

ENTRENAMIENTO INDUSTRIAL

(MINERÍA DE CAMPO)

*Plan de Explotación del Frente 2 en Cantera Tacarigua C.A. Carretera nacional  
Gañango–Patanemo, Sector Mar Azul. Puerto Cabello-Estado Carabobo*

INFORME DE PASANTÍA

Br. Adrián Alarcón

ESCUELA DE GEOLOGÍA,  
MINAS Y GEOFÍSICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD CENTRAL  
DE VENEZUELA

*Caracas, Septiembre 2014*

ENTRENAMIENTO INDUSTRIAL

(MINERÍA DE CAMPO)

*Plan de Explotación del Frente 2 en Cantera Tacarigua C.A. Carretera nacional  
Gañango–Patanemo, Sector Mar Azul. Puerto Cabello-Estado Carabobo*

TUTORA ACADEMICA: Ing. Aurora Piña

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Cristian Sánchez

*Caracas, Septiembre 2014*

**PLAN DE EXPLOTACIÓN DEL FRENTE 2 EN CANTERA TACARIGUA C.A.,  
CARRETERA NACIONAL GAÑANGO-PATANEMO, SECTOR MAR AZUL. PUERTO  
CABELLO-ESTADO CARABOBO**

*Br. Adrián Alarcón<sup>1</sup>*

*Tutora Académica: Ing. Aurora Piña*

*Tutor Industrial: Ing. Cristian Sánchez*

*Canteras Tacarigua, C.A.*

<sup>1</sup>Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela,

Caracas, Venezuela, aaalarcon92@gmail.com

El presente trabajo de investigación tiene por objeto, diseñar y planificar el método de explotación del frente 2, ubicado en el flanco Norte de la Cantera Tacarigua, la cual tiene en su zona concesionada un área ubicada hacia el Norte de la delimitación el cual en algún momento fue explotada sin una planificación definida, situación que al transcurrir del tiempo, generó un paulatino abandono del área para solamente desarrollar labores mineras solamente en la zona Sur de la cantera denominada como frente 1.

Para el año 2004, la cantera se traza como objetivo comenzar el desarrollo del frente 2 en el año 2006, a modo de incursionar formalmente con el aprovechamiento mineral para el año 2008, a pesar de ello, a la fecha, aún no se han desarrollado ninguno de los avances que en su momento fueron planificados para este nuevo frente de la cantera.

Las consecuencias que podrían presentarse a largo plazo como consecuencia de la no planificación de las labores en dicha zona son de carácter crítico, ya que no existe una zona de expansión con al menos una vialidad desarrollada para el momento del cese de las operaciones en el frente 1 al agotarse las reservas.

La mayoría de los datos tomados son bajo trabajo de campo y observación en el frente 1, el cual posee geológicamente una continuidad con el frente 2, el cual también fue recorrido para realizar apuntes importantes de datos a considerarse para la mecánica del yacimiento.

Para contrarrestar y evitar escenarios previamente planteados, se exhorta a comenzar a desarrollar en el corto plazo la vialidad desde el lugar donde va a estar ubicada la planta de trituración hasta el centroide del esquema de *pit* del frente 2, a modo de comenzar a desarrollar en el mediano plazo las voladuras a patrón definido en tresbolillo 3 x 3 y generar así banco de entre 10 m y 12 m que permitan un óptimo aprovechamiento del mineral que garantice la mejor tasa de retorno en el menor tiempo posible.

Es necesaria la implementación de las recomendaciones mencionadas en el menor tiempo posible para así tener un desarrollo del frente 2 al menos a mitad de su vida útil para que no exista un impacto directo en la economía de la empresa cuando el frente 1 entre en su declive de producción.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la empresa Canteras Tacarigua, C.A., por permitirme realizar mi trabajo de pasantías en sus instalaciones brindándome para ello todo su apoyo y paciencia. A su personal formado por Ing. Leonidas Burgazzi, Lic. Danymar Becerra, Sr. Pedro Goncalvez y Sr. Orlando Hernández, al departamento de operaciones, departamento de mecánica, departamento de recursos humanos, departamento de ventas y demás trabajadores por todo el apoyo prestado, orientaciones y atenciones.

Al Ing. Cristian Sánchez, jefe de operaciones de Canteras Tacarigua, C.A., quien más que un tutor industrial fue un amigo y mentor que me guió, brindándome desinteresadamente algunos de sus vastos conocimientos, para contribuir a formarme no solamente un mejor perfil dentro de mi carrera sino como ser humano.

A la Profa. Aurora Piña, quien en su condición de tutora académica, invirtió gran parte de su tiempo en la revisión de este trabajo, aportando de sus valiosos conocimientos para que estuviese en condiciones ideales para ser presentado.

Al Prof. José Luis Contreras por establecer el contacto entre mi persona con la Gobernación de Carabobo y la empresa Canteras Tacarigua, C.A.

A la Gobernación del estado Carabobo, quienes a través de la Secretaría de Ordenación del Territorio, Ambiente y Recursos Naturales sirvieron de enlace con la empresa Canteras Tacarigua, C.A.

A mi madre, familiares, novia y amigos por todo su amor, apoyo y comprensión.

Finalmente a Dios y a todas aquellas personas que de una u otra forma son parte de este triunfo.

**A TODOS MIS ETERNOS AGRADECIMIENTOS.**

# ÍNDICE

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	7
CAPÍTULO I.....	9
1 Generalidades de la Investigación.....	9
1.1 Planteamiento del Problema.....	9
1.2 Objetivos de la Investigación .....	10
1.2.1 Objetivo General .....	10
1.2.2 Objetivos Específicos .....	11
1.3 Justificación.....	11
1.4 Alcances y Limitaciones .....	12
CAPÍTULO II .....	15
2 Aspectos Generales de la Empresa.....	15
2.1 Reseña Histórica.....	15
2.2 Visión .....	16
2.3 Misión .....	17
2.4 Valores .....	17
2.5 Organigrama.....	18
CAPÍTULO III.....	20
3 Marco Teórico.....	20
3.1 Antecedentes Generales .....	20
3.2 Bases Teóricas de la Investigación.....	21
3.2.1 Conceptos Básicos de Minería .....	21
3.2.2 Circuito Minero Frente 1 .....	22
3.2.3 Geología .....	23
3.2.4 Climatología.....	32
3.2.5 Topografía .....	33
3.2.6 Disponibilidad de Equipos .....	34
CAPÍTULO IV.....	37
4 Marco Metodológico .....	37

4.1	Tipo de Investigación .....	37
4.2	Diseño de la Investigación .....	37
4.3	Población y Muestra.....	38
4.4	Procedimiento Experimental .....	38
CAPÍTULO V .....		40
5	Resultados .....	40
5.1	Correlación Geológica.....	40
5.2	Diseño de Cantera .....	42
5.3	Reservas .....	44
5.4	Productividad Pala-Camión.....	45
5.5	Productividad de Planta de Trituración.....	47
5.6	Cálculo de Escenario.....	47
5.7	Perforación y Voladura .....	49
CAPÍTULO VI.....		54
6	Análisis de Resultados .....	54
CONCLUSIONES .....		57
RECOMENDACIONES .....		58
REFERENCIAS .....		59

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objetivo generar un esquema de explotación que le permita a la empresa “Canteras Tacarigua, C.A.”, ubicada en el sector Mar Azul del municipio Gañango, estado Carabobo, desarrollar un nuevo frente de explotación con miras hacia la utilización completa de su yacimiento de caliza y dolomita en el área que les fue concesionada para así aumentar el tiempo de vida útil de la cantera.

En el pasado ya la empresa trató de incursionar en el “Frente 2”, sin embargo, por un mal diseño del plan de explotación, el mismo se excedía de los límites de laboreo permitidos y por tanto fueron abandonadas las actividades mineras en dicha zona por considerarse económicamente poco rentable para la época.

En base a lo mencionado previamente, el objetivo fundamental de este trabajo radica en la planificación de explotación del “Frente 2”, para lograr el mismo, es necesario que se cumpla con un diseño de bancos y ángulos finales, cálculo de reservas estimado mediante el uso del método de los polígonos, determinación de la productividad pala-camión, estimación de la productividad anual del frente y el establecimiento del patrón de perforación y voladura.

El presente trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera: generalidades de la investigación, aspectos generales de la empresa, marco teórico, marco metodológico, proceso de análisis de datos, análisis y resultados, conclusiones y recomendaciones.

**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN**

# CAPÍTULO I

## **1 Generalidades de la Investigación**

En la presente sección se define el contexto de la investigación, las razones que la originaron y los objetivos que tienen por finalidad alcanzar una meta específica en un marco normal de limitaciones inherentes.

### **1.1 Planteamiento del Problema**

La empresa Canteras Tacarigua, C.A., desde el momento en que les fueron otorgados los derechos de concesión minera, ha venido extrayendo minerales de caliza y dolomita de un único frente desarrollado, el cual hasta la fecha, ha sido aprovechado hasta la fecha en solo un 25% de sus reservas estimadas.

Con miras en aumentar su producción y desarrollar sus labores mineras a todos los espacios a los cuales les fue concedido los derechos de alteración ambiental con fines mineros, la mencionada empresa se encuentra en trámites administrativos para comenzar operaciones en el flanco noreste del área concesionada, el cual, en el pasado fuera parcialmente aprovechado pero sin una planificación definida.

En consideración de lo anteriormente expuesto, la empresa requiere de una serie de datos para gestionar sus trámites, en cuyos resultados se delimitan los objetivos del presente trabajo. Por tanto, la investigación actual tiene como meta desarrollar un plan de

explotación para un segundo frente minero, con la finalidad de aumentar las reservas estimadas de la cantera, mejorar los ingresos en la organización, generar mayor cantidad de empleos directos e indirectos, y a su vez promover el desarrollo de planes de apoyo a la comunidad.

Según lo anteriormente expuesto, se propone la elaboración de un plan de explotación que permita el diseño de un *pit* que respete los parámetros básicos de geomecánica, un cálculo de reservas para estimar vida útil de la cantera, la delineación de un plan y esquema de voladura que permita obtener el volumen de material deseado. Todo esto con la finalidad de presentar un plan de explotación y un cálculo de escenario para comenzar a desarrollar las labores en el “Frente 2” tan pronto como fuese posible.

