

Diplomado Básico Explotación de Yacimientos para Materiales de Construcción

TESINA

“ Estudio del Yacimiento Yarayabo ”

Ing. Eliane Martínez Guerra

EXPLOMAT

Año 2009

Índice

- ❖ Caracterización de la situación actual y perspectiva en la industria de materiales de la construcción, en particular en lo referente a la explotación a cielo abierto de materiales para la construcción, en el contexto del país, la provincia y el municipio en que trabaja.....3
- ❖ Particularidades geológicas principales del yacimiento de las materias primas para materiales de construcción y como estas influyen en el proceso de su tratamiento y la calidad del producto final.....8
- ❖ Determinación de las propiedades de las rocas, las del macizo y valoración del campo tensional existente. Relación de las propiedades de las rocas en el comportamiento del macizo y los procesos que se producen.....16
- ❖ Diseño de los trabajos de fragmentación de las rocas para la explotación de los materiales para la construcción que se extraen en el yacimiento.....29
- ❖ Caracterización, evaluación y propuesta de variantes para los sistemas de explotación atendiendo al tipo de material.....32
- ❖ Caracterización de los impactos ambientales que se pueden producir y las causas que los provocan, para su predicción y ó disminución desde la etapa de proyecto hasta el cierre.....36
- ❖ Valoración de los impactos que se producen e implementación el plan de mitigación.....40
- ❖ Caracterización de los procesos de preparación mecánica con las tecnologías actuales de cada establecimiento objeto de estudio y proponer tecnologías más avanzadas en función de la tendencia actual.....47

Capítulo 1

1. Aspectos Generales

1.1 Situación actual y perspectiva en la Industria de Materiales de la Construcción en lo referente a la explotación a cielo abierto de materiales para la construcción en Cuba y en la Provincia de Santiago de Cuba.

Como todos conocemos la actividad de explotación de canteras para materiales de construcción en el país fue una de las tantas afectadas por la escasez de recursos durante la dura etapa del periodo especial lo que ha redundado en la pérdida de la secuencia productiva en nuestras canteras, la no correcta e indiscriminada explotación de los recursos existentes, lo que no ha permitido en sentido general lograr dar respuesta al crecimiento constructivo del país y de las provincias orientales.

En la Provincia de Santiago de Cuba la Industria de Materiales de Santiago de Cuba cuenta con los siguientes yacimientos:

Canteras	Tipo de Mineral	Tipo de Concesión Minera
Los Guaos	Porfirita	De explotación y procesamiento
Yarayabo	Caliza	De explotación y procesamiento
Siboney	Caliza	De explotación y procesamiento
Mucaral	Caliza	De explotación y procesamiento
Los Siguatos	Yeso	De explotación y procesamiento
Dos Palmas	Arcilla	De explotación
Juraguá	Arena	De explotación y procesamiento

En la provincia además se encuentra la Cantera La Gloria (Contramaestre) de caliza perteneciente a la Empresa de Montaje Agroindustrial de Palma. (GECA Palma).

1.2 Problemas fundamentales que se presentan en la explotación de las canteras para materiales de construcción en la Zona Oriental.

Los principales problemas y a su vez los más generales que a nuestro criterio inciden en esta situación son los que relacionamos en síntesis a continuación:

- Insuficiente preparación de la cantera para su explotación.
- La actividad de desarrollo minero tan importante para las canteras desapareció prácticamente, no retomándose hasta hace aproximadamente de 3 a 4 años, pretendiendo realizar en días lo que se dejó de hacer en años.
- El personal técnico para orientar las actividades geólogo-mineras en las canteras prácticamente no existe.
- No se trabaja con la Información geólogo-minera de los yacimientos y los Proyectos de Explotación Minera, por lo que en la mayoría no existe una estrategia clara y correcta de la explotación de estos. Además de la carencia de los documentos técnicos que rijan el proceso en sentido general.
- Insuficiente conocimiento y preparación del personal técnico que existe de las técnicas avanzadas de explotación minera.
- Deficiente diseño de los patrones de voladuras y de los sistemas de explotación de las canteras, que provocan deficientes resultados de estas, baja productividad en las canteras y plantas, incremento en el impacto ambiental y en las condiciones inseguras que pueden acrecentar los accidentes y las afectaciones al medio ambiente.
- Falta de equipamiento adecuado para el trabajo en las canteras, (todas adolecen o tienen problemas serios con los bulldozers, (equipo fundamental en una cantera).
- Montaje de nuevas tecnologías en las plantas de procesamiento sin tener en cuenta las características del yacimiento que debe suministrar la materia prima, ni la necesidad de sustituir tecnologías obsoletas en las canteras.
- Falta de actualización de los estudios geológicos-mineros de los yacimientos, para un mejor conocimiento de los recursos a explotar.

- En las canteras no se cumple de forma general y sistemática con las medidas de seguridad establecidas.
- No se cumple generalmente con las medidas para mitigar el impacto ambiental de la explotación en las canteras.
- No se tiene en cuenta criterios técnicos para la ubicación y diseño de las escombreras.
- Insuficiente conocimiento de las reservas, no realizándose la exploración de explotación que permita aumentar el grado de conocimiento del yacimiento y orientar los trabajos de explotación de forma racional.







CAPITULO 2

2. Particularidades geológicas principales de los yacimientos de las materias primas para materiales de construcción y como estas influyen en el proceso de su tratamiento y la calidad del producto final.

2.1. Características Geográficas y Económicas de la Región.

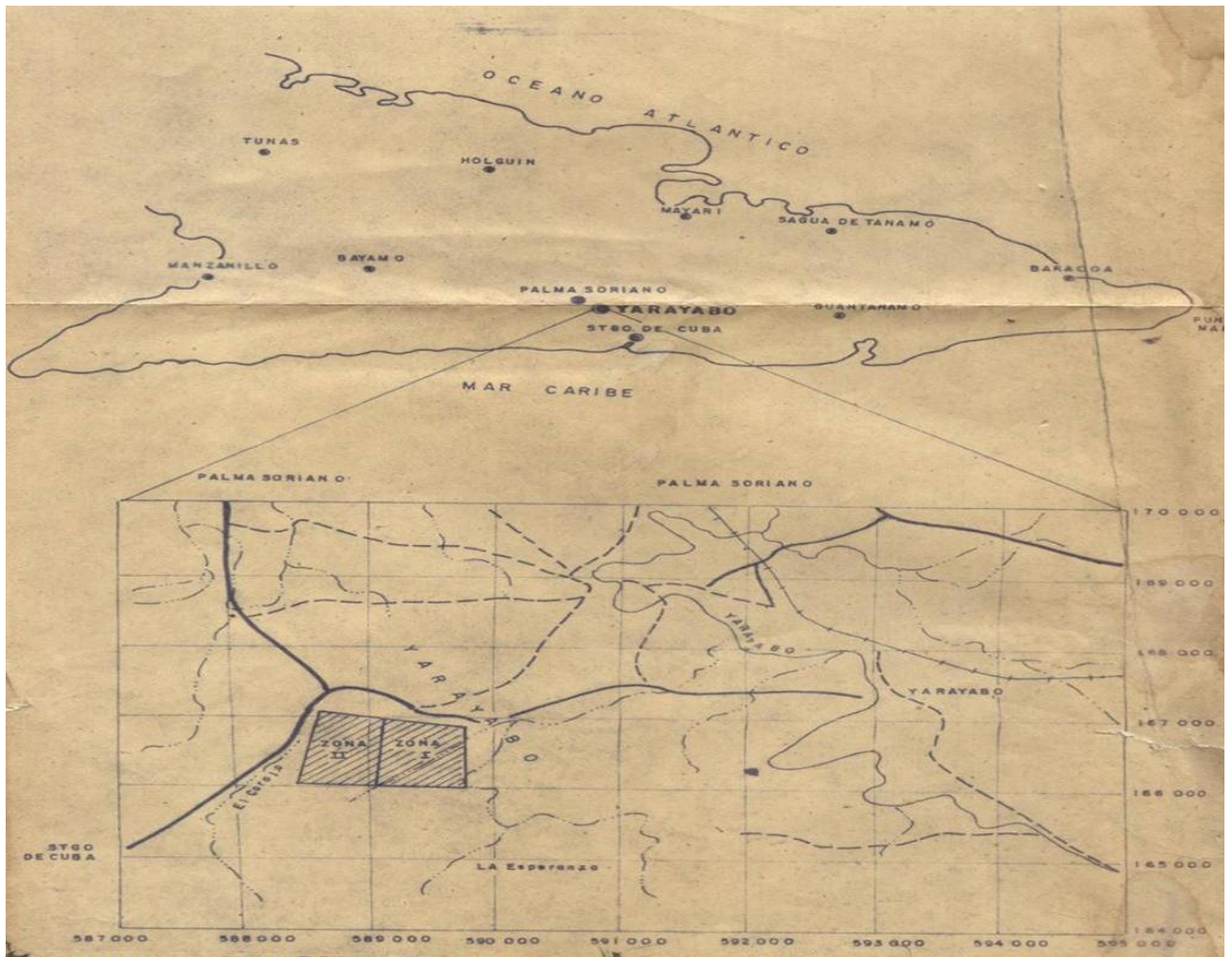
El Yacimiento de calizas Yarayabo se encuentra ubicado en la Región Oriental en la Sub-región Llanura del Cauto al Sureste, a unos 6Km al sur de la Ciudad de Palma Soriano que es atravesada por la carretera central, que limita además el flanco oeste del yacimiento. Las coordenadas Lambert del yacimiento de acuerdo a las hojas 5076 III y IV del plano a escala 1: 50 000 del ICGC de la provincia Santiago de Cuba son:

