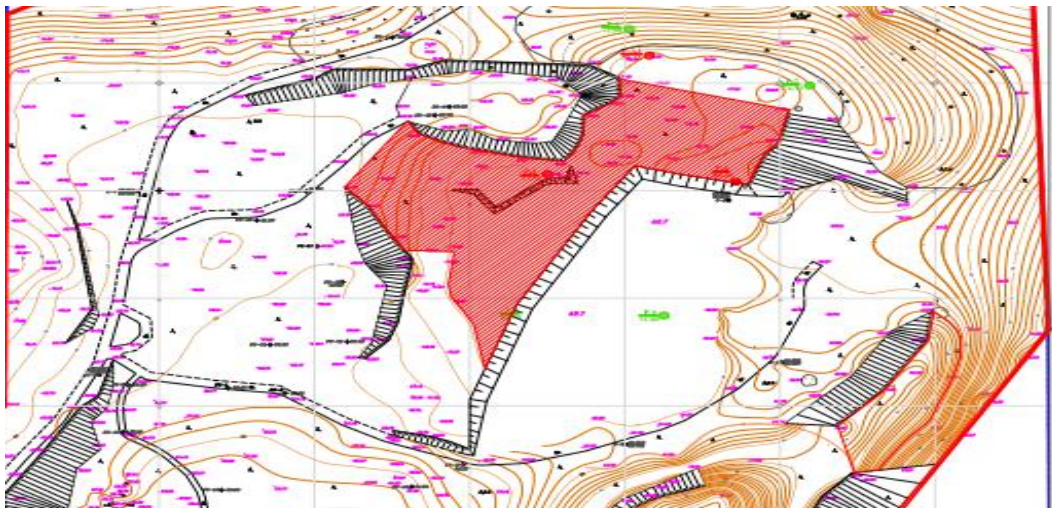
Concesión  
minera.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### Anexo10

#### Año 3



#### LEYENDA



Curvas de nivel  
con su cota.



Corte natural.



Escombrera.



Pozos de la Prospección  
con su cota.



Pozos de la Exploración con su  
cota.

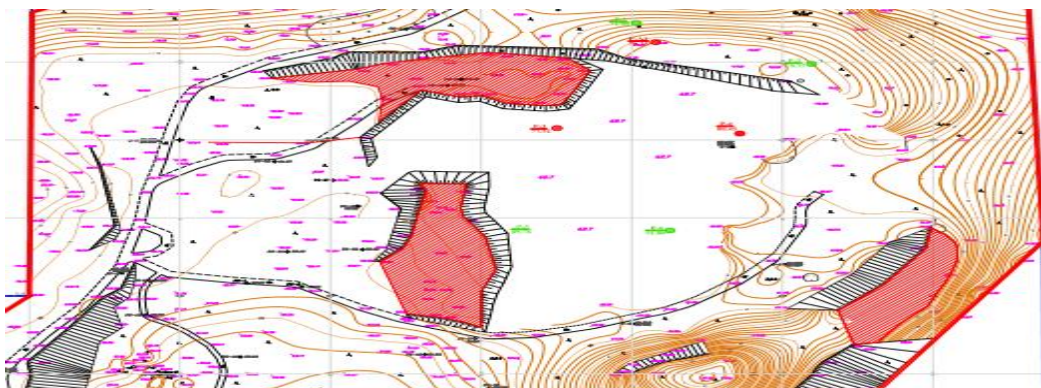


Camino.



Concesión  
minera.

### Anexo 11. Año 4 primera etapa



#### LEYENDA



Curvas de nivel  
con su cota.



Corte natural.



Escombrera.



Pozos de la Prospección  
con su cota.



Pozos de la Exploración con su  
cota.



Camino.