## **1.2 Objetivos de la Investigación**

Por todo lo previamente plasmado, se adopta la estructura de objetivos generales y específicos, los primeros con la intención de fijar una meta a cumplir, los siguientes como una forma de sistematizar las tareas emprendidas.

### **1.2.1 Objetivo General**

Planificar el diseño del método de explotación del frente 2, ubicado en el flanco Norte de la Cantera Tacarigua.

### 1.2.2 **Objetivos Específicos**

- Calcular bancos y ángulos finales en el frente 2.
- Estimar reservas estimadas del frente 2 mediante el método de secciones transversales.
- Definir la productividad pala-camión en el frente 2.
- Determinar la productividad anual del frente 2.
- Establecer un patrón de perforación y voladura para el frente 2.
- Desarrollar el diseño y la planificación del método de explotación del frente.

### 1.3 **Justificación**

Para la puesta en marcha de cualquier proyecto minero en Venezuela en el área de minerales no metálicos, la legislación nacional establece que todos los trámites quedan en manos de los gobiernos regionales, los cuales indican a su vez la necesidad del concesionario de definir el tamaño de la reserva, las características geomecánicas del yacimiento, los ritmos de producción, la cantidad de explosivos necesarios, entre otros. La Gobernación del estado Carabobo no es una excepción a este edicto, por tanto, el definir un plan de explotación pudiese permitir a la empresa “Canteras Tacarigua, C.A.” contar con herramientas y material de apoyo que les fuesen útiles para comenzar operaciones en dicha área del yacimiento en el momento que así lo necesiten.

La empresa “Canteras Tacarigua, C.A.”, posee en su área de concesión, la posibilidad de extender sus reservas estimadas con afloramientos de caliza y dolomita en zonas aún no aprovechadas, por tanto, la eventualidad de calcular un nuevo volumen de material y alargar la vida de las operaciones mineras pudiese presentarle a la empresa la oportunidad

de replantearse sus expectativas de crecimiento. El mencionado crecimiento no beneficia solo a “Canteras Tacarigua, C.A.”, sino a toda la comunidad de Gañango a través de empleos que amparen de forma directa o indirecta a decenas de familias.

#### **1.4 Alcances y Limitaciones**

Mediante la recopilación de los datos geológicos y técnicos en campo, se estima procesarlos en programas simples de hojas de cálculo y programas computacionales especializados de dibujo asistido por computadora y de planificación minera, con el objetivo de estimar un ritmo de producción el cual a su vez, funcione de marco referencial para el desarrollo del plan de explotación con la finalidad de solicitar los permisos para el inicio de labores mineras en el área.

Las principales limitaciones predominantes durante el desarrollo del trabajo son de carácter económico porque no es una prioridad de la empresa invertir en una expansión en el corto-mediano plazo en vista de que aun poseen reservas en el denominado “Frente 1”, climáticos debido a la dependencia directa que existe entre la posibilidad de tomar datos en campo, las condiciones ambientales y topográficas que definen la posibilidad de acceder a un área de interés para su estudio.

La falta de perforaciones que corroboren la extensión del yacimiento y sus características, da una fiabilidad limitada del volumen estimado de las reservas y sus contenidos de caliza y dolomita.

Cabe destacar que la limitación de tiempo para la ejecución de las pasantías (2 meses), limita la obtención de otros datos adicionales que en opinión del autor pudiesen haber complementado y extendido los alcances del presente trabajo.

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA**

## **CAPÍTULO II**

### **2 Aspectos Generales de la Empresa**

En la presente área del trabajo se plantea desarrollar una breve reseña de los orígenes de la empresa, así como de las causas que la promueven a seguir laborando en el área de minería y los objetivos a lograr con ello. Toda la información recabada en esta sección es de exclusiva propiedad de Canteras Tacarigua, C.A., y por tanto fue extraído de sus archivos institucionales.

#### **2.1 Reseña Histórica**

El área actual de explotación, originalmente denominada concesión minera “Los Viejos”, posee antecedentes de la extracción de minerales no metálicos en la zona desde 1955 y bajo la modalidad de concesión otorgada por el Ministerio de Energía y Minas desde 1969; lo cual ha generado una tradición de presencia y resguardo de un área en recuperación, altamente degradada en el pasado, especialmente, debido a la presencia de un antiguo basurero municipal que en oportunidades se ha visto sometido a una presión constante por las invasiones anárquicas.

Contrario a muchas de las industrias, las cuales pueden escoger su sitio de asentamiento, las empresas extractivas mineras, deben situarse justo en el sitio de localización del yacimiento.

Debido a las características de este yacimiento entre las cuales resaltan el alto contenido de magnesio, carbonatos (96%) y bajo contenido en sílice (3%), hace que el mineral extraído sea una materia prima de excelente calidad para la elaboración de productos en la industria de la construcción, siderúrgica, agricultura, plástico, farmacéutica, pinturas y vidrio, entre otras. Esto ha generado el establecimiento de plantas procesadoras de dicho mineral, las cuales generan empleos e inversión de capital privado, junto al incremento del aporte impositivo ante las entidades administrativas correspondientes.

Durante el período de más de 45 años de extracción continua que se ha realizado, parte del material extraído ha sido empleado en la construcción de obras de infraestructura de relevancia regional como: Los muelles de la Refinería el Palito, Base de los transformadores de Planta Centro, Rehabilitación de las autopistas Puerto Cabello-Valencia, El Palito – Dist. El Cangrejo, El Palito-Morón, Carretera Puerto Cabello-Patanemo, Ampliación del Paseo del Malecón, Marina Deportiva de Puerto Cabello, Puerto Pesquero y otras obras de infraestructura realizadas en DIANCA, Destacamento Nro. 25 de la Guardia Nacional, CAVIM, PEQUIVEN, Empresas Mixtas, IPAPC, CEDIMAGUE, Aviación Naval, Base Naval, resaltando los aportes continuos para el saneamiento de las comunidades de Patanemo, Gañango y Borburata, junto al de materia prima para las industrias procesadoras de minerales.

## **2.2 Visión**

Canteras Tacarigua, C.A., es una empresa minera que opera con eficiencia en sus inversiones; cuenta con reservas de minerales de caliza y dolomita dentro de su área de concesión que garantizan su desarrollo sustentable en el mediano y largo plazo, siempre realizando las labores mineras con responsabilidad hacia el entorno urbanístico y el medio ambiente.

### 2.3 Misión

Producir agregados para construcción, garantizando la creación de valor para la gerencia, asegurando la continuidad del proceso de explotación del mineral, brindando oportunidades de desarrollo para nuestros trabajadores y las comunidades vecinas. Mantener el compromiso de operar y desarrollar nuestros proyectos con eficacia, seguridad, responsabilidad social y ambiental.

### 2.4 Valores

Los miembros de Canteras Tacarigua, C.A. mantienen que para la consecución de la Visión y Misión se vivirá y se difundirán los siguientes valores:

- Respeto a la vida de nuestros trabajadores.
- Trabajar en Canteras Tacarigua, C.A. es un orgullo y una responsabilidad.
- Reconocimiento a los trabajadores responsables que poseen valentía y liderazgo.
- Fomento del trabajo en equipo e interdisciplinario.
- Perseguir la excelencia.
- Apoyar la innovación para defender los principios de Canteras Tacarigua, C.A. como empresa creativa
- Compromiso con el desarrollo sustentable en nuestras labores.

## 2.5 Organigrama

La empresa Canteras Tacarigua, C.A., posee un organigrama cuya estructura es de la siguiente manera:

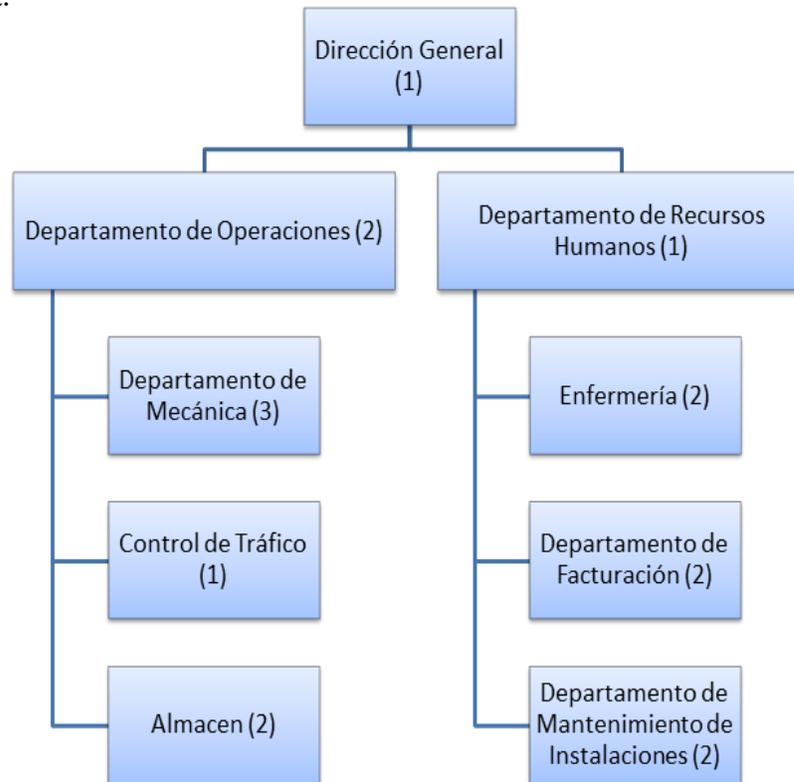


Fig. 1: “Organigrama Canteras Tacarigua, C.A.”

**CAPÍTULO III**  
**MARCO TEÓRICO**

## CAPÍTULO III

### 3 Marco Teórico

En la siguiente parte del trabajo se pretende identificar todas aquellas variables que sirven como referencia previa y de las cuales debe tenerse previo conocimiento antes de introducirse dentro de las especificaciones de la investigación.

#### 3.1 Antecedentes Generales

- PACHECO, H. Y REQUENA, M. (1983). Plan de explotación de la Cantera Las Morochas. Municipio Capaya, estado Miranda.