X = 588 981


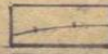

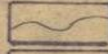
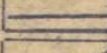

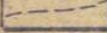

Y = 166 753

Las coordenadas de la concesión Minera de la Cantera son:

Puntos	Norte	Este
1	166100	588700
2	166700	588700
3	166700	589700
4	166500	589700
5	166100	589100
6	166100	588700



SIMBOLOGIA

- | | | | |
|---|----------------------------|---|----------------------|
|  | ZONAS DE LOS TRABAJOS |  | LINEA DE FERROCARRIL |
|  | CARRETERA PAVIMENTADA |  | RIOS |
|  | CAMINO VECINAL (TERRAPLEN) |  | ARROYOS |
|  | CAMINO VECINAL |  | |


AUTOR: J. PEREZ ROJA Ing Geólogo		 MINISTERIO INDUSTRIA MATERIALES CONSTRUCCION		NO 1
REVISADO POR: RND: E. JABLONSKY ASesor		EMPRESA GEOLOGICO MINERA DPTO D'E GEOLOGIA		CODIFICA DIBUJADO ROSARIO
APROBADO POR: Lic. I. SANTIESTEBAN Sub Dtor Téc		INFORME DE: EXPLORACION EN LOS LIMITES DEL COTO MINERO Y DE EXPLORACION DE EXPLOTACION EN EL YACIMIENTO DE CALIZAS YARAYABO, PROVINCIA - STGO. DE CUBA.		
APROBADO POR: Lic. A. LINCHENAT Director C. G. M.		PLANO DE: UBICACION GEOGRAFICA		
ESCALA 1:50 000		FECHA DE INICIO: 26-9-1989	FECHA DE TERM. 26-9-1989	

MAPA REPRESENTATIVO DE LAS ZONAS ESTRUCTUROFACIALES DE LA REGION ORIENTAL



SIMBOLOGIA

RIO	FM. RIO (Q) CANTOS RODADOS, ALEULOLITAS, Y ARCILLAS PRODUCTO DE LA EROSION Y EL ARRASTRE FLUVIAL.	C-CT	M. CUABITAS (P ₁ ² -P ₂ ²) LENTES DE CALIZAS INTERCALADAS EN LAS ROCAS DE LA FM. COBRE GENERALMENTE DE CARACTER ARRECIFAL.
CAU	FM. SAUTO (Q) ARENAS, ARENAS ARCILLOSAS Y CASCAJOS CON INTERCALACIONES DE LIMO Y ARCILLA.	K₁²	VULCANITAS ANDESITAS (K ₁ ²)
SLU	FM. SAN LUIS (P ₂ ² -P ₃ ²) ROCAS CLASTICAS TERRIGENAS CARBONATADAS, ARENISCAS DE GRANOS FINOS A MEDIOS, LENTES DE AGLOMERADOS, MARGAS Y CALIZAS LAMINARES.	K₁₋₂	VULCANITAS ANDESITICO-BASALTICAS (K ₁₋₂)
CES	FM. CAMARONES (P ₂ ² -P ₂ ²) CONCLOMERADOS DE CLASTOS SUBREDONDEADOS Y REDONDEADOS INTERCALADOS CON ARENISCAS DE GRANOS FINOS A MEDIOS DE COMPOSICION POLIMICTICA.	10	ELEMENTOS DE YACENCIA.
PBO	FM. PUERTO BONIATO (P ₂ ²) CALIZAS COMPACTAS Y APORELAMADAS, ALTERNANDOSE CON SECUENCIAS DE CALIZAS ORGANO-DETRITICAS CON INCLUSIONES DE SiO ₂ .	Fallas	FALLAS
COB	FM. COBRE (K ₁ ² -P ₁₋₂ ²) ROCAS VULCANOGENAS Y VULCANOGENAS SEDIMENTARIAS.	A₁	PERFIL REGIONAL
C-CY	M. CANEY (P ₁₋₂ ²)	ZONA DE LOS TRABAJOS	ZONA DE LOS TRABAJOS

AUTOR J. PEREZ ROJAS Ing. Geólogo	 MINISTERIO INDUSTRIA MATERIALES CONSTRUCCION	NO 2 CODIFICACION
REVISADO POR: RROF. E. JABLONSKY Asesor		
APROBADO POR: LIC. I. SANTISTEBAN Sub Dir. Tec.	INFORME DE: EXPLORACION EN LOS LIMITE DEL COTO MINERO Y DE EXPLORACION DE EXPLOTACION EN EL YACIMIENTO DE CALIZAS YARAYABO, PROVINCIA - STGO. DE CUBA.	DIBUJADO POR RO SARIO
APROBADO POR: LIC. A. LINCHENAT Director E. G. M.	PLANO DE: GEOLOGICO REGIONAL	
ESCALA 1:100000	FECHA DE INICIO: 25-9-1982	FECHA DE TEGAL 26-9-1982

El relieve del área está constituido por colinas de gradientes suaves que alcanzan alturas entre 200 y 300 m.s.m.

La temperatura máxima media anual está entre 28 y 30°C, la media anual oscila entre 22 y 24°C y la mínima anual entre 18 y 20°C.

Las precipitaciones anuales son de 1400 mm con dos períodos, uno de seca entre Noviembre y Abril con una media de precipitaciones de 400 mm y otro de lluvia entre Mayo y Octubre con una media de precipitaciones de 1200 mm.

La red hidrográfica de la región es amplia, constituida por los ríos Yarayabo, Domingo, El Corojo y algunas cañadas. La mayoría de esta cañadas descargan a los ríos Domingo y Corojo y estos a su vez al río Yarayabo, que es un afluente del río Cauto, el más importante del territorio.

El nivel freático en el yacimiento está asociado al contacto entre las calizas y aglomerados volcánicos, el acuífero tiene poco caudal.

La vegetación en la zona es escasa, compuesta por pastos, pequeños arbustos y árboles aislados, en otra parte de la zona la vegetación es más densa formando ocasionalmente pequeños montes bastante tupidos.

La importancia económica de la región radica en la agricultura.

Las comunicaciones se realizan por la carretera central que une la ciudad de Santiago de Cuba y Palma Soriano, la autopista que une ambas ciudades, la carretera de Palma a Cueto y otras de menos importancia como la que une a Palma Soriano y San Luis.

La energía eléctrica la suministra la Red nacional de la Termoeléctrica RENTE.

2.2. Características geológicas de la Región y el Yacimiento.

La región se caracteriza por una secuencia regresiva de sedimentos del Cretácico Superior hasta Cuaternario pasando por el Eoceno Medio y Superior, Oligoceno Inferior y Medio y Cuaternario.

El Cretácico (Fm. Cobre) ocupa la parte sur de la región y aflora hacia el centro este, por encima discordantemente yacen las calizas del Eoceno medio (Fm. PB₀) ocupando una franja que se sumerge debajo de las margas calizas y areniscas del Fm. San Luis que ocupa la parte central de la región con dirección NO-SE y el Oligoceno que ocupa el extremo noroeste, con areniscas de grano fino a medio con lentes de conglomerados y estratificación cruzada.

Ocupando la misma posición estratigráfica que la Fm. San Luis se encuentra la Fm. Camarones compuesta fundamentalmente por conglomerados con clastos redondeados y subredondeados a los que se asocia una arenisca de grano grueso, los clastos de los conglomerados lo conforman fragmentos de lavas, rocas piroclásticas de grano fino, muchas

veces silicificadas y de diferentes tipos de calizas, todas similares en textura y composición a las rocas de la formación Charco Redondo y Puerto Boniato, predominando los clastos de las rocas vulcanógenas y piroclásticas.

Las rocas que conforman el Yacimiento de calizas Yarayabo corresponden a la Formación Puerto Boniato, del complejo de cuencas superpuestas del arco volcánico Paleógeno, constituida principalmente por calizas fragmentarias órgano-detriticas y calizas pelito mórficas abundantes en S_1 O_3 en forma de nódulos que constituyen la materia prima fundamental del yacimiento. La edad de esta formación es el Eoceno Medio.

2.3. Características geólogo-mineras del yacimiento

En el Yacimiento se observan dos tipos litológicos fundamentales:

- Las calizas síliceas y las calizas fragmentarias, ambas presentan abundancia de microfósiles, la caliza sílicea se presenta de color crema o gris, es muy compacta y dura en su gran mayoría pelito mórfica. La caliza fragmentaria se observa de color gris a crema, esta roca se presenta compacta y dura.