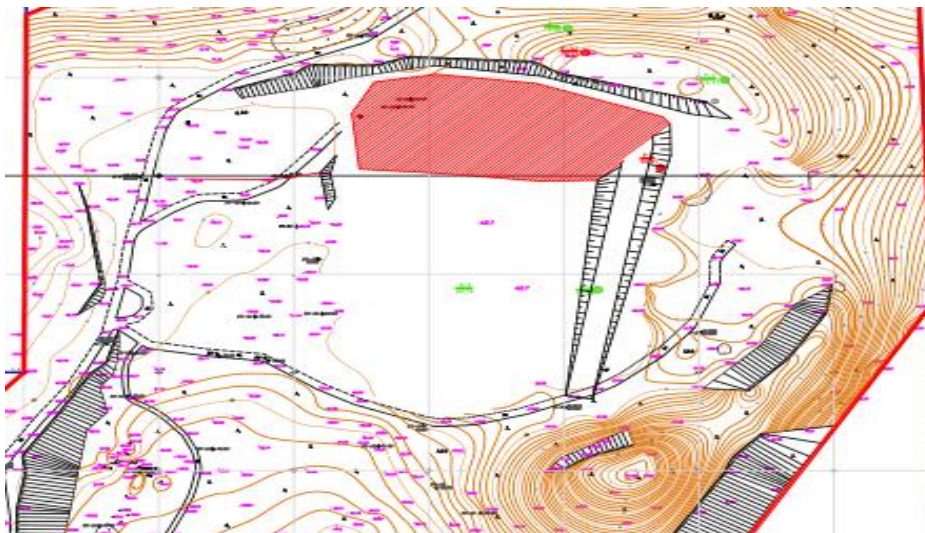


Concesión  
minera.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

### Segunda etapa



#### LEYENDA



Curvas de nivel  
con su cota.



Corte natural.



Escombrera.



Pozos de la Prospección  
con su cota.



Pozos de la Exploración con su  
cota.



Camino.



Concesión  
minera.

### Anexo 12. Año 5. Primera etapa



#### LEYENDA



Curvas de nivel  
con su cota.



Corte natural.



Escombrera.



Pozos de la Prospección  
con su cota.



Pozos de la Exploración con su  
cota.



Camino.

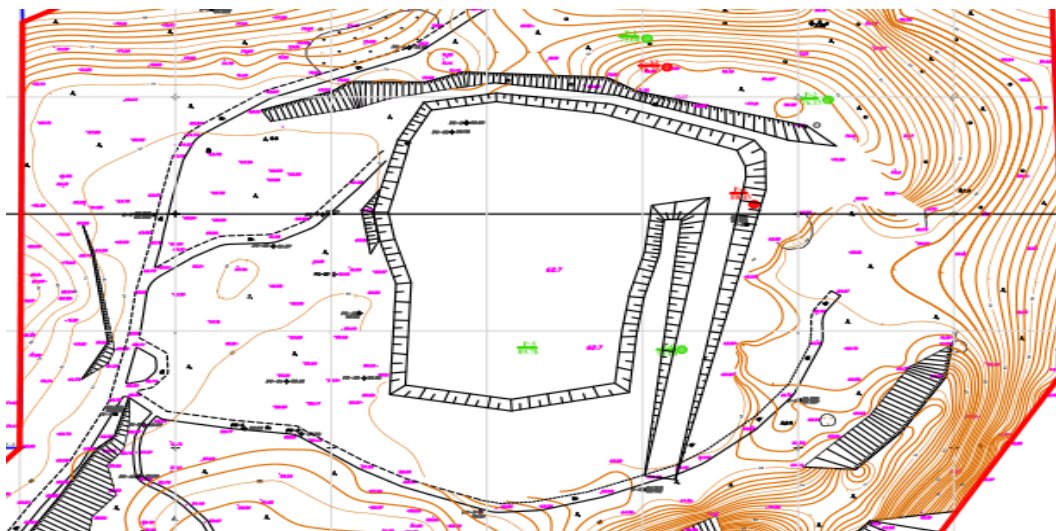


Concesión  
minera.



## PROYECTO DE EXPLOTACIÓN CANTERA CERRO CALERA BARIAY

Año 5. Segunda etapa



### LEYENDA



Curvas de nivel  
con su cota.



Corte natural.



Escombrera.



Pozos de la Prospección  
con su cota.



Pozos de la Exploración con su  
cota.



Camino.



Concesión  
minera.

### Anexo 13. Datos del Pasaporte de voladura

Altura del escalón (m)	Long del Barreno (m)	Long de Sobre- perforación (m)	Diametro del Barreno (mm)	LMR (m)	Dist entre filas (m)	Dist entre barrenos (m)	Carga por barreno (Kg)
10	11	0,7	115	3,5	3,5	3	49,21