**Resumen:** El trabajo consiste en diseñar un plan de explotación más favorable para la extracción de bloque para un rompeolas.

Se estima el volumen de reservas en aproximadamente 300.000 m<sup>3</sup>. El sistema definido es con bancos de 15 m de altura y taludes de 90° de inclinación.

- DE ABREU, J. (2002). Diseño de un plan de explotación de un yacimiento de caliza, Cantera La Gamarra. Magdaleno, estado Aragua.

**Resumen:** El yacimiento consiste en un depósito de pequeñas dimensiones, el cual será explotado por el método convencional de cantera. El volumen aprovechable del yacimiento es de aproximadamente 500.000 m<sup>3</sup>. El diseño final consta de bancos de 10 m de altura y taludes de 72° de inclinación.

- MAYORA, E. Y GÓMEZ, A. (2006). Caracterización geológica de la faja dolomítica de la zona ubicada entre Gañango y Patanemo, Distrito Puerto Cabello, estado Carabobo.

**Resumen:** La finalidad principal de este trabajo radica en caracterizar geológicamente la zona ubicada entre Gañango y Patanemo, incluidas las canteras de la zona, área que posee una extensión aproximada de 12 km<sup>2</sup>.

Los autores indican un solo sistema de fallas en la zona con dirección N80E con un movimiento aparente de transurrencia dextral, pertenecientes al sistema de fallas de San Sebastián

## 3.2 Bases Teóricas de la Investigación

### 3.2.1 Conceptos Básicos de Minería

Todos los conceptos citados en esta sección son de autoría de Glosario Técnico Minero (2003). Colombia.

- a) Altura de Banco: Distancia vertical entre el punto más alto de un banco de explotación y el pie del mismo.
- b) Barreno: Agujero practicado en una roca, que se rellena de explosivos para hacerla volar.
- c) Espaciamiento: Distancia más larga entre barrenos de una misma fila en una malla de perforación, esta variable depende del retiro.
- d) Pit: Pozo, fosa, hoyo o cualquier corte resultante de una excavación.

- e) Retiro: Distancia más corta a la cara libre, en una malla de perforación, esta variable depende del diámetro de la perforación, de las propiedades de la roca, de los explosivos a utilizar, de la altura del banco y el grado de fragmentación y desplazamiento del material deseado.
- f) Sobreperforación: Es la longitud del barreno por debajo del nivel del piso que se necesita para romper la roca a la altura del banco y lograr una fragmentación y desplazamiento adecuado que permita al equipo de carga alcanzar la cota de excavación prevista.
- g) Taco: Es el volumen del barreno relleno de material inerte generalmente en superficie y que está definido por la relación de carga del barreno y el diámetro del mismo.

### 3.2.2 Circuito Minero Frente 1

El circuito minero en el Frente 1 de “Canteras Tacarigua, C.A.”, cumple con el siguiente orden de ejecución reflejado en la figura que se anexa a continuación, la cual es de autoría de la empresa.



Fig. 2: “Ciclo Minero Frente 1, Canteras Tacarigua, C.A.”

### 3.2.3 Geología

- **Geología Regional**

#### Fase Antímáno

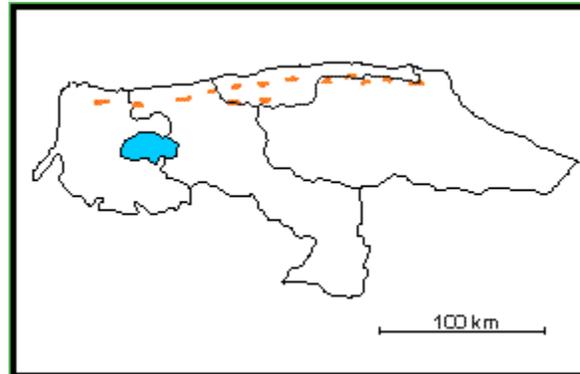


Fig. 3: “Mapa Fase Antímáno”

El estado Carabobo cuenta con una geología compleja y heterogénea debido al emplazamiento geotectónico al cual pertenece la región; muestra estructuras como anticlinales, sinclinales, y fallas, que le confieren aproximadamente un 75% a todo lo largo de su territorio condiciones de un relieve montañoso propio de la Cordillera de la Costa.

Regionalmente el yacimiento de calizas y dolomitas otorgado bajo la figura de Concesión Minera a la empresa Canteras Tacarigua CA, forma parte de la provincia metamórfica de la Fase Antímáno, Formación Las Brisas y Formación Las Mercedes, una importante unidad que conforma la parte inferior del Grupo Caracas, la cual atraviesa toda la Cordillera de la Costa y aflora extensamente entre el estado Miranda y el estado Yaracuy. En la zona de la concesión se observan secciones y un gran bloque de rocas metamórficas pertenecientes a las mismas formaciones indicadas anteriormente.

**Consideraciones históricas:** Dengo (1949) menciona por primera vez a la Formación Antímamo, designa la localidad tipo y la describe brevemente. Dengo (1947) la había identificado como las calizas de la fase Zenda de la Formación Las Brisas. Aguerrevere y Zuloaga (1937) y Smith (1952) las consideraron como parte de la Formación Las Mercedes. Dengo (1951) la eleva a rango formacional. MacLachlan (1960), Feo-Codecido (1962), Wehrmann (1972), González (1972) extienden esta unidad hacia los estados Miranda, Aragua y Carabobo. González de Juana et al. (1980, p. 314) son los primeros en interpretar que esta unidad probablemente "representa un horizonte tectónico y no una unidad litoestratigráfica". Ostos et al. (1987), Navarro et al. (1988) redefinen esta unidad como Fase Antímamo, formando parte de su unidad litodémica de corrimiento que denominan como Complejo la Costa, que reúne adicionalmente a las fases Tacagua y Nirgua. Urbani y Ostos (1989) y Urbani et al. (1989) utilizan este nombre en los mapas geológicos de la zona de Puerto Cruz a Macuto, Distrito Federal, y El Palito-Morón-Valencia, estado Carabobo.

**Localidad tipo:** Dengo (1951) establece la localidad tipo a 0,5 km al Norte de Antímamo, Distrito Federal (Hoja 6847, escala 1:100.000, Cartografía Nacional), cuyos afloramientos hoy en día están totalmente cubiertos por el urbanismo de la ciudad de Caracas. Muy buenos afloramientos aún están visibles en las canteras de la quebrada Mamera.

**Descripción litológica:** Dengo (1951) describe esta Formación como un mármol masivo de grano medio, color gris claro, con cristales de pirita, alternando con capas de esquistos cuarzo micáceos, y asociadas con cuerpos concordantes de rocas anfibólicas, algunas con estructuras de "boudinage". El mármol está formado de un 85-95% de calcita, con cantidades menores de cuarzo detrítico, muscovita (2,5%), grafito (2,5%) y pirita (2%).

Dengo (1950) describe con detalle las anfibolitas glaucofánicas de esta Formación, incluyendo análisis químicos, indica que los mármoles son rocas estructuralmente competentes en relación a los esquistos que las rodean, pero incompetentes en relación con las rocas anfibólicas, mostrando pliegues de flujo alrededor de ellas y resultando así la estructura de "boudinage".

Schurmann (1950) igualmente estudia estas rocas glaucofánicas, presentando un mapa detallado de los diversos tipos litológicos en el sector de Antímano y Mamera.

En la región del Camino de los Españoles, Parque Nacional El Avila, Ostos (1981) describe su Unidad de esquistos cuarzo-muscovítico y mármol cuarcífero equivalente a esta Fase, encontrando los siguientes tipos litológicos: esquistos cuarzo-muscovítico, mármol y esquistos calcáreos, esquistos cuarzo-feldespático y feldespático, cuarcita muscovítica-feldespática, epidocita y glaucofanita granatífera.

En la cartografía geológica de la zona de Puerto Cruz-Mamo, Talukdar y Loureiro (1982) reconocen su Unidad de anfibolitas y mármoles, que posteriormente Urbani y Ostos (1989) la denominan como Fase Antímano, allí ocurre la asociación de anfibolita, mármol, esquistos calcáreo-muscovítico  $\pm$  grafitoso, esquistos cuarzo-muscovítico  $\pm$  granatífero, esquistos cuarzo-muscovítico-glaucofánico-granatífero.

En la zona de El Palito, estado Carabobo, Urbani et al. (1989) mencionan la asociación de anfibolita granatífera-clinopiroxénica, anfibolita granatífera, eclogita,

anfibolita epidótica-plagioclásica, mármol, cuarcita y esquistos cuarzo-plagioclásico-muscovítico.

Ostos (1990) describe algunas de las rocas máficas de esta Fase aflorantes en la sección Chichiriviche-Colonia Tovar, siendo anfibolita granatífera y esquistos albítico-clorítico. La anfibolita tiene porfiroblastos de granate, mientras que el esquistos los tiene de albita con sombras de presión simétricas y bien desarrolladas. Las asociaciones mineralógicas metamórficas indican un primer evento de alta relación P/T en la facies de la eclogita, siendo impreso por un segundo evento metamórfico de P/T intermedia en la facies de los esquistos verdes.

Urbani et al. (1997) estudian la mineralogía carbonática de los mármoles de los afloramientos de la punta Oeste de la bahía de Chichiriviche, Distrito Federal, encontrando que carecen de dolomita, mientras que aquellos de Mamera lo presentan en muy pocas muestras y en muy bajas concentraciones. En los trabajos ya mencionados de Ostos, Urbani y otros, el criterio para cartografiar esta Fase es la presencia de la asociación de rocas anfibólicas con mármoles.

**Espesor:** Considerando a la foliación como plano de referencia, el espesor aparente de esta unidad es de 40 m en la localidad tipo, según Dengo (1951), disminuyendo hacia el Este y Oeste. Al Sur de San Pedro, Smith (1952) indicó un espesor aparente máximo de 300 m.

**Extensión geográfica:** Se han descrito afloramientos aislados desde la zona de Antímano, hacia el Oeste en San Pedro y hacia el Este hasta La Florida (afloramientos hoy cubiertos

por el urbanismo de la ciudad de Caracas), continúa la zona de afloramientos en una franja en el valle de la quebrada Tacagua, y de ahí hacia el Oeste como una franja entre Mamo, Carayaca y Tarma, Distrito Federal. Los últimos afloramientos se han reconocido en la zona de El Palito, estado Carabobo.