La roca encajante del yacimiento está compuesta por tobas características litoclásticas de grano medio generalmente de colores verde grisáceo a verde y aglomerado de grano medio a grueso. Estas rocas constituyen intercalaciones de 50 cm. hasta 4 m.

Otro tipo de intercalaciones son las areniscas de origen tobáceo de grano medio a fino, de colores de gris amarillado hasta verdoso, bastante deleznable.

Generalmente el yacimiento está cubierto, por una capa vegetal de 30 cm. y una arcilla calcárea con abundantes fragmentos de caliza de espesores de 50 cm. hasta algo más de 1 m.

En la Zona I se observa un ligero predominio de la caliza fragmentaria la que se distribuye en toda el área en una forma aproximada de herradura, cuya abertura principal se encuentra al NO, hacia el centro de la zona predomina la caliza sílicea.

En la Zona II no hay predominio de la caliza fragmentaria sobre la sílicea ni viceversa, se observa al NE una gran zona donde se observa la caliza sílicea en contacto con la fragmentaria, al igual que al NO y hacia el Sur. En general existe una tendencia de las capas de buzamiento hacia el NE con 10^0 aproximadamente.

El contacto entre los aglomerados y ambas calizas es brusco, no tiene transición, así como entre las dos calizas y los demás estratos
Tectónica

En el yacimiento existen elementos estructurales poco desarrollados y frecuentes, limitándose a representar un pliegue anticlinal post sedimentario en la zona I al SE, este pliegue es un fenómeno local con rumbo norte sur y una amplitud de 20 m, generalmente las capas buzcan hacia el NO con ángulos pequeños (8 a 20°) semejante a un flanco de un anticlinal de carácter regional, existiendo grietas de pequeña magnitud cuyo rumbo es caótico que su buzamiento y se encuentran en ocasiones rellenas fundamentalmente de un material tobáceo..

Los dos sectores del yacimiento están separados por una zona en la cual existe gran acumulación de materia arcillosa con fragmentos de roca y que constituye un límite natural entre ambas.

La complejidad del yacimiento está dada por la estructura geológica por la gran cantidad de intercalaciones y de rellenos interestratos de material terrígeno tobáceo.

Las condiciones hidrogeológicas del yacimiento no son desfavorables, el movimiento de las aguas subterráneas se produce por entre las grietas de las rocas, condicionado a la experiencia de la explotación anterior.

Resultados físico – mecánicos por bloques

Bloque	Peso Volumétrico (g/cm ³)	Absorción	Marca
1 B	2,58	1,66	600
4 C ₁	2,60	1,42	600
5 C ₁	2,58	1,91	600
7 C _{1nb}	2,60	1,78	600
8 C _{1nb}	2,57	1,79	600
9 C _{1nb}	2,62	2,27	400
10 C _{1nb}	2,53	1,78	-

Recursos Geológicos del Yacimiento

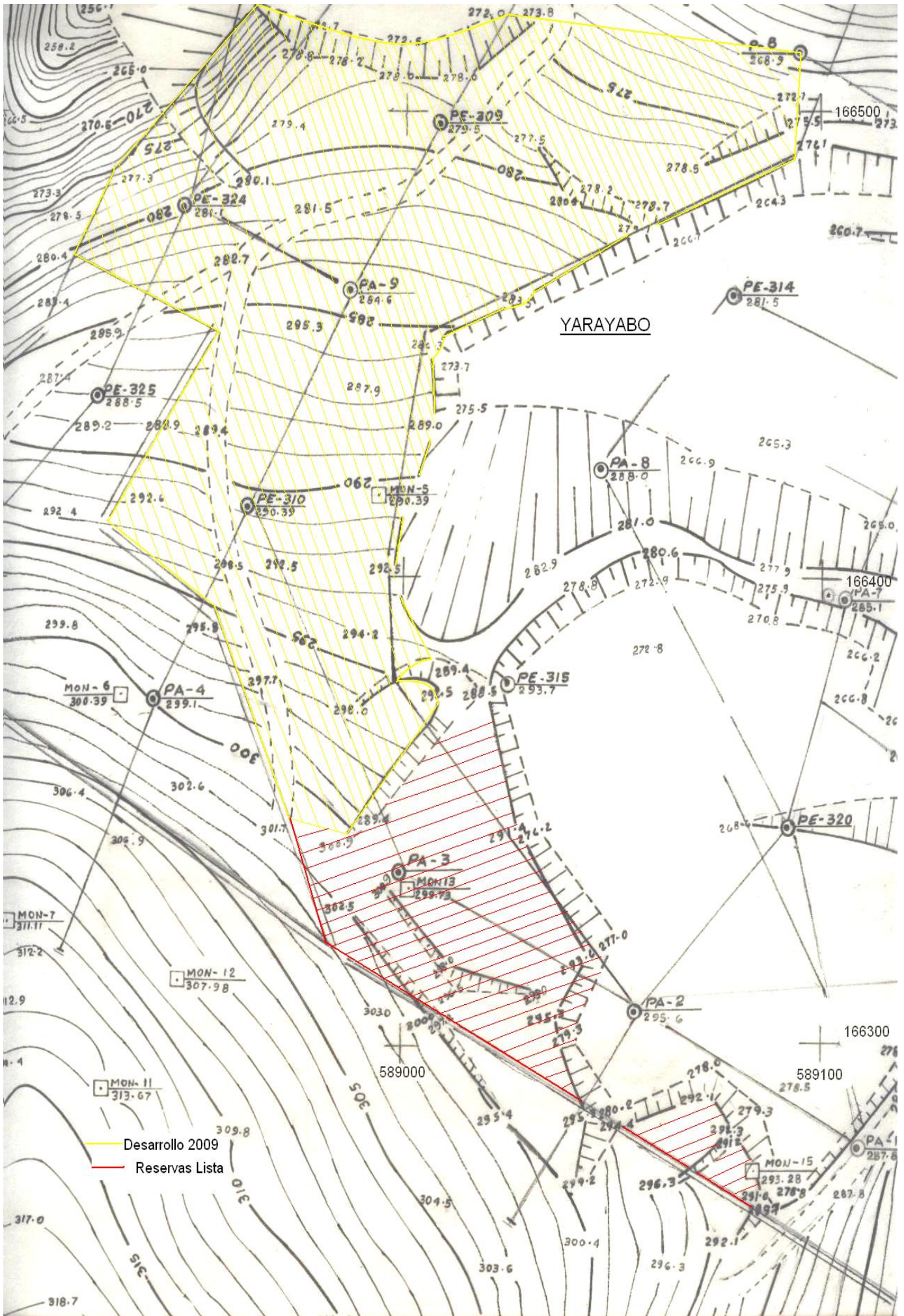
Categoría de los recursos	Bloque	Superficie Bloque (m ²)	Potencia Cubierta (m)	Volumen cubierta (m ³)	Potencia Roca Útil (m)	Volumen Roca Útil (m ³)
Medidos	1 B	51261.00	2.85	146 094	12.34	632 560
Indicados	4 C ₁	15773.55	2.34	36 910	12.10	190 860
Indicados	5 C ₁	4375.88	2.45	10 721	14.10	61 700
Indicados	7 C _{1nb}	975.79	2.90	2 830	23.55	22 980
Indicados	8 C _{1nb}	716.64	5.59	4 006	21.61	14 770
Indicados	9 C _{1nb}	7659.83	1.31	10 034	11.23	86 020
Indicados	10 C _{1nb}	4039.21	1.50	6 059	3.57	14 420
TOTAL						1 023 310

Propiedades Físico-Mecánicas de la materia prima, las intercalaciones y la roca encajante

Según los resultados físico-mecánicos, los dos tipos litológicos presentan poca variación en sus propiedades por lo que corresponden a un tipo tecnológico.

Tipo de Roca	Masa Volumétrica		Absorción %	Coeficiente de Triturabilidad	Marca (Kg/cm ²)
	Seca g/cm ³	Saturada g/cm ³			
Intercalaciones	2.33	2.46	5.78	44	200
Roca encajante	2.39	2.57	4.79	34	300
Roca útil	2.54	2.59	2.08	16	600

De acuerdo a los resultados de los trabajos realizados la materia prima del yacimiento se puede utilizar en hormigones de media y baja resistencia, para mezclas asfálticas y como piedra triturada en construcciones.



Capitulo3

3. Propiedades de las rocas, del macizo y valoración del campo tensional existente. Relación de las propiedades de las rocas en el comportamiento del macizos y los procesos que se producen

El Yacimiento Yarayabo esta compuesto por dos tipos de caliza silicea (de color crema o gris) y fragmentaria (de color gris a crema), presentando poca variación en sus características por lo que se considera como un solo tipo tecnológico.

3.1. Propiedades físico-mecánicas:

1.-peso específico: 2.59-2.62 g/cm³

2.-peso volumétrico: 2.54-2.59 g/cm³

3.-absorción: 2.08 %

4.- Coeficiente de triturabilidad: 16,12 %

5.-abrasión: 23-30 %

6.- porosidad: 2,7 %

7.- resistencia a la compresión saturada: 600 - 700 Kg /cm²

8.- resistencia a la compresión seca: 600 – 800 Kg /cm²

La dureza de las rocas según la escala de perforabilidad esta ubicada entre III y VIII.

A continuación realizamos la valoración de la susceptibilidad al deslizamiento y al deterioro del macizo rocoso del yacimiento Yarayabo

3.2. Susceptibilidad al deslizamiento del Yacimiento Yarayabo

El Yacimiento de Calizas Yarayabo esta caracterizado por rocas de Fm Puerto Boniato constituida principalmente por calizas fragmentarias órgano detríticas y calizas polito mórficas con abundantes depósitos de $S_1 O_2$ (pedernal) en forma de nódulos y que constituyen la materia prima fundamental de este yacimiento, la edad de esta formación es el Eoceno Medio.

Para comenzar el trabajo de clasificación de nuestro yacimiento consideramos que el material se agrupa en:

- Rocas (R) _ Material “in situ”, con un bajo o moderado grado de deterioro, que según el perfil idealizado de meteorización, dado por Dearman, se corresponde con los horizontes I y II.

Según la valoración de la actividad y el grado de desarrollo alcanzado por los movimientos de masa de acuerdo a la velocidad que se produce el movimiento es:

- Movimiento potencial; cuando aparecen algunos signos que indican, que se puede estar generando una masa inestable. Aquí incluso pueden existir movimientos de masas muy lentos.

A partir de las transformaciones que se producen en la masa en movimiento:

- Movimiento incipiente; cuando la masa, que se mueve no se puede diferenciar claramente de su contorno.

En los procesos más frecuentes de movimientos de masas, nuestro yacimiento se enmarca en:

- Desprendimientos: Que no es más que la forma de movimiento de masas, que puede producirse en diferentes situaciones.

En la siguiente tabla se define y caracteriza los materiales más típicos que participan:

Tipos de Movimientos de Masa	Tipos de Materiales				
	Rocas Masivas	Rocas Meteorizadas	Rocas Blandas	Saprolitas	Suelos Residuales
Deslizamiento traslacionales					
Deslizamientos rotacionales					
Flujos y avalanchas					
Desprendimientos	X				
Vuelco					
Reptaciones de terreno					

Según la clasificación de la estabilidad natural de laderas y taludes, nuestro yacimiento se enmarca en el:

- Grado I: Laderas que no presentan evidencias de inestabilidad y que potencialmente son poco propensas al movimiento de masas, salvo en condiciones excepcionales. Se caracterizan por la existencia de suelos y rocas estables y pendientes poco inclinadas.

Es preciso señalar que este grado de estabilidad, puede afectarse de manera eventual, por la manifestación de algunos de los siguientes factores:

- Actividad sísmica
- Existencia de fallas tectónicas activas
- Ocurrencias de grandes precipitaciones
- Condiciones desfavorables que se produzcan en el entorno
- Actividad antrópica.

Además para poder valorar la susceptibilidad al deslizamiento, es necesario definir cuales son los materiales o “conjuntos” más propensos a deslizarse. El objetivo es definir, cuales áreas o sectores presentan un comportamiento crítico y las condiciones en que ellas se encuentran.

En la tabla siguiente se establecen los valores adecuados, para cuantificar los parámetros principales que influyen en la susceptibilidad al deslizamiento y según análisis de las propuestas anteriores y se establece los valores adecuados, en la tabla siguiente:

Parámetro principal	Puntuación asignada	Yacimiento Yarayabo
Formación Geológica	De 0 a 5.0, dependiendo de la calidad de la formación	Calizas estratificadas – 2
Estructura	De 0 a 3.0, dependiendo del rumbo de buzamiento y de la resistencia al cortante en las discontinuidades	Estructura favorable al deslizamiento- 2
Grado de Meteorización	De 0 a 3.0	Roca sana muy poco meteorizada - 1
Fracturación	De 0 a 3.0, según la intensidad de fracturación	Sin fracturas importantes – 0
Nivel Freático	De 0 a 5.0	No hay nivel freático – 0
Susceptibilidad al Deslizamiento	Suma Obtenida	5

Caracterizamos los diferentes parámetros (se divide en una serie de subáreas), que tengan características similares con los aspectos elegidos como principales, que son:

- Litología
- Estructura
- Discontinuidades
- Morfometría y relieve relativo del talud
- Grado de meteorización
- Agua superficial
- Agua subterránea
- Cobertura Vegetal.

Para definir el grado de susceptibilidad, se determinan las sumas ponderadas de las calificaciones dadas a los parámetros principales.

PESO ASIGNADO A CADA PARÁMETRO PRINCIPAL EN MACIZOS ROCOSOS

PARÁMETROS PRINCIPALES	PESO EN EL ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD
Litología	4
Estructura	3
Discontinuidades	4
Morfometría y Relieve Relativo del talud	3
Grado de Meteorización	4
Agua Superficial	2
Agua subterránea	3
Cobertura Vegetal	2

VALOR ASIGNADO AL PARÁMETRO LITOLOGÍA

CALIDAD LITOLÓGICA	TIPO DE ROCAS O SUELO	PUNTUACIÓN ASIGNADA
I	Roca sana, fuerte y competente	Hasta 3
II	Roca algo meteorizada y/o con algún fracturamiento.	De 3 a 6
III	Saprolitos que conservan características de la matriz rocosa	De 6 a 9
IV	Saprolitos muy deteriorados.	De 9 a 12
V	Suelos residuales muy erosionables.	De 12 a 15
	Evaluación puntuación ponderación	<u>3</u> <u>0.8</u>

VALOR ASIGNADO AL PARÁMETRO ESTRUCTURA

CATEGORÍA	CONDICIONES EXISTENTES	PUNTUACIÓN ASIGNADA
I	Posición del talud muy favorable respecto a los planos de debilitamiento.	0
II	<u>Posición del talud, algo favorable según los planos de debilitamiento</u>	<u>5</u>
III	Los planos de discontinuidad favorecen al deslizamiento.	10
IV	Los planos de discontinuidad crean condiciones muy favorables al deslizamiento.	15
	Evaluación puntuación ponderación	<u>5</u> <u>1.00</u>

VALOR ASIGNADO AL PARÁMETRO DISCONTINUIDAD

FACTOR ANALIZADO	CARACTERÍSTICAS	VALOR ASIGNADO
Espaciamiento de la discontinuidad	>2.0 m	2
	de 600 mm a 2.0 m	8
	<u>de 200mm a 600mm</u>	<u>16</u>
	de 60mm a 200mm	28
	<60mm	35
Abertura de la discontinuidad, mm	Cerradas, <0.1	1
	De 0.1 a 0.5	3
	<u>De 0.5 a 1.0</u>	<u>7</u>
	De 1.0 a 5.0	12
	>5.0	15
	Evaluación puntuación ponderación	<u>23</u> <u>1.84</u>

VALOR ASIGNADO AL PARÁMETRO MORFOMETRÍA Y RELIEVE RELATIVO DEL TALUD

FACTOR	CARACTERÍSTICAS	PUNTUACIÓN ASIGNADA
Morfometría	pendientes inclinadas	0
	pendientes poco inclinadas	<u>3</u>
	<u>pendientes moderadas</u>	<u>6</u>
	pendientes suaves	10
Relieve Relativo		0
		<u>3</u>
		6
		10
	Evaluación puntuación ponderación	<u>6</u> <u>0.45</u>

VALOR ASIGNADO AL PARÁMETRO GRADO DE METEORIZACIÓN

GRADO DE METEORIZACIÓN	CLASIFICACIÓN ISRM	PUNTUACIÓN ASIGNADA	VALOR PONDERADO
	I	0	0
	<u>II</u>	<u>1</u>	<u>0.26</u>
	III	5	1.33
	IV	10	2.67
	V	12	3.20
	VI	15	4.00
	Evaluación	puntuación ponderación	<u>1</u> <u>0.26</u>

VALOR ASIGNADO AL PARÁMETRO AGUA SUPERFICIAL

CATEGORIA	CARACTERÍSTICAS	PUNTUACIÓN ASIGNADA
I	<u>No existe presencia de agua superficial</u>	<u>0</u>
II	Existe alguna influencia de las aguas superficiales	4
III	Hay presencia apreciable de aguas superficiales	8
IV	Influencia significativa de las aguas superficiales	12
V	Existe gran influencia de las aguas superficiales	15
	Evaluación puntuación ponderación	<u>0</u> <u>0.00</u>

VALOR ASIGNADO AL PARÁMETRO AGUA SUBTERRÁNEA

CATEGORÍA	SITUACIÓN EXISTENTE	PUNTUACIÓN ASIGNADA
I	<u>No existe presencia de agua subterránea</u>	<u>0</u>
II	Existe alguna influencia de las aguas subterráneas	3
III	Hay presencia apreciable de agua subterráneas	6
IV	Influencia significativa de las aguas subterráneas, existe algún empuje	9
V	Existe gran influencia de las aguas subterráneas y empujes significativos.	12
	Evaluación puntuación ponderación	<u>0</u> <u>0</u>