**Expresión topográfica:** En las zonas donde afloran mármoles masivos y gruesos se nota una topografía abrupta, con estructuras kársticas superficiales.

**Contactos:** Esta formación presenta contactos estructuralmente concordantes con las formaciones adyacentes: Las Brisas y Las Mercedes. En la zona de Antímano y Mamera, los lentes de mármoles y rocas anfibólicas, que alcanzan a veces grandes dimensiones longitudinales, se hallan embutidos en esquistos de diversos tipos, especialmente los correspondientes a la Formación Las Brisas (Cantisano, 1989).

**Fósiles:** Smith (1952, p. 357) señala que C. J. Maxwell y G. Dengo localizaron fragmentos de conchas intensamente trituradas en las canteras de Antímano.

**Edad:** Ante la ausencia de fósiles y por su posición estratigráfica ha sido propuesta de edad Mesozoico medio a superior. Según los modelos de evolución de la Cordillera de la Costa de Ostos et al. (1987) y Navarro et al. (1989) se sugiere sea del Cretácico.

**Correlación:** Bellizzia y Rodríguez (1968, 1976), González (1972) y Wehrmann (1972) correlacionan esta unidad con la Fase Nirgua, mientras que Ostos et al. (1987), Navarro et

al. (1988) y Ostos (1990) la correlacionan con las fases Tacagua y Nirgua, por conformar las tres fases la unidad litodémica que denominan Complejo la Costa.

**Paleoambientes:** Maresch (1974), Talukdar y Loureiro (1982) y Beck (1985, 1986) postulan que las rocas anfibólicas de esta unidad se derivaron de basaltos relacionados con un evento de "rifting" Mesozoico entre Norte y Sur América. Ostos (1990) por sus estudios geoquímicos interpreta que las anfibolitas corresponden a basaltos metamorfizados, que fueron formados en un ambiente de cordillera centro oceánica.

**Geoquímica:** Smith (1952) menciona que estos mármoles son de bajo contenido de magnesio, a diferencia de los de la Fase Zenda. Esta observación está ampliamente corroborada por Urbani et al. (1997).

**Importancia económica:** Los mármoles han sido explotados ampliamente para su uso en la construcción (agregados para concreto, rocas para gaviones y como lajas para recubrimiento de paredes). Hoy en día solamente están activas las canteras de la quebrada Mamera.

- **Geología Local**

La cordillera del Litoral donde se emplaza el área de operaciones de Canteras Tacarigua CA emergió por plegamientos verticales acaecidos a finales del cretáceo, hace setenta y ocho millones de años. En el Plioceno, hace doce millones de años, emergió la cordillera del Interior. El emerger de los dos relieves produjo grandes hundimientos o fosas

tectónicas y es así como se conforma la cuenca del Lago de Tacarigua y lo que es el propio lago.

Adicionalmente la erosión producida por el curso de las aguas que se desprenden de la cordillera del Litoral hacia el Sur y desde la del Interior hacia el Norte, en el transcurso de millones de años, rellenaron la fosa tectónica surgiendo así los valles que rodean el lago. Este proceso continúa en términos geológicos, ya que la cordillera del Litoral aún está emergiendo a un ritmo de un milímetro por año y por otra parte, la erosión de ambas cordilleras se mantiene, continuando el proceso de formación de los valles.

Desde el punto de vista geológico regional, se puede señalar que toda la zona está comprendida dentro de la cordillera de la costa (tramo central) y que las rocas que afloran, son metamórficas e ígneas. Esta es una zona donde hubo un intenso metamorfismo regional, revelado por las extensas zonas de serpentinitas, peridotitas serpentinizadas y granitos.

Localmente el material que se presenta en el área de operaciones minera de Canteras Tacarigua CA, está constituido por Calizas, dolomitas y un gneis muy meteorizado, casi disgregado en su superficie y muy friable en zonas más frescas y superficiales.

Está laminado horizontalmente hasta el punto donde la delgadez de las láminas, dan un aspecto de paquetes esquistosos.

En el caso de la dolomita, esta se caracteriza por sus colores claros, uniformidad y cambios frecuentes de facies hasta calizas magnesianas y dolomitas silíceas. Genéticamente parecen constituir los clásicos depósitos asociados con eventos de dolomitización lenta y calizas plataformales en ambientes de alto contenido de Magnesio.

Es importante destacar que en Venezuela se encuentran cuatro zonas, tres de las cuales están bajo explotación y representan los depósitos comerciales de dolomitas. En el

estado Carabobo, esta, entre Gañango y Patanemo y en el afloran masas de mármoles dolomíticos de excelente calidad, asociados con la Formación Antímamo. En la región de Puerto Cabello esta formación constituye una faja discontinua de rocas metamórficas estratigráficamente ubicada entre las formaciones Las Mercedes y Las Brisas. En esta zona, la Formación Antímamo puede reconocerse como una unidad diferenciable. Sus mármoles dolomíticos se presentan en lechos lenticulares y son claramente distintos de las rocas de Las Mercedes suprayacentes. Las mejores localidades para el estudio de estas rocas son las canteras situadas a lo largo de la carretera Guaicamacuto-Patanemo. Aquí la unidad aflora en dos lentes de aproximadamente 1 Km. de longitud y espesor variable pero importante, separados estratigráficamente por un intervalo de materiales que contienen esquistos, cuarzo-moscovíticos-clorítico-granátíferos. Hasta el momento se han observado mármoles dolomíticos de similar pureza a lo largo del flanco Sur de la Cordillera. La secuencia estratigráfica en este lado de la serranía, pasa directamente de la Formación Las Brisas a la Formación Las Mercedes, sin las dolomitas blancas de la Formación Antímamo.

Los mármoles de la Formación Antímamo, tal y como se reconocen en la región de Puerto Cabello y más típicamente en Patanemo, son muy blancos, de grano grueso y dolomíticos. Están completamente recristalizados, sin rastros de texturas sedimentológicas. La mineralogía más característica es dolomita-tremolita-calcita. Las bandas ricas en cuarzo de los mármoles se asocian con calcita, tremolita y diópsido. Además de esas zonas, se han ubicado secuencias dolomíticas en las áreas de: La Concepción, Sur de la ciudad de Yaritagua, Estado Yaracuy; Torrellero entre Sanare, Lara y Agua Blanca, Portuguesa y entre Guiria y Macuro, Estado Sucre.

La secuencia estratigráfica del yacimiento comienza con 15 m de material meteorizado, suprayace 1 m de capa vegetal, infrayacen estratos intercalados de esquistos y arcillas de 20m de espesor, seguidamente unas limolitas de color grises entre oscuras y claras, con estratificaciones planares y onduladas, es carbonática el estrato mide 7 m de espesor, por debajo de este estrato continua unas calizas dolomíticas con intercalaciones de óxido de hierro con un espesor de 3,2 m, luego un paquete de dolomitas blancas

cristalizada, bien competentes de 4,6 m, a esta capa le infrayace un marcador esquistoso de color verde, para finalmente esta columna con dos paquetes de caliza masiva la primera gris clara competente con algunas intercalaciones dolomíticas de 6,5m y 69 m de una caliza gris oscura masiva homogénea. El promedio del buzamiento del yacimiento es de 55°.

- **Geología Estructural**

El área minera de Canteras Tacarigua se emplaza en la Vertiente Norte de la Serranía del Litoral de la Cordillera de La Costa, específicamente en la Vertiente Norte del Cerro Palma de Vino: presenta dos estructuras, una caracterizada por relieve inclinado de ablación, correspondiente a vertientes bajas de montañas, comprendido entre las cotas 15 y 90, con una pendiente promedio de 40%, que converge de manera decreciente hacia un área plana de origen sedimentario con una pendiente inferior al 20%, enmarcada entre las cotas 2 y 25, esta área plana presenta un relieve modificado debido a la existencia en el pasado de un Vertedero de basuras a cielo abierto. En las vertientes Este y Oeste de la concesión existen unas terrazas de origen antrópico, producto de la evolución propia de la actividad de extracción del mineral a lo largo de varios años de explotación.

Desde el punto de vista geomorfológico y estructural, el paisaje va cambiando a medida que se modifica el factor pendiente y en este sentido se puede relacionar el conjunto analizado de planicie media suavemente ondulada, donde existen colinas, vegas y valles muy estrechos, área de lomerío medio quebrado y zonas de lomerío escarpado.

En el caso de la parte baja del área de concesión, es de planicie media suavemente ondulada con relieve de tipo colinoso, alternado con elevaciones y ligeras depresiones. La vega que se observa hacia la parte baja de la propiedad, es muy puntual y en ella se manifiesta una acumulación de material aluvial transportado por los drenes generalmente intermitentes, detectándose algunos coluviales con escurrimiento difuso, que han sido

alterados, con la disposición de basuras y otros desechos y por estériles, producto de la actividad minera que se desarrolla en esta zona de la Ensenada.

La parte de lomerío medio quebrado se hace presente desde la zona media de esta área analizada hasta aguas arriba de la zona de contacto con la carretera Nacional Puerto Cabello - Patanemo, donde la presencia de lomas y cerros se acentúa, manifestándose pendientes que oscilan entre 20 y 40%, que es lo que predomina en el resto del paisaje. Estas lomas se conocen como cerros de la cordillera y laterales de las Micro cuencas presentes.

La zona de lomerío escarpado corresponde a una unidad geomorfológicamente desarrollada sobre rocas donde predominan las calizas, las dolomitas y los gneises y está conformada por lomas con pendientes que oscilan entre 40 y 60%, donde los cerros tienden a ser más pronunciados y a caracterizarse por una forma típica donde se denotan los elevamientos y después la presencia de senos muy suaves, de recorrido relativamente corto, seguido nuevamente de cerros pronunciados, lo que da una configuración de lomas y cerros escarpados.

Estructuralmente el yacimiento presenta un buzamiento en promedio de 48° en los afloramientos inferiores del área de explotación de 58° promedio y en aumento en las zonas superiores del área de explotación, con respecto a la horizontal se puede ver un bloque en forma de franja o tablón rocoso, con familias de diaclasas y pequeñas fallas bien marcadas.