VALOR ASIGNADO AL PARÁMETRO COBERTURA VEGETAL

CATEGORÍA	CONDICIONES EXISTENTES	PUNTUACIÓN ASIGNADA
I	El talud o ladera está totalmente cubierto por una cobertura vegetal.	0
II		
III		
IV		
V	No existe ninguna cobertura vegetal, el talud está totalmente denudado.	15
	Evaluación puntuación ponderación	<u>10</u> <u>1,33</u>

EVALUACIÓN DE CADA PARÁMETRO PRINCIPAL EN MACIZOS ROCOSOS

PARÁMETROS PRINCIPALES	EVALUACIÓN
Litología	1.07
Estructura	1.00
Discontinuidades	1.84
Morfometría y Relieve Relativo del talud	0.45
Grado de Meteorización	0.26
Agua Superficial	0.00
Agua subterránea	0.00
Cobertura Vegetal	1.33
Suma	5.95

La propuesta de clasificación según la susceptibilidad al deslizamiento se establece en la siguiente tabla:

CLASE	SUSCEPTIBILIDAD	VALOR PONDERADO OBTENIDO	DESCRIPCIÓN
I	Muy baja	Hasta 5.0	
II	<u>Baja</u>	De 5.0 a 10.0	
III	Moderada	De 10.0 a 15.0	
IV	Alta	De 15.0 a 20.0	
V	Muy Alta	Mayor que 20.0	
		Evaluación	5.95

La Clasificación según el Valor Ponderado, es Clase II por lo que la Susceptibilidad al desplazamiento es BAJA.

3.3. Estudio del deterioro en el Yacimiento Yarayabo

El macizo rocoso se caracteriza mediante la evaluación de cuatro parámetros geomecánicos, que se asumen como principales: resistencia de la roca, espaciamiento de discontinuidades, abertura de las discontinuidades y meteorización de la roca, de acuerdo a la cuantificación de los parámetros valorados de la siguiente tabla.

PARÁMETRO A. Espaciamiento entre discontinuidades, mm. Puntuación Máxima 35	PARÁMETRO B. Abertura de las discontinuidades, mm. Puntuación Máxima 15	PARÁMETRO C. Resistencia lineal a la compresión de la roca sana, mpa. Puntuación Máxima 35	PARÁMETRO D. Grado de Meteorización, según ISRM. Puntuación Máxima 15
2000 ----- 2 ptos.	Cerrada <0.1 1pto.	>200-----2ptos.	Grado I - 1pto.
600 a 2000 8ptos.	0.1 a 0.5 3ptos.	100 a 200 5ptos.	Grado II - 5ptos.
200 a 600 16ptos.	0.5 a 1.0 6ptos.	50 a 100 10ptos.	Grado III - 8ptos.
100 a 200 22ptos.	1.0 a 2.5 9ptos.	12.5 a 50 18ptos.	Grado IV 10ptos.
50 a 100 28ptos.	2.5 a 5.0 12ptos.	5.0 a 12.5 27ptos.	Grado V 12ptos.
<50-----35ptos.	>5.0 15ptos.	<5.0 35ptos.	Grado VI 15ptos.

GRADO DE METEORIZACIÓN SEGÚN ISRM

Término	Descripción	Grado
Sano	Ningún signo visible de meteorización del material rocoso. Alguna ligera decoloración de las caras de las discontinuidades principales.	I
<u>Ligeramente meteorizado</u>	<u>La decoloración indica la meteorización del material rocoso y las superficies de discontinuidad. Todo el material puede estar decolorado por la meteorización y podría ser algo más débil externamente, que en su estado sano.</u>	<u>II</u>
Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del material rocoso está descompuesto y/o transformado en suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un entramado discontinuo o como bolos.	III
Altamente meteorizado	Más de la mitad del material rocoso se ha transformado en suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un entramado discontinuo o como bolos.	IV
Completamente meteorizado	Todo el material rocoso se ha descompuesto y/o transformado en suelo. La estructura del macizo original permanece prácticamente intacta.	V
Suelo Residual	Todo el material rocoso se ha convertido en suelo. La estructura del macizo y la textura del material están destruidas. Existe un cambio de volumen, pero el suelo no ha sido transportado significativamente.	VI

Según la clasificación del grado de meteorización establecida por el ISRM el yacimiento objeto de nuestro análisis se puede identificar como LIGERAMENTE METEORIZADO ----- GRADO II.

El Yacimiento Yarayabo según el análisis realizado se puede evaluar de la siguiente forma:

Parámetro A

- Espaciamiento entre discontinuidades ----- 16 puntos

Parámetro B

- Abertura de las discontinuidades----- 6 puntos

Parámetro C

- Resistencia lineal a la compresión de la roca sana----- 2 puntos

Parámetro D

- Grado de meteorización según ISRM----- 5 puntos

Para el cálculo de la puntuación total que se le da a cada talud o pendiente, según su susceptibilidad al deterioro (S_d), se utiliza la siguiente expresión:

$$S_d = f_a(A + B + C + D) + Ajuste$$

Donde $f_a = 1.2$

(Según los factores tensionales, ingenieriles y ambientales del yacimiento especificadas)

$$S_d = 1.2(16 + 6 + 2 + 5)$$

$$S_d = 34.8$$

En la Tabla propuesta por López Jimeno, se clasifica el macizo rocoso en cinco clases, según la puntuación obtenida y se define el grado de susceptibilidad al deterioro del talud y además se propone el tratamiento correspondiente.

SUSCEPTIBILIDAD DEL TALUD AL DETERIORO

Clase	Puntuación	Descripción	Tratamiento que se propone para el Talud
1	0 a 20	Muy Baja	Mantenimiento y conservación mecánica, revestimiento de canales de desvío, drenajes de pie, limpieza de derrubios, saneo si se requiere. Inspección regular.
<u>2</u>	<u>20 a 40</u>	<u>Baja</u>	<u>Control de las consecuencias de la degradación mediante contención y protección del talud: mallas de alambre, geotextiles, técnicas de bio-ingeniería, cunetas de protección, bermas intermedias.</u>
3	40 a 60	Media	Refuerzo del talud para controlar los procesos de degradación, protección de la superficie: gunitado, recubrimiento con vegetación, bulones y cables de anclaje, etc.
4	60 a 80	Alta	Medidas de contención y soporte: construcción de estructuras de hormigón, gaviones, apuntalamientos y zanjeo. Sistemas de drenaje.
5	80 a 100	Muy Alta	Rediseño del talud; reducir su ángulo, empleo de bermas, aumentar ancho de las cunetas. Colocación de pantallas al pie del talud.

Con la puntuación total obtenida, hemos podido estimar el nivel de susceptibilidad de la ladera o talud al deterioro, **CLASE 2, BAJA SUSCEPTIBILIDAD AL DETERIORO**; y de esta forma proponer un tratamiento adecuado.



CAPITULO 4

4. Diseño de los trabajos de fragmentación de rocas para la explotación de los materiales para la construcción que se extraen en el yacimiento de calizas Yarayabo.

Régimen de trabajo de la cantera.

Concepto	U/M	Cantidad
• Numero de días laborables calendario al año.	Días	285
• Turno de trabajo al día.	Turno	1
• Duración del turno de trabajo	Horas	8
• Numero de días laborables efectivo de trabajo	Días	265
• Coeficiente de efectividad del turno		0.93

4.1. Calculo de la productividad anual de la cantera.

La productividad anual de la cantera la calculamos por la formula siguiente:

$$P_c = \frac{Q_p}{K_e \times \eta \times K_1 \times K_2}; M^3 \quad (1)$$

Donde: Q_p-capacidad de producción anual de la planta; m³.

K_e- Coeficiente esponjamiento.

η- Coeficiente que tiene en cuenta la salida del producto terminado en fracciones de la unidad de masa inicial (0 < η < 1) se toma 0.9

K₁- Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas por concepto de transportación.

K₂- Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas por concepto de trabajo de Perforación y voladura.

$$P_c = \frac{110000}{1.5 \times 0.9 \times 0.995 \times 0.995} = 82303 M^3$$

Basándose en la formula anterior la productividad de la cantera será la siguiente:

Indicadores	U/M	Productividad en el macizo
Productividad anual	M ³	82303
Productividad trimestre	M ³	20576
Productividad Mensual	M ³	6858,5
Productividad x diaria	M ³	286
Productividad x hora	M ³	35,75

Este cálculo es basado en la productividad de la planta, de acuerdo al Plan del año de la cantera que es de 65000 M³ sería:

Indicadores	U/M	Productividad en el macizo
Productividad anual	M ³	48634
Productividad trimestre	M ³	12158.5
Productividad Mensual	M ³	4053
Productividad x diaria	M ³	169
Productividad x hora	M ³	21,1

4.2. Cálculo de las reservas y vida útil de la cantera.

Según balance de reservas enero 2009 los recursos concesionados en el Yacimiento Yarayabo son los siguientes:

Recursos Medidos	632560 m ³
Recursos Indicados	390750 m ³

El tiempo de vida útil en la cantera se determina por:

$$T_{vu} = \frac{P}{P_c} ; \text{Años} \quad (2)$$

Donde: P: reservas de material en la zona de explotación, m³.
P_c: productividad anual de la cantera, m³.

$$T_{vu} = \frac{1023310}{82303} = 12,43 \text{ Años.}$$

Según el Plan de año de la cantera sería:

$$T_{vu} = \frac{1023310}{48634} = 21,04 \text{ Años.}$$

4.3. Tipo de equipamiento para la perforación, extracción, carga y transporte que se utilizan en la extracción del mineral útil y del material estéril.