#### **3.2.4 Climatología**

El clima costero nacional, posee como particularidad, la poca cantidad de precipitaciones por año, en especial durante los meses de julio y agosto, en los cuales, los niveles de precipitaciones se encuentran en sus límites mínimos. Las costas del estado Carabobo no son una excepción a la mencionada actividad meteorológica, tal como se

representa en el siguiente mapa que indica las precipitaciones promedio anuales por zonas en el estado en cuestión. En la siguiente tabla se muestra el promedio de precipitaciones anuales en el estado Carabobo.

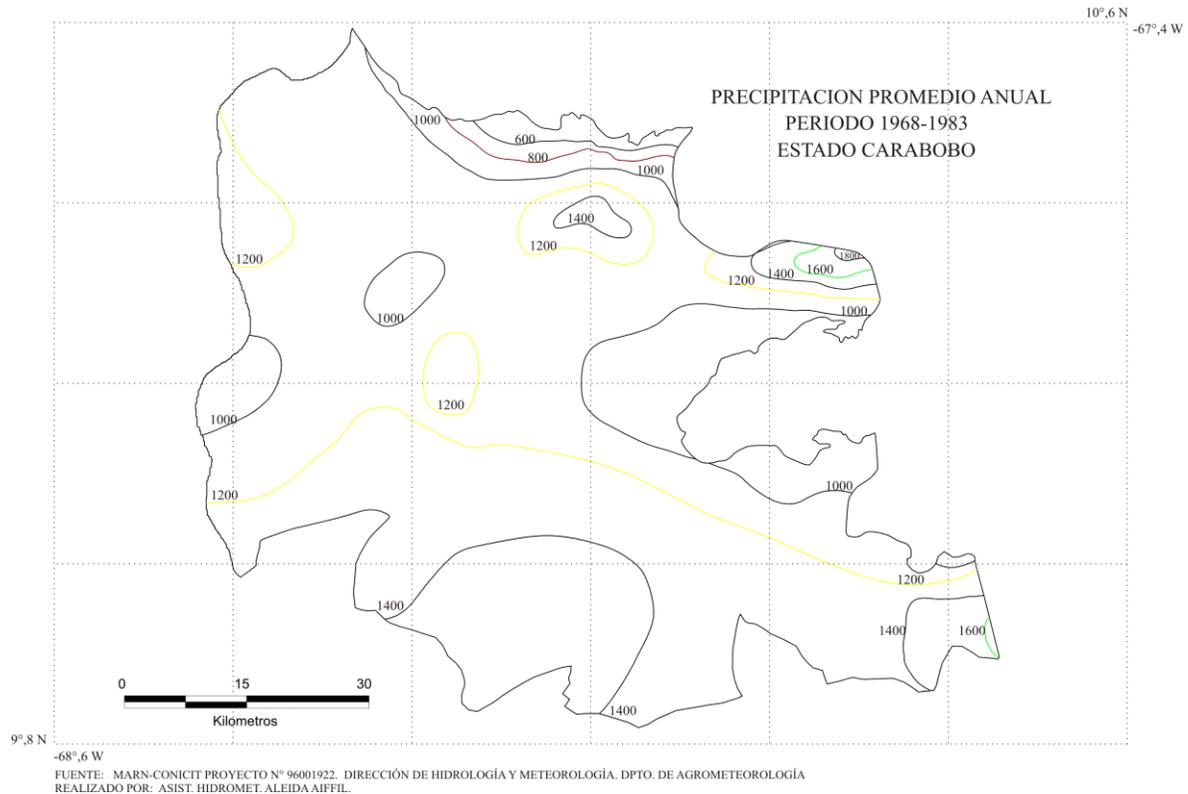


Fig. 4: “Precipitaciones estado Carabobo”

### 3.2.5 Topografía

La topografía predominante pertenece al sistema montañoso del Caribe o de la Costa, es una continuación estructural del Arco Insular de la región Oriental del Caribe.

Constituye un sistema montañoso del tipo alpino con variadas formas de relieve, tales como valles interiores, lomas, colinas y lomerías.

Las montañas de esta área presentan topes redondeados, con estructuras tipo karst, y elevaciones que pueden llegar desde los 225 m a 275 m, con pendientes naturales que van desde los 45° a los 55° de inclinación, de predominante comportamiento abrupto en muchas direcciones.

### **3.2.6 Disponibilidad de Equipos**

Los equipos de carga y acarreo presentes en “Canteras Tacarigua, C.A”, pasan por un control diario de sus actividades, el cual es registrado indicando su disponibilidad física, disponibilidad mecánica y disponibilidad de uso, todo esto con la finalidad de llevar registros de su funcionamiento real lo cual permite obtener datos exactos de producción. La siguiente tabla presenta la relación de estado de los equipos de “Canteras Tacarigua, C.A”.

Tabla 1: “Disponibilidad de Equipos Enero-Septiembre 2014, Cantera Tacarigua,C.A.”

Equipo		Disponibilidad Física (%)	Disponibilidad Mecánica (%)	Uso de la Disponibilidad (%)
Retroexcavadoras	CAT 345	0	0	0
	CAT 350	0	0	0
	CAT 330L	73	67	78
Cargadores Frontales	CAT 988B-1	100	100	83
	CAT 988B-2	10	8	75
	CAT 980F	13	9	70
	CAT 988G	95	95	90
	CAT 980C	100	100	84
Camiones Roqueros	CAT 730-1	100	100	70
	CAT 730-2	100	100	70
Tractor	CAT D8N	90	90	90

**CAPÍTULO IV**  
**MARCO METODOLÓGICO**

## **CAPÍTULO IV**

### **4 Marco Metodológico**

En la siguiente parte se describe la metodología empleada durante el proceso de investigación y desarrollo del presente trabajo de investigación.

#### **4.1 Tipo de Investigación**

La investigación desarrollada es de campo correlacional-descriptiva, debido a que se realiza el análisis sistemático de un problema con el propósito de describirlos entendiendo sus factores constituyentes y su ocurrencia, ello puede observarse al correlacionarse datos geológicos, legales y técnicos para la elaboración de un plan de explotación que sea eficiente y sustentable.

#### **4.2 Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es de tipo no experimental transeccional, debido a que no hay manipulación intencional de las variables además de que la recolección de datos se hace en un tiempo único y definido para el diseño del plan de explotación.

### 4.3 Población y Muestra

La población utilizada es el área de concesión de Canteras Tacarigua, C.A., la cual se encuentra integrada por los Frentes 1 y 2.

La muestra está compuesta por el Frente 2, lugar en el cual se planea ejecutar lo que se propone en el presente trabajo.

### 4.4 Procedimiento Experimental

Los medios e instrumentos utilizados para la puesta en marcha de las actividades son principalmente programas computacionales de dibujo asistido por computadora y de planificación minera, todos utilizados en la estimación de reservas y diseño de parámetros de laboreo minero. El procedimiento a utilizarse para el desarrollo del presente trabajo cumple con el esquema presente en la próxima figura.

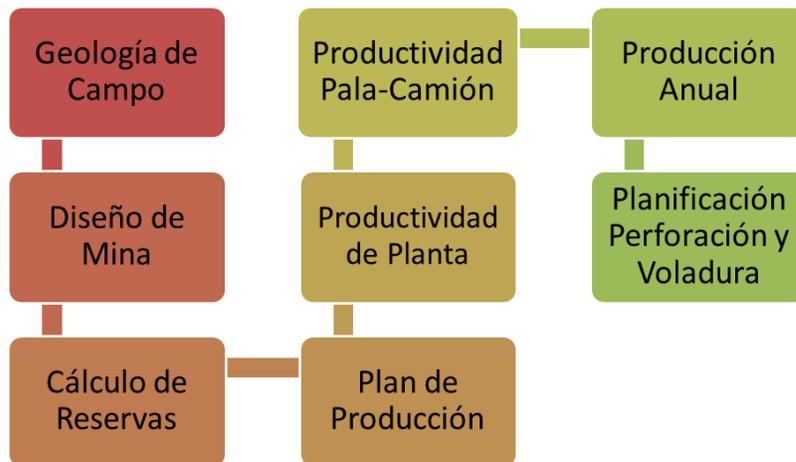


Fig. 5: "Esquema Metodológico"

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

## **CAPÍTULO V**

### **5 Resultados**

En la presente área del trabajo se desarrollan los métodos aplicados para el desarrollo del plan de explotación con sus respectivos valores obtenidos como producto de la correlación de las distintas variables.

#### **5.1 Correlación Geológica**

El procedimiento inicial para concretar el método adecuado de aprovechamiento del mineral carbonatado en el Frente 2, parte del principio de concretar sus características geomecánicas para establecer los parámetros técnicos bajo los cuales deben desarrollarse las labores mineras en dicha área de la concesión. Por tanto, el procedimiento parte por correlacionar los afloramientos geológicos presentes en el Frente 1 (ya en desarrollo) en comparación a los ubicados en el Frente 2. Para ello se relacionan los rumbos y buzamientos en busca de alguna similitud entre ambos frentes. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del trabajo de campo realizado.

Tabla 2: “Comparativa de rumbos y buzamientos de afloramientos en Frentes 1 y 2”

PUNTO	COTA	RUMBO Y BUZAMIENTO	OBSERVACIONES GEOLÓGICAS
F1-1	180	N65E45N	Caliza gris oscuro
F1-2	251	N55E55N	Falla
F1-3	236	N75E55N	Dolomita Masiva
F1-4	46	N65E60N	Caliza
F2-1	6	N85E53N	Esquisto
F2-2	48	N75E40N	Caliza
F2-3	64	N75E45N	Dolomita Masiva

Una vez tomados y promediados los datos del levantamiento geológico se denota que existe una relación en estos aspectos entre ambos frentes, condición que puede considerarse como necesaria más no suficiente para correlacionar ambos frentes.

El trabajo de campo necesario para la correlación trasciende el análisis de la disposición espacial de los afloramientos, ya que también consiste en intentar relacionar alguna circunstancia geológica que permita evidenciar que los tiempos de depositación entre ambos frentes fue el mismo. De allí surge la presencia de una capa muy delgada de esquistos verdes (0,6 m), la cual infrayace a el estrato de dolomita, dicha circunstancia se repite en ambas zonas del yacimiento por tanto puede ser utilizado como un marcador geológico ideal para correlacionar y asumir el comportamiento geomecánico entre ambos frentes como similar.

## 5.2 Diseño de Cantera

Por comprobarse la competitividad de la roca, la empresa Canteras Tacarigua, C.A. tiene establecido en sus parámetros de diseño una altura de bancos de 15m, a lo cual se le suman distancias de seguridad de 10m en promedio, anchos de rampas de 6m a una pendiente de 10%-12%, obteniéndose así, una configuración que le permite a la empresa disponer de 5 bancos de explotación, extrayéndose así material desde la cota 15msnm hasta la cota 90msnm, todo esto dentro de los límites legales de afectación del territorio.

Por las características topográficas y la disposición de los estratos se sugiere el método de las terrazas para el aprovechamiento del yacimiento.

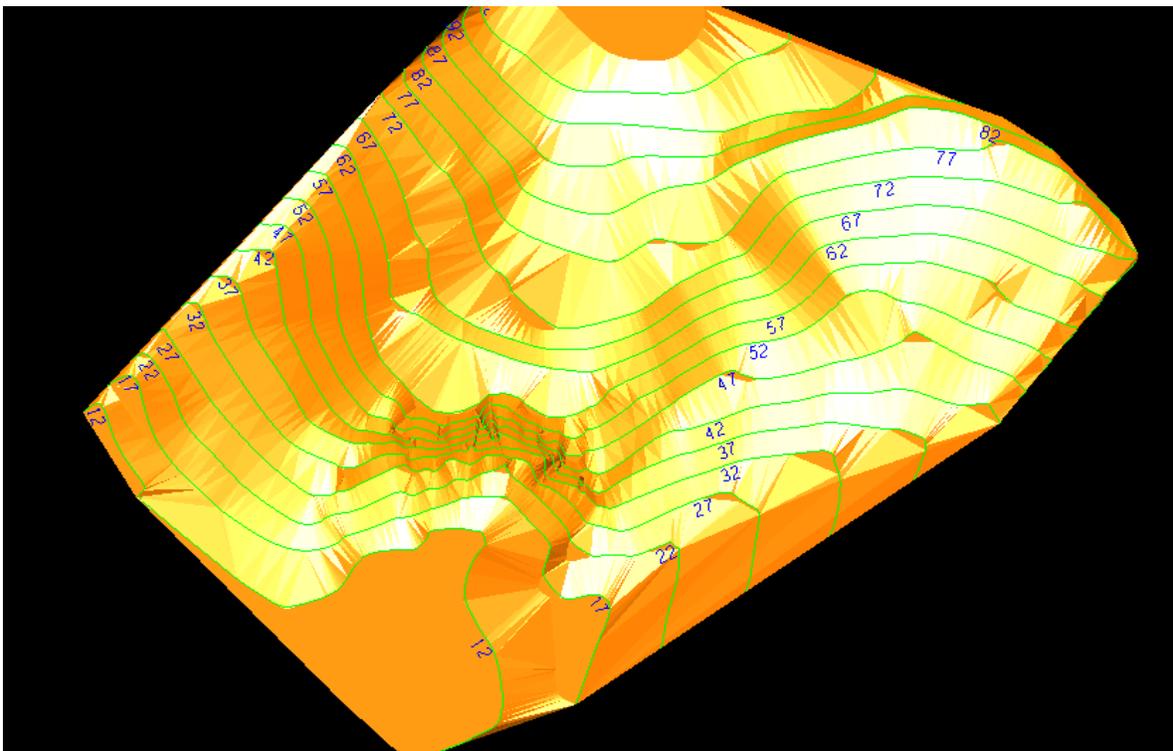


Fig. 6: “Topografía Original Frente 2”

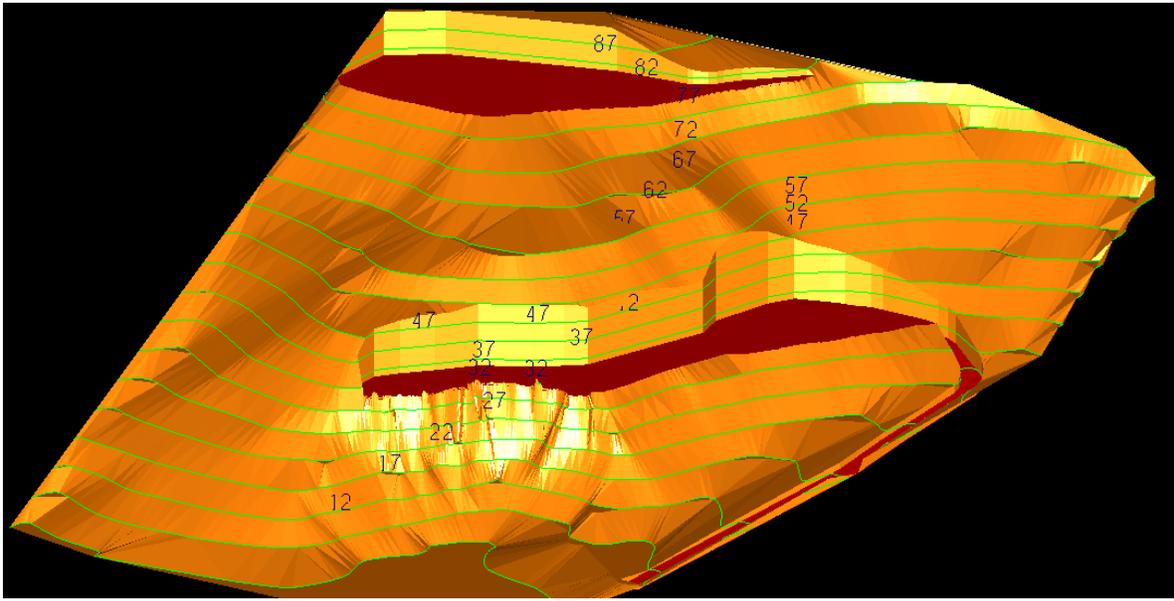


Fig. 7: “Topografía Modificada 2015”

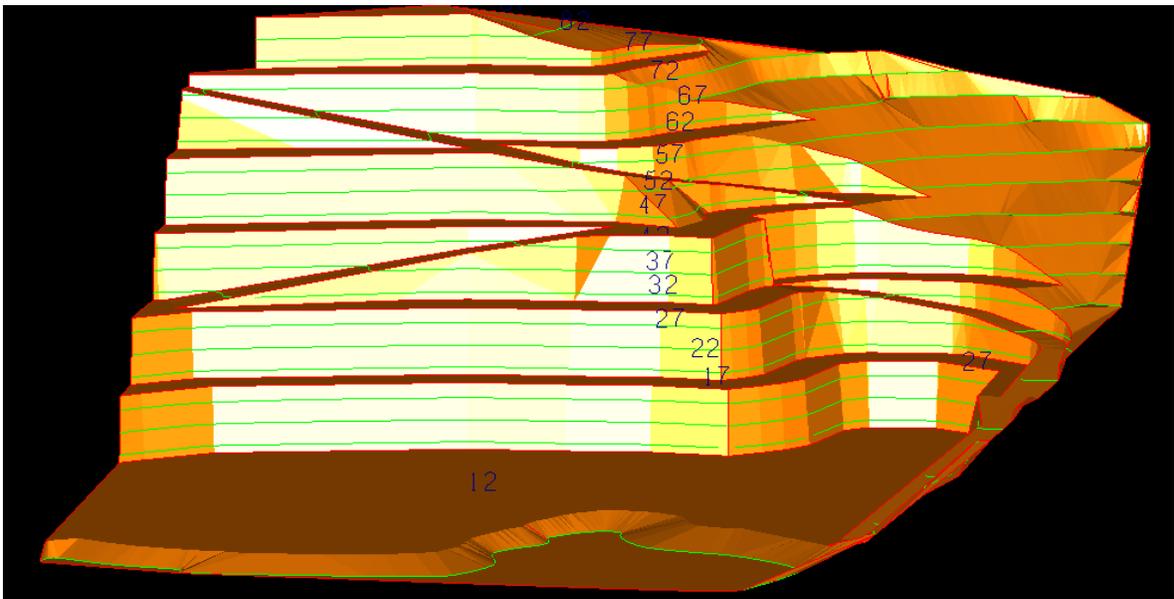


Fig. 8: “Topografía Modificada Final Frente 2”

### 5.3 Reservas

Por exigencias de la legislación del estado Carabobo, el cálculo de reservas debe realizarse mediante el método de las secciones o perfiles, para esto se utiliza programas computacionales de dibujo aplicados a la ingeniería, el cual permite, posterior a la carga de los datos de levantamiento topográfico, generar las curvas de nivel del área a calcular y luego generar automáticamente los perfiles a un espaciamiento definido por el operador.

El cálculo de reservas del Frente 1 de Canteras Tacarigua, C.A., mediante el método de los perfiles se estima en un total de 805.354m<sup>3</sup> de material aprovechable, cifra que fue comparable con el valor arrojado por un programa computarizado de planificación minera en su unidad de cálculo de volumen, el cual da una magnitud bastante similar.

Tabla 3: “Cálculo de Volumen de Reservas”

Perfil	Área (m <sup>2</sup> )	Sección	Area Promedio (m <sup>2</sup> )	Espaciamiento (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
PI	0	PI-1	1.403	11	15.433
1	2.806	1-2	3.687	11	40.557
2	4.568	2-3	5.118	11	56.298
3	5.668	3-4	5.938	11	65.318
4	6.208	4-5	6.412	11	70.532
5	6.616	5-6	6.690	11	73.585
6	6.763	6-7	6.603	11	72.633
7	6.443	7-8	6.185	11	68.035
8	5.927	8-9	5.482	11	60.302
9	5.037	9-10	4.743	11	52.168
10	4.448	10-11	4.191	11	46.101
11	3.934	11-12	3.526	11	38.781
12	3.117	12-13	2.794	11	30.734
13	2.471	13-14	2.430	11	26.730
14	2.389	14-15	2.403	11	26.428
15	2.416	15-16	2.278	11	25.053
16	2.139	16-17	1.938	11	21.318
17	1.737	17-18	1.132	11	12.452
18	527	18-PF	264	11	2.899
PF	0	<b>VOLUMEN TOTAL</b>			<b>805.354</b>

#### 5.4 Productividad Pala-Camión

Una vez seleccionados los equipos de carga y acarreo a utilizar, se procede a relacionar sus capacidades considerando sus respectivas disponibilidades, con la finalidad de determinar los tiempos del ciclo minero estimando una distancia aproximada de acarreo desde el centroide del área de afectación del frente respectivo, hasta la planta trituradora.