Equipos de Perforación.

- Carretilla Barrenadora ROC – 460 PC con Ø 115 mm
- Compresor Atlas Copco XAHS - 416

Equipos de extracción, carga y transporte.

- Buldózer sobre esteras KOMATSU D-155
- Cargador sobre neumáticos SHANTUI 2L 50F III
- Camión Volteo KRAZ 256 1M

Los trabajos de perforación serán realizados por la Empresa Explomat (UEB Oriente), así como la fragmentación secundaria.

4.4. Cálculo de la productividad de la carretilla barrenadora.

Para el cálculo de la productividad de la carretilla barrenadora se tendrá en cuenta los siguientes factores:

- Propiedades físico- mecánicas de las rocas.
- Características de la carretilla barrenadora.
- Forma y diámetros de la corona del martillo barrenador.
- Régimen de perforación.

Para el cálculo de la productividad de la carretilla barrenadora utilizamos la siguiente formula:

$$Pt = \frac{T_t - (T_{pc} + T_{rg})}{t_f + t_a}; \text{ m/ turno}$$

Donde: Pt-productividad, m.

Tt- tiempo turno, min.

Tpc- tiempo de operaciones preparatorias conclusivas, min.

Treg- tiempo de paradas reglamentadas en el turno, min.

tf- tiempo fundamental para la perforación de un metro de barreno, min/m.

ta- tiempo de operaciones auxiliares en la perforación de un metro de barreno, min.

$$Pt = \frac{480 - (20+20)}{4.89 + 0.5} = 82 \text{ m.l / turno.}$$

4.5 Cálculo de la dimensión máxima de los pedazos de la roca.

La dimensión máxima de los pedazos de rocas voladas se establece:

a) por la capacidad geométrica del cucharón del cargador (E, M³).

$$L_{\text{máx}} = 0.5 \times \sqrt[3]{E}; \text{ m}$$

$$L_{\text{máx}} = 0.83 \text{ m.}$$

b) Por la dimensión menor de la abertura del molino primario (A, mm.).

$$L_{\text{máx}} = (0.8-0.85) A; \text{ mm.}$$

$$L_{\text{máx}} = 0.85 \cdot 750 = 637 \text{ mm.}$$

4.6. Trabajos de Perforación y de Voladura.

Los trabajos de perforación primaria son realizados por la empresa EXPLOMAT UEB Oriente, la cual brinda servicios de alquiler del equipamiento necesario para los mismos. Para la realización de las voladuras, la EMC Santiago cuenta con una brigada la cual se encarga de realizar estas labores.

4.7. Cálculo del consumo de materiales explosivos.

- Tipo de explosivos utilizados en la cantera.

Actualmente se utiliza el Tectrón 100 de Ø 100mm como carga de fondo y el Anfo como carga de columna. Como medios para la explosión los detonadores no eléctricos con micro retardo y cordón detonante.

- Características minero-tecnológicas y clasificación de las calizas de la cantera.

- Coeficiente de dureza de las rocas según M.M. Protodiaconov (entre 3 y 7) se toma 5.

- Teniendo en cuenta la complejidad que presenta el yacimiento la ubicamos en el grupo II.

Por lo expresado anteriormente las rocas serán fragmentadas preliminarmente por el método de la carga de barrenos. La fragmentación de las piedras sobre medidas se realizará con la utilización del martillo rompedor.

4.8. Cálculo de los parámetros de los trabajos de perforación y voladura.

En este Yacimiento se realizará la voladura primaria con los barrenos inclinados, los mismos se perforarán paralelos al borde del escalón, con un ángulo de inclinación de 75°. La perforación de los barrenos se ejecutará por el método de percusión y rotación.

El cálculo de los parámetros de perforación y voladura se realizó teniendo en cuenta la Metodología aplicada en el Proyecto de Explotación y las Reglas únicas de Seguridad durante la ejecución de los trabajos de Voladura, y se tuvo en cuenta además el Curso de Perforación y Voladura de los autores españoles: Fernando Plá Ortiz, Lucinio Mencía y Carlos López.

Durante la realización del cálculo de los parámetros de perforación y voladura se tomó en cuenta que la roca a volar se transportará a los Molinos para su posterior procesamiento. La trituración primaria se realizará por los Molinos de Mandíbula, uno chino y otro soviético, con abertura de la boca de (750 – 1060) mm y (400 – 900) mm, respectivamente.

Datos:

- ◆ Angulo de estabilidad del escalón (φ): 65°
- ◆ Angulo de inclinación del escalón de trabajo o talud del escalón (α): 75°
- ◆ Altura del escalón de trabajo (H): 9 m

4.9. Cálculo del consumo específico de sustancia explosiva (SE).

El gasto específico SE (q) se determina por los resultados de la producción o voladuras experimentales, en este caso de tenerse estos datos se determina en base a datos empíricos teniendo en cuenta los coeficientes de conversión de los diferentes SE, ver tabla:

Denominación de la SE	Q, Kg./m ³
ANFO	0.53
Tectron	0.48

En la siguiente tabla damos las características de los explosivos:

Características de la sustancia explosiva	Tectron 100	ANFO
Densidad de carga, (g/cm ³)	1.15	0.82
Velocidad detonación, (m/s)	6200	3100-4100
Potencia relativa en peso	86	79
Potencia relativa en volumen	122	-
Trabajo idea (energía) (Kcal./Kg.)	740	912
Calor explosivo	-	-
Volumen de los gases (m ³ /Kg.)	0.783	-
Resistencia al agua	Excelente	Pobre
Balace de oxígeno	0	-
Coficiente de conversión	1.15	1.12
Diámetro del cartucho, Mm.	100	Suelta
Peso de la caja/bolsa, Kg.	25	25
Peso del cartucho, g	4167	-
Longitud del cartucho, Mm.	460	-
Diámetro cartucho, Mm.	100	-
Cantidad de cartucho por caja, unidades	6	-

4.10. Voladura Primaria:

Parámetros geométricos en función de la resistencia de las rocas

Variable de Diseño	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)			
	Blanda < 70	Media 70 – 120	Dura 120 – 180	Muy dura > 180
- Piedra (B)	39D	37D	35D	33D
- Espaciamiento (S)	51D	47D	43D	38D
- Retacado (T)	35D	34D	32D	30D
- Sobreperforación (J)	10D	11D	12D	12D
- Longitud carga de fondo (lf)	30D	35D	40D	46D

Según la Tabla anterior, las calizas a las cuales se les realizará las voladuras se clasifican como blandas (< 70 Mpa).

1- Peso de 1 metro lineal de barreno:

$$q_f = 7.85 \cdot (d_{ca})^2 \cdot \gamma_t = 7.85 \cdot (1.0)^2 \cdot 1.15 = 9.02 \text{ kg}$$

Donde: d_{ca} : Diámetro del cartucho (100 mm \Leftrightarrow 1.0 dm)
 γ_t : Densidad de carga del Tectron 100 (1.15 kg/dm³)

La carga de fondo se realizará con Tectron 100 de 100 mm de diámetro y la carga de columna se realizará con Anfo a granel.

2- Línea de menor resistencia:

$$W = 39 \cdot D = 39 \cdot 0.115 \text{ m} = 4.48 \text{ m} \approx 4.5 \text{ m}$$

Donde:
D: Diámetro de Perforación (0.115 m)

3- Longitud de extra perforación en un barreno:

$$L_{ext} = 10 \cdot D = 10 \cdot 0.115 = 1.15 \text{ m} \approx 1.0 \text{ m}$$

4- Longitud del barreno:

$$L = \frac{H}{\text{sen}\beta} + L_{ext} = \frac{9}{\text{sen } 75^\circ} + 1,0 \text{ m} = 10,3 \text{ m}$$

5- Distancia entre barrenos:

$$a = m * W = 1.1 * 4.5 = 4.9 \text{ m}$$

Donde: m: Coeficiente de aproximación de las cargas (0.9 – 1.2) [se tomó 1.1]

6- Distancia entre filas de barrenos:

$$b = W = 4.5 \text{ m}$$

7- Longitud Carga de Fondo:

$$L_f = 30 * D = 30 * 0.115 = 3.45 \text{ m}$$

8- Carga de Fondo:

$$Q_f = L_f * q_f = 3.45 * 9.02 = 316.12 \text{ kg}$$

9- Longitud de relleno en un barreno (Retacado):

$$T = 35 * D = 35 * 0.115 = 4.02 \text{ m} \approx 4 \text{ m}$$

10- Longitud de la carga de columna:

$$L_c = L - (L_f + T) = 10.3 - (3.45 + 4) = 2.85 \text{ m}$$

11-Concentración de la Carga de Columna:

$$q_c = 7.85 * d^2 * \gamma_a = 7.85 * (1.15)^2 * 0.82 = 8.51 \text{ kg/m}$$

Donde:

d: Diámetro del barreno (115 mm = 1.15 dm)