La finalidad de este estudio de productividad pala-camión es concretar cuál es la combinación de equipos ideal y que cantidad de los mismos se requieren para que el circuito este equilibrado. La circunstancia predominante para el Frente 2 no es la escogencia de equipos ya que los mismos están predefinidos (Carga: CAT 988G, Acarreo: CAT 730-2), sino la duración del ciclo de acarreo y finalmente la productividad de la combinación.

Tabla 4: “Productividad Pala CAT 988G”

<b>PRODUCTIVIDAD PALA (CAT 988G)</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Capacidad de Balde	m <sup>3</sup>	4,5
Factor de Llenado	%	85,0%
Volumen por Pase	mcb/pase	3,83
Tiempo por Pase	min/pase	0,60
Pases por Hora	pase/hr	100
Eficiencia	%	80,0%
Productividad Teórica	mcb/hr	306,00
Utilización	%	64,0%
Disponibilidad Física	%	95,0%
Productividad Real	mcb/hr	<b>186,05</b>
Productividad por Turno	mcb/turno	<b>1.488,38</b>
Producción por Día	mcb/día	<b>1.488,38</b>
Producción por Mes	mcb	<b>29.767,68</b>
Producción Anual	mcb	<b>327.444,48</b>

Tabla 5: “Productividad Camión CAT 730”

<b>PRODUCTIVIDAD CAMION (CAT 730)</b>		
Descripción	Unidad	Valor
Capacidad de Caja	mcb	15
Capacidad de Caja	t	27,2
Factor de Llenado	%	90,0%
Capacidad Real	mcb	13,6
Pases por Camión	pase/camion	3,56
Tiempo de Llenado	min/camion	<b>2,13</b>
Ciclos Teóricos por Hora	ciclo/hr	5
Eficiencia	%	94,00%
Producción Teórica por Hora	mcb/hr	59,31
Disponibilidad Física	%	80,0%
Factor de Utilización	%	61,0%
Producción Real por Hora	mcb/hr	28,94

Tabla 6: “Distribución de tiempos de Ciclo”

<b>JUSTIFICACIÓN DE TIEMPOS (min)</b>	
Descripción	Valor
Tiempo de Ubicación	0,6
Tiempo de Carga	2,13
Tiempo de Acarreo	4,80
Tiempo de Descarga	0,6
Tiempo de Retorno	4,80
<b>TIEMPO TOTAL DE CICLO</b>	<b>12,93</b>

En base al análisis de las tablas 4, 5 y 6, se establece que para que el sistema se encuentre en equilibrio es necesario la utilización de 6 camiones por cada cargador frontal, sin embargo, por motivos de disponibilidad en el caso del Frente 2 de Canteras Tacarigua, C.A., se considera únicamente la utilización de un cargador y dos camiones con las descripciones previamente descritas.

## 5.5 Productividad de Planta de Trituración

La planta de trituración establecida para el material extraído en el Frente 2 es la misma planta que la del Frente 1, a la cual con motivos de certificación de funcionamiento, se revisa su procesamiento promedio con la finalidad de determinar la cantidad de material que se encuentra en capacidad de procesar.

Tabla 7: “Balance de Masas en Planta de Trituración”

Volumenes					
Material	Area Base (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Proporción	Ángulo de Reposo (°)
Piedra 1"	22,90	2,38	18,18	19,70%	48,59
Piedra 2"	28,27	3,68	34,71	37,62%	39,17
Piedra 2" (2da)	8,04	1,58	4,24	4,60%	45,33
Arrocillo	28,27	2,79	26,34	28,55%	47,03
Ripio	12,57	2,10	8,80	9,53%	43,60
		TOTAL	92,26	100,00%	

La alimentación realizada se encuentra en el orden de los 76 m<sup>3</sup> en 52 minutos del tiempo de estudio (deducidas las paradas), lo que proyecta en caso de que se hubiese realizado el análisis en un período ininterrumpido de 1 hora a 88 m<sup>3</sup>/h.

## 5.6 Cálculo de Escenario

Tomándose como base los días hábiles, estimaciones climatológicas, tamaño y características operativas promedios de la flota de equipos se establece el cálculo de producción mes a mes del Frente 2 en sus respectivas proporciones de agregados específicos.

A modo ilustrativo se muestran los parámetros medidos para el cálculo de escenario del mes de enero 2015, para el resto de los meses se utilizan los mismos renglones pero con sus valores respectivos.

Tabla 8: “Cálculo de Productividad Enero 2015”

<b>ACTIVIDAD Y PRODUCTIVIDAD ENERO</b>	<b>Días Mes</b>	<b>31</b>	
	<b>Días de Semana totales libres</b>	<b>9</b>	
	<b>Días Feriados</b>	<b>10</b>	
	<b>Días Planificado Mant.</b>	<b>1</b>	
	<b>Días Perdidos Lluvia</b>	<b>2</b>	
	<b>Días Planificados</b>	<b>9</b>	
	<b>Cantidad de Equipos</b>	<b>5</b>	
	<b>Días Planificados</b>	<b>9</b>	
	<b>Horas de Turno</b>	<b>8</b>	
	<b>Horas Planificadas</b>	<b>360</b>	
	<b>Horas Disponibles</b>	<b>55</b>	
	<b>Horas Operativas</b>	<b>72</b>	
	<b>Producción material al Mes (m³)</b>	<b>3334</b>	
	<b>Producción por Producto (m³)</b>	<b>Piedra 1"</b>	<b>657</b>
		<b>Piedra 2"</b>	<b>1254</b>
		<b>Piedra 2" (2da)</b>	<b>153</b>
		<b>Arrocillo</b>	<b>952</b>
		<b>Ripio</b>	<b>318</b>
	<b>RELACIÓN DE SALDO ENERO (Bs)</b>		
	<b>Ingresos</b>	<b>2.052.080</b>	
<b>Mantenimiento</b>	<b>500.000</b>		
<b>Nomina</b>	<b>100.000</b>		
<b>Otros Gastos</b>	<b>100.000</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>1.352.080</b>		

Tabla 9: “Cálculo de Escenario 2015”

		Escenario 2015					
N°	Período	Total Caliza (MCB)	Piedra 1" (MCB)	Piedra 2" (MCB)	Piedra 2" (2da) (MCB)	Arrocillo (MCB)	Rípio (MCB)
1	Enero	3.334	657	1.254	153	952	318
2	Febrero	5.927	1.168	2.230	272	1.692	565
3	Marzo	7.039	1.387	2.648	324	2.009	671
4	Abril	6.298	1.241	2.369	289	1.798	600
5	Mayo	5.557	1.095	2.090	255	1.586	530
6	Junio	5.927	1.168	2.230	272	1.692	565
7	Julio	5.557	1.095	2.090	255	1.586	530
8	Agosto	5.186	1.022	1.951	238	1.481	494
9	Septiembre	5.927	1.168	2.230	272	1.692	565
10	Octubre	5.927	1.168	2.230	272	1.692	565
11	Noviembre	5.186	1.022	1.951	238	1.481	494
12	Diciembre	3.334	657	1.254	153	952	318
<b>TOTAL 2015</b>		<b>65.200</b>	<b>12.846</b>	<b>24.528</b>	<b>2.997</b>	<b>18.613</b>	<b>6.216</b>

### 5.7 Perforación y Voladura

La perforación por las características de la roca y experiencias previas de la empresa con el Frente 1, se planea perforar con una broca de 3,5” de diámetro, una relación de retiro y espaciamiento de 3m x 3m en tres bolillo, el cual según lo manifestado por el departamento de producción de la empresa, les garantiza la granulometría deseada y el explosivo es aprovechado de forma más eficiente. En la siguiente figura se muestra una representación del modelo de perforación y voladura planteado.

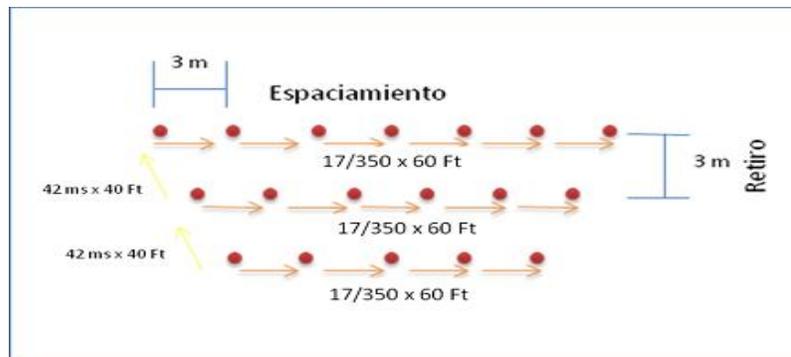


Fig. 9: “Patrón de Perforación y Voladura”

Para el uso de explosivos, se estima un factor de carga de  $0,48 \text{ kg/m}^3$  de explosivo por cada barreno, lo cual garantiza un uso mínimo de explosivo generando la fragmentación deseada situación que permite a la empresa ahorrar una cantidad significativa de dinero.

Los barrenos propuestos son de una profundidad promedio de 15,9 m, ya considerada la sobreperforación.

Para cumplir con la meta de producción anual, se estima realizar 4 voladuras anuales, de las cuales, la primera de ellas cumple con las características presentes en las tablas expuestas a continuación.