γ_a : Densidad de carga del Anfo (0.82 kg/dm³)

12-Carga de columna:

$$Q_c = L_c * q_c = 2.85 * 11.2 = 31.92 \text{ kg}$$

13-Longitud de Carga total del barreno:

$$L_b = L_f + L_c = 3.45 + 2.85 = 6.3 \text{ m}$$

14-Carga total del Barreno:

$$Q_b = Q_f + Q_c = 31.12 \text{ kg} + 31.92 \text{ kg} = 63.04 \text{ kg}$$

15-Volumen Arrancado por Barreno:

$$V_R = W * a * \left(\frac{H}{\cos \beta} \right) = 4,5 * 4,9 * \left(\frac{9}{0,966} \right) = 205,43 \text{ m}$$

16-Consumo Específico:

$$C_e = \frac{Q_b}{V_R} = \frac{63,04 \text{ Kg}}{205,43 \text{ m}^3} = 0,31 \text{ Kg/m}^3$$

La longitud de carga y de relleno será igual en el resto de los barrenos, debido a que los parámetros para las siguientes filas de barrenos son iguales, se recomienda utilizar la voladura micro retardada y continuar con la inclinación de los barrenos, para obtener una mejor y mayor fragmentación de las rocas, además con la utilización del micro retardo se produce un menor daño al macizo y al Medio.

4.11. Fragmentación secundaria.

Para la fragmentación secundaria se propone la utilización de excavadora hidráulica sobre neumáticos con martillo rompedor, los cuales han venido teniendo buenos resultados productivos (Entre 150- 180 m³) por turno de trabajo.

Estos servicios serán contratados con la empresa Explomat UEB Oriente. La práctica ha demostrado que con una la entrada trimestralmente de diez días se satisface la eliminación de todas las rocas sobre medidas originadas de las voladuras primarias en ese periodo.



4.12 Técnica de seguridad y medidas de protección del trabajo.

4.12.1 Determinación de las distancias de seguridad.

Determinación de la distancia de seguridad por la acción sísmica de la explosión.

$$V_s = K_s \times \alpha \times \sqrt[3]{Q} \quad ; \text{ m.}$$

Donde: V_s - distancia desde el lugar de la voladura, m.

K_s - coeficiente que depende de las propiedades del suelo en la base de la construcción y es igual 3.

Q - carga total, Kg.

α - coeficiente que depende del índice de la voladura $n_1 = 1$

$$V_s = 3 \times 1 \times \sqrt[3]{873,5} = 28,68 \text{ m.}$$

4.12.2 Determinación de la distancia de seguridad por la acción de la onda expansiva.

$$y_{ac} = K_{oe} \times \sqrt{Q} \quad , \text{ m.}$$

Donde: K_{oe} – coeficiente de proporcionalidad cuyos valores dependen de las condiciones de la distribución y magnitud de las carga, así como el carácter de los daños.

$$y_{ac} = 3 \times \sqrt{873,5} = 88,66 \text{ m.}$$

4.12.3 Determinación de las dimensiones de la zona de seguridad por la acción de la onda expansiva sobre el hombre.

$$L_{min} = 15 \times \sqrt[3]{Q} \quad \text{m};$$

$$L_{min} = 15 \times 9,56 = 143,4 \text{ m}$$

Esta fórmula se utiliza en las roca cuando las condiciones de trabajo es necesario el máximo de acercamiento del personal al lugar de trabajo. En condiciones normales la distancia atendida por la formula se aumentara en 2 o 3 veces.

4.12.4 Determinación de la distancia de seguridad por el vuelo de algunos pedazos de roca.

El valor del radio de de la zona de peligro (distancia mínima de seguridad) por el vuelo de algunos pedazos de roca para las personas y mecanismo durante la

voladura de una carga unitaria se determina en dependencia del índice de acción de la voladura de la carga n y de la distancia de la línea de menor resistencia. W .

$$a = 0.5 \times W \times (n + 1), \text{ m.}$$

Radio de la zona de peligro para las personas 300 m.

Radio de la zona de peligro para los mecanismo 125 m.

4.13 Trabajos de perforación y voladura.

- a) La carretilla barrenadora se colocara nivelada en la plataforma de trabajo y se situara de forma que el equipo se encuentre fuera del prisma del talud.
- b) Se prohíbe nivelar carretillas barrenadoras con rocas y otros materiales.
- c) La carretilla barrenadora se trasladara con la torre puesta en posición de traslado y las barrenas desmontadas o fijadas con seguridad.
- d) Durante el traslado de la carretilla barrenadora se prohíbe que personas permanezcan sobre la misma, excepto cuando esta sea manipulada.
- e) En la perforación de barrenos se tomaran medidas para evitar el desplazamiento de esta.
- f) Durante la perforación de los barrenos de la primera fila, la carretilla barrenadora se colocara de modo que el eje frontal quede paralelo al borde del escalón.

CAPITULO 5

5. Caracterizar, evaluar y proponer variantes para los sistemas de explotación atendiendo al tipo de material.

5.1 Fundamentación del sistema de explotación.

Al establecer el sistema de explotación se define el método y el orden en que se deben de ejecutar los trabajos mineros preparatorios de extracción de la materia prima y del material estéril que garantice que estos se realicen racionalmente y que la extracción sea planificada y eficiente así como el cumplimiento de los planes de extracción previstos.

Antes de determinar el sistema de explotación a emplear debemos proceder a clasificar el yacimiento.

- Por el relieve de superficie: Pertenece a los yacimientos de terreno elevado.
- En dependencia de la situación con respecto a la superficie: Pertenece al tipo superficial.
- En dependencia del ángulo de buzamiento: Pertenece al tipo de yacimiento de poco buzamiento.
- Por su estructura: Pertenece a los yacimientos simples.
- Por la distribución de la calidad del material útil: Es homogéneo.
- Por la potencia de la capa útil: Pertenece a los de media potencia útil.
- Por la potencia de la capa de estéril: Pertenece a los de poca potencia de estéril.
- Por el coeficiente de escombreo: Pertenece a los yacimientos de bajo coeficiente de escombreo.
- Por las reservas de roca útil: Pertenece a los yacimientos con reservas medias útiles.
- Por la presencia de agua en el yacimiento: Pertenece a los yacimientos secos.

5.2. Elección del sistema de explotación.

Después de realizada la clasificación del yacimiento y además analizadas las condiciones que tiene yacimiento en la actualidad y tomando en consideración los factores técnicos organizativos podemos concluir que el sistema de explotación que debemos emplear es continuo transversal de un borde segunda clasificación de V: V: Rschevskiy con transporte automotor y el traslado de las rocas estériles a la escombrera exterior.

La explotación del yacimiento se debe realizar en dirección a la yacencia de las capas, para obtener un menor volumen de pérdidas.

La explotación se realizará desde el horizonte superior hacia el horizonte inferior.

El objetivo fundamental de la apertura es garantizar la extracción y las comunicaciones del transporte entre la cantera y la planta procesadora, así como otros objetivos fuera de la cantera.

En la elección del método de apertura influyen:

- Relieve de la superficie.
- Los elementos y las condiciones ingeniero-geológicas de la yacencia de la capa útil.
- Tipo de equipamiento minero utilizado.

En este proyecto debemos señalar que el último escalón (nivel + 292) será dividido a pesar que posee una altura de 16 m, debido a que como este yacimiento se presenta en estratos o capas y posee gran cantidad de intercalaciones, se dificulta mucho realizar la barrenación por los tranques que se presentan, lo que conlleva a que el resultado de las voladuras sean malos, obteniéndose gran volumen de piedras sobre medidas. Además se logra mayor estabilidad en el paramento y eliminamos la peligrosidad que representa por la altura al realizar los trabajos de perforación y carga, tanto para el trabajador como para los equipos.

Debido a que este es un yacimiento de montaña, su explotación se realiza por horizontes de arriba hacia abajo, por lo que el camino de acceso va desde el nivel + 292 hasta el área de descarga de la planta.

Entre los parámetros del sistema de explotación tenemos:

- Altura del escalón.
- Talud del escalón en su posición de trabajo (activo) y al final de la explotación (inactivo).
- Ancho de la plazoleta de trabajo.

- Largo del frente de trabajo del equipo de carga.
- Altura del escalón.

Se tuvo en consideración para su determinación lo siguiente:

- Propiedades físico-mecánicas de las rocas.
- Características geológicas del yacimiento.
- Parámetros de operación de los equipos mineros.
- Productividad de la cantera.
- Reglas de seguridad.

Teniendo en cuenta lo anterior, es que tomamos la decisión de dividir el escalón, tomando como altura 9 m para el nivel +292 y de 7 m para el escalón +283.

- Talud del escalón en su posición de trabajo (activo) y al final de la explotación (inactivo).

Este ángulo debe garantizar la seguridad durante los trabajos en el frente de cantera.

- Talud del escalón en su posición de trabajo (∞): 75°
- Talud del escalón al final de la explotación (ϕ): 65° según normas.

- Ancho de la plazoleta de trabajo.

$$A_{min} = B + P_p + P_o + P_o' + P_b$$

Donde:

B: Ancho completo del montón de roca volada

$$B = A_1 + M$$

A_1 : Ancho del avance de perforación del escalón inferior

$$A_1 = P_b' + H * (\cot \alpha - \cot \beta) + b * (n-1)$$

P_b' : Distancia desde el borde del escalón hasta la primera fila de barrenos (LMR) (4.5 m)

H: Altura del escalón (9 m)

α : Angulo de inclinación del escalón de trabajo (75°)

β : Angulo de inclinación del barreno (75°)

b: Distancia entre filas de barrenos (4.5 m)

n: Cantidad de filas de barrenos (5)

$$A_1 = 4.5 + 9 * (\cot 75^\circ - \cot 75^\circ) + 4.5 * (5 - 1) = 31.4 \text{ m}$$

M: Ancho incompleto del montón de roca volada

$$M = K' * (1.73 * H - 1.22 * H * \cos \alpha) = 0.75 * (1.73 * 9 - 1.22 * 9 * \cos 75^\circ) = 9.54 \text{ m}$$

K': Coeficiente que tiene en cuenta la voladura micro retardada y el tipo de esquema de voladura (0.75)

$$B = 31.4 + 9.54 = 40.94 \text{ m} \approx 41 \text{ m}$$

Pp: Ancho de la parte transitable (8 m) [según Metodología de Confección de la Parte Minera de los Proyectos Mineros]

Po: Ancho de seguridad entre la vía de transportación y el borde inferior del escalón de trabajo superior (1.5 m) [según Metodología de Confección mencionada]

Po': Distancia entre el borde del camino y el límite del prisma de derrumbe (4.5 m) [según Metodología de Confección mencionada]

Pb: Ancho del prisma de derrumbe

$$Pb = H * (\cot \varphi - \cot \alpha) = 9 * (\cot 65^\circ - \cot 75^\circ) = 1.3 \text{ m}$$

φ : Angulo de estabilidad del escalón inactivo (65°)

$$Amín = 41 + 8 + 1.5 + 4.5 + 1.3 = 56.3 \text{ m} \approx 56 \text{ m}$$

Ancho normal de la plazoleta de trabajo:

$$Anormal = Amín + A_1 + U = 43 + 16.4 = 59.4 \text{ m}$$

Donde:

U: Distancia para la ubicación de la línea eléctrica (0)

Altura máxima del montón de roca volada para los barrenos inclinados, durante la voladura micro retardada:

$$h' = K''(h''+0.6*H*\cos \beta)$$

Donde:

K'': Coeficiente que tiene en cuenta la voladura micro retardada y el tipo de esquema de voladura para el ancho normal de trabajo (0.75 – 1.1) [se tomó 0.75]

h'': Altura máxima del montón de roca volada para los barrenos verticales y voladura instantánea

$$h'' = 0.85*H = 0.85*10 = 8.5 \text{ m}$$

$$h' = 0.75*(8.5+0.6*10*\cos 75^\circ) = 7.55 \text{ m}$$

- Ancho de la berma de seguridad del escalón al final de la explotación.

Cuando el frente de trabajo llega al límite de la cantera al final de la explotación proyectada entonces se deja entre dos taludes adyacentes una berma de 4 m, si son varios escalones entonces cada 3 bermas de 4 m se deja una de 8 m.

- Largo del frente de trabajo del equipo de carga.

Será determinado por el radio de giro del camión, ya que este tiene un mayor radio de giro que el cargador, por lo anterior el largo del frente de trabajo para el equipo de carga será ≥ 12 m.

5.3. Pérdidas y dilución

Las pérdidas en el yacimiento son de 10 % y la dilución de 5 %.

5.4. Construcción de Escombreras.

Para la formación de la escombrera se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ◆ Que su ubicación se realice en un lugar lo más cercano posible al frente de trabajo.
- ◆ Donde esta se ubique no deben existir reservas futuras, es decir, que se ubique en una zona estéril.
- ◆ El tipo de equipamiento a emplear.

La altura de la misma no deberá sobrepasar los 10 m, con un ángulo de inclinación de 30° a 35° del borde de la misma.

La escombrera propuesta en el Proyecto de Explotación no se está utilizando actualmente. En esta actualización se proyectan dos escombreras, las cuales están situadas fuera de los límites de las reservas geológicas y dentro del área concesionada, aprovechando también el relieve de la zona.

La escombrera No. 1 está ubicada al SW, en la cual está depositando el estéril que se está extrayendo del área donde se está realizando el destape. El volumen depositado en la misma será de 9200m³.

A medida que avance el desarrollo hacia la parte norte, es necesario ubicar otra escombrera, ya que la distancia de tiro se hace mayor, por lo que ubicamos la escombrera No.2 al NW. El volumen depositado aquí es de 15726m³.

Capitulo VI

6. Caracterización de los impactos ambientales que se producen y las causas que lo provocan, para su predicción y ó disminución desde la etapa de proyecto hasta el cierre.

A partir de este trabajo realizaremos la evaluación del impacto ambiental del yacimiento de calizas Yarayabo a través de un estudio del medio para lograr identificar las posibles alteraciones, evaluar los impactos y establecer las medidas preventivas y de control que propicien el mejor desarrollo de la actividad minera y así tratar de perjudicar lo menos posible el medio ambiente.

Para la identificación de las acciones productoras de impactos o alteraciones, factores del medio susceptible a recibir impactos y la identificación de impactos, los métodos utilizados fueron el de listas de chequeo, encuestas a expertos y matrices de interacción (Matriz de identificación, importancia y evaluación de impactos)

Acciones susceptibles a producir impactos o alteraciones

- Desbroce
- Destape
- Explotación
- Transportación
- Procesamiento de la materia prima
- Acopio de la materia prima

Factores del medio susceptibles a recibir impactos

- Relieve (R)
- Suelo (S)
- Paisaje (P_J)
- Aguas (A_S)
- Flora y Vegetación (F_R)
- Fauna (F)
- Población (P_H)
- Economía (E_C)

Relación de las acciones impactantes con los componentes ambientales en riesgo.

Acciones					
Factores	Desbroce	Destape	Explotación	Transportación	Procesamiento
Relieve	x	x			
Suelo	x	x	x		
Paisaje	x	x	x		
Aire	x	x	x	x	x
Aguas	x	x	x		
Flora y Vegetación	x	x	x		
Fauna	x	x	x	x	x
Población	x	x	x	x	x
Economía					x

Impactos

1. Cambio de morfología del terreno produciendo alteración en el relieve.
2. Disminución de la calidad visual del paisaje.
3. Pérdida o reducción de la cubierta vegetal
4. Empeoramiento de las condiciones atmosféricas del lugar, por emanaciones de partículas sólidas, polvo y gases, derivadas de las operaciones de apertura, creación de escombreras y el tráfico de vehículos.
5. Alteración de los drenajes superficiales, incorporación de partículas a la red hidrográfica.
6. Eliminación o alteración del hábitat de especies animales.
7. Estabilidad en las fuentes de empleo.
8. Aumento de la disponibilidad de materia prima para la construcción de viviendas y obras sociales.





Medidas Correctoras

- Correcto diseño y explotación de la cantera en todas sus etapas.
- Utilizar en el desbroce el área estrictamente necesaria
- Cumplir con el Plan de Rehabilitación concebido
- Creación de sistemas de drenajes, canales, para las escombreras, taludes y frentes de explotación.
- Reforestación adecuada del área explotada
- Aplicación de nuevas técnicas en la fragmentación de rocas
- Utilización de los captadores de polvo en las carretillas barrenadoras
- Evitar el incremento de polvo en el aire mediante la irrigación con agua de los caminos.
- Cubrir la carga de los camiones con lonas.
- Mantener los equipos tecnológicos en buen estado técnico
- Inducir el restablecimiento de la fauna de la zona.
- Creación de cortinas de árboles para disminuir el impacto visual.

Capítulo VII

7. Caracterización del proceso de preparación mecánica con las tecnologías actuales de cada establecimiento y proposición de tecnologías más avanzadas en función de la tendencia actual.

El Yacimiento Yarayabo y la planta procesamiento de áridos de fabricación soviética estaban cerrados desde el año 2002, producto a las dificultades del período especial.

De acuerdo a la política de rehabilitación de la Industria de Materiales que ha estado desarrollando el país y la provincia, primeramente se decidió la recuperación de la planta de fabricación soviética; luego de acuerdo a las perspectivas constructivas y necesidades de áridos y la no estabilización de la producción de áridos en el resto de los yacimientos de la provincia se decide la realización de la nueva inversión, la cual constituye el montaje de una nueva instalación con equipos de fabricación China para obtener una capacidad teórica de aproximadamente $90 \text{ m}^3/\text{h}$, con molino triturador con abertura de (750 -1060).

Los trabajos fueron realizados por el CTDM con la colaboración de otras entidades.