Tabla 10: “Simbología de Perforación y Voladura”

<b>PARÁMETRO</b>	<b>SÍMBOLO</b>
Retiro	<i>B</i>
Espaciamiento	<i>S</i>
Sobre Perf.	<i>Sp</i>
Taco	<i>T</i>
Altura Banco	<i>H</i>
Long. Perf.	<i>L</i>
Altura Columna	<i>hc</i>
Carga Lineal	<i>Q</i>
Carga Barreno	<i>Qb</i>
Volumen Barreno	<i>Vb</i>
Volumen Voladura	<i>Vv</i>
Factor de Carga	<i>Fc</i>
Altura Carga Fondo	<i>hf</i>

Tabla 11: “Voladura N°1 de 2015”

<b>Øb</b>	<b>0,0889</b>
<i>B (m)</i>	<b>3</b>
<i>S (m)</i>	<b>3</b>
<i>Sp (m)</i>	<b>0,9</b>
<i>T (m)</i>	<b>2,4</b>
<i>Angulo Perf.</i>	<b>0</b>
<i>H (m)</i>	<b>15</b>
<i>L (m)</i>	<b>15,9</b>
<i>hc (m)</i>	<b>13,1</b>
<i>Q (Kg/m)</i>	<b>5,2</b>
<i>Qb(anfo)(Kg)</i>	<b>67,49</b>
<i>Qb(emul)(Kg)</i>	<b>1,47</b>
<i>Qb(total)</i>	<b>69,0</b>
<i>Vb (m<sup>3</sup>)</i>	<b>143,1</b>
<i>Vv (m<sup>3</sup>)</i>	<b>16.300</b>
<i>N° b</i>	<b>114</b>
<i>Fc (Kg/m<sup>3</sup>)</i>	<b>0,48</b>
<i>p exp (t/m<sup>3</sup>)</i>	<b>0,83</b>
<i>p roca (t/m<sup>3</sup>)</i>	<b>2,7</b>
<i>hf (m)</i>	<b>0,4</b>

El acumulado de explosivos a usarse por las 4 voladuras para cumplir con las metas de producción del año 2015 está anexa en la siguiente tabla.

Tabla 12: “Explosivos, Accesorios y Costos 2015”

<b>Accesorios de voladura</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (Bs)</b>
Booster 450 gr	456	211.853
Magnafrac 65 x 400	27	132.534
Handidet 17/350 x 30 ft	0	
Handidet 17/350 x 50t	456	306.250
Handidet 17/350 x 60t	0	
Sacos de Anfo 20 (kg)	1538	2.153.109
Conector Exel conectadet 17 Ms(Cajas)	7	2.860
Detonador de corriente N·8	32	5.466
Mecha de Seguridad (m)	80	2.682
Mangas Plasticas 3 1/2"	4	380
	<b>TOTAL</b>	<b>2.815.133</b>

La planificación y distribución de las perforaciones con sus respectivas cantidades de barrenos se presenta en la próxima tabla.

Tabla 13: “Plan de Perforación y Voladura 2015”

<b>Plan de Perforación y Voladura</b>			
<b>N° de Barrenos</b>	<b>Voladuras Planificadas</b>	<b>m³ a Volar Planificados</b>	<b>Fechas de Voladuras</b>
124	1	17.782	1 de Abril
116	1	16.671	1 de Julio
101	1	14.448	1 de Octubre
114	1	16.300	15 de Diciembre
<b>456</b>	<b>4</b>	<b>65.200</b>	

**CAPÍTULO VI**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## CAPÍTULO VI

### 6 Análisis de Resultados

El Sistema de aprovechamiento mineral de Canteras Tacarigua, C.A., es el convencional de Cantera a Cielo Abierto de bancos y terrazas, mediante perforaciones verticales para efectuar voladuras programadas mediante el empleo de explosivos tales como: Anfo, Magnafrac, retardos y cordones detonantes, siendo estos bancos de 15 m de altura diseñados acorde a los equipos de excavación adquiridos para la producción de agregados triturados, todo esto bajo estándares de una óptima excavación y productividad sin descuidar los parámetros básicos de seguridad al darle al Frente 2 una inclinación de los taludes de 85° y una altura de bancos de 15 m de Altura.

Las rampas de acceso fueron diseñadas de tal forma que no sobrepasen el 14% de pendiente equivalente a los 8° de inclinación de cada terraplén. Respecto a los anchos de vías se diseñaron rampas de hasta 6 m de ancho operativo para facilitar el acceso de los camiones roqueros y también para el tránsito de los equipos livianos de manera segura, evitando inconvenientes de riesgo que pueda retrasar el proceso productivo y garantizar la seguridad en toda la operación minera.

El plan se realizó manteniendo los criterios a cielo abierto, tales como: ángulos de taludes, ángulo de *pit* final, ancho de las terrazas de seguridad en cada nivel de explotación, y pérdida en la recuperación de caliza. La explotación de la caliza se continuará avanzando desde la pared alta hasta la pared baja, con la finalidad de recuperar la máxima cantidad de caliza posible, así como también para mantener una minería organizada caracterizada por frentes de trabajos amplios y productivos que permitan un flujo de Material homogéneo a lo largo del año.

El ángulo de *Pit* final tendrá un ángulo general de 54° grados. Este ángulo permitirá mantener terrazas de seguridad por cada 15 metros de avance vertical, las cuales se distribuirán de la siguiente forma: 1 terraza de seguridad consecutiva de 6 metros. Esto con el objetivo, de que el tractor pueda hacerle mantenimiento a las terrazas de una forma segura. Los Criterios de diseño considerados para el desarrollo del plan 2015 de la Cantera “Tacarigua” se dan a conocer en la Tabla que a continuación se presenta:

Tabla 14: “Criterios Mineros Frente 2”

N°	Criterios Mineros	
1	Altur de Banco de Explotación	15 m
2	Ángulo de Pared Final	54°
3	Frente Banco (Talud)	85°
4	Pendiente Piso (Terrazas y Bancos)	1%
5	Ancho mínimo Vías Permanentes	6 m
6	Ancho mínimo Vías Temporales	6 m
7	Densidad Caliza en Banco	2,4 t/m <sup>3</sup>
8	Turnos por Día	1
9	Horas de Trabajo por Turno	8

Se ha dispuesto la creación de 5 terrazas bien identificadas por las cotas de nivel, 30, 45, 60, 75 y 90 msnm, estas terrazas serán utilizadas para poder iniciar el plan de aprovechamiento de mina haciendo las operaciones mineras de una forma segura y sustentable.

El proceso de producción de la Cantera comienza con la etapa de arranque que consiste en la conformación de pisos o área casi horizontales para comenzar la etapa de perforación en cada sector programado en los diferentes bancos de Caliza. El equipo utilizado para esta conformación de pisos y acceso es el tractor, dando paso a que los equipos de perforación ingresen al lugar.

Una vez efectuada la perforación con la cuadrícula programada, se procede a la ejecución de la voladura controlada para generar el menor ruido y sobre presión de la onda al ambiente utilizando explosivos. Una vez que el banco es detonado, los equipos de carga y acarreo ingresan a los frentes de explotación, donde estos equipos pueden alimentar directamente a las plantas de trituración o en los bancos de producción en la Cantera destinados para tal fin. Este material es cargado por cargadores frontales CAT 988G Caterpillar y luego transportado por camiones roqueros marca CAT 730 de 13 m<sup>3</sup> Caterpillar sueltos a la planta de trituración primaria. El material sobre tamaño producto de las voladuras no admisible directamente en la trituración es apartado y acumulado para la posterior fragmentación con los martillos hidráulicos.

## CONCLUSIONES

- Se considera al Frente 2 de Canteras Tacarigua, C.A., como un área minera con un interés económico lo suficientemente interesante como para comenzar labores extractivas.
- La combinación pala-camión propuesta (CAT 988G – CAT 730), se considera brinda resultados positivos en el Frente 2 a pesar de ser una limitada cantidad de equipos (2 cargadores y 1 camión roquero) y poseer una gran cantidad acumulada de horas de trabajo.
- Es necesario tomar previsiones ante la disponibilidad mecánica de los equipos de carga y acarreo y las condiciones climáticas comprendiendo que dichos factores pudiesen afectar directamente la producción.
- La voladura en el Frente 2 por no poseer poblaciones cercanas ni construcciones, se presume pueda ser aceptada sin inconvenientes por la comunidad de Gañango.
- El diseño minero en el Frente 2, a pesar de poder ser considerado como muy al margen de los factores de seguridad por los 15 metros de altura de los bancos, la geología y la competitividad de la roca permiten aprovechar ampliamente el recurso mineral.
- La pendiente promedio de las rampas en el Frente 2 pueden considerarse bastante inclinadas, dicha situación es producto del poco espacio maniobrable que existe en el área concesionada.

## RECOMENDACIONES

- La ejecución del proyecto se aconseja para iniciarse el año 2015, debido a que los escenarios de producción fueron estimados a partir de dicho período.
- Por la cercanía con los límites del área de afectación y de concesión se considera de utilidad solicitar una extensión hacia el Norte y el Este a modo de aprovechar mayor cantidad de recursos minerales.
- Para una mayor productividad en el Frente 2 sería necesario anexar al ciclo minero 2 camiones roqueros más de capacidades similares al CAT 730 o el remplazo de la flota inicial sugerida por una que posea una mayor disponibilidad mecánica.
- Utilizar la misma planta de trituración del Frente 1, ya que la misma posee capacidad para una producción en simultáneo de ambos frentes.
- Realizar perforaciones en el área del Frente 2 permitiría transformar las reservas de estimadas a probadas y por tanto brindarían mayor credibilidad.

## REFERENCIAS

- González de Vallejo, L. (2002). “Ingeniería Geológica”. Edit. Pearson Educación. Madrid.
- ITGE. (1994). “Manual de Perforación y Voladura de Rocas”. Serie Tecnología y Seguridad Minera. España.
- Chacón. (1991). “Técnicas de Operaciones de Minería de Superficie”.
- Ayala, F. (2006). “Manual de Ingeniería de Taludes”. Madrid.
- Gómez, J. (1995). “Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto”. Madrid.
- Pacheco, H. y Requena, M. (1983). “Plan de explotación de la Cantera Las Morochas. Municipio Capaya, estado Miranda”.
- De Abreu, J. (2002). “Diseño de un plan de explotación de un yacimiento de caliza, Cantera La Gamarra. Magdaleno, estado Aragua”.
- Mayora, E. y Gómez, A. (2006). “Caracterización geológica de la faja dolomítica de la zona ubicada entre Gañango y Patanemo, Distrito Puerto Cabello, estado Carabobo”.