

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO DE LA EXPLOTACIÓN DEL FRENTE 3 EN CANTERAS TACARIGUA C.A., UBICADA EN LA LOCALIDAD DE GAÑANGO, SECTOR MAR AZUL, ESTADO CARABOBO.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Rivero M, Anieska J.
Para optar al Título
De Ingeniera de Minas

Caracas, Abril 2018

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO DE LA EXPLOTACIÓN DEL FRENTE 3 EN CANTERAS TACARIGUA C.A., UBICADA EN LA LOCALIDAD DE GAÑANGO, SECTOR MAR AZUL, ESTADO CARABOBO.

TUTOR ACADÉMICO: Profa. Sasha Cazal

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Cristian Sánchez

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Rivero M., Anieska J.
Para optar al Título
De Ingeniera de Minas

Caracas, Abril 2018

Caracas, Marzo 2108

Los abajo firmantes, miembros del Jurado asignado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Anieska José Rivero Mellado titulado:

**PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO DE LA EXPLOTACIÓN DEL FRENTE
3 EN CANTERAS TACARIGUA C.A., UBICADA EN LA LOCALIDAD DE
GAÑANGO, SECTOR MAR AZUL, ESTADO CARABOBO**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al título de Ingeniera de Minas, y sin que esto signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran Aprobado

Profa. Aurora Piña
Jurado

Profa. María Artigas
Jurado

Profa.Sasha Cazal
Tutor Académico

Rivero M., Anieska J.
**PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO DE LA EXPLOTACIÓN DEL FRENTE
3 EN CANTERAS TACARIGUA C.A., UBICADA EN LA LOCALIDAD DE
GAÑANGO SECTOR MAR AZUL, ESTADO CARABOBO.**

Tutor Académico: Profa. Sasha Cazal. Tutor Industrial: Ing. Cristian Sánchez.
Tesis. Caracas, Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería.
Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Minas. Año 2018,
N° 103 p

Palabras claves: Planificación, minería a cielo abierto, explotación de canteras, minerales no metálicos.

Resumen: Esta investigación tiene como objetivo proponer una planificación a largo plazo de la explotación del Frente 3 de Canteras Tacarigua C.A., ubicada en la localidad de Gañango, Sector Mar Azul, estado Carabobo; la cual será regida por un diseño de explotación, ritmo de producción, vida útil y secuencia de extracción contemplando criterios técnicos, operativos y medioambientales. De acuerdo a estos parámetros se estableció un diseño conformado por bancos de 10 m de altura, ángulo de talud de 70°, berma de 6,5 m de ancho generando un ángulo de *pit* final de 45°. El sistema de explotación se desarrollará mediante un banqueo descendente desde la Cota 65 hasta la Cota 15, obteniendo un volumen de material extraíble de 349.318,91 m³ de los cuales 218.717,2 m³ representa el mineral de interés. A partir, de la producción de 66.087 m³/año se estima una vida útil de la mina de 3 años, 3 meses y 17 días donde no se contempla la remoción de estéril. Para el arranque indirecto del recurso mineral se propuso una malla de perforación en tres bolillos con dimensiones de (3 x 3,5) m, diámetro de perforación de 3 ½" y altura de 10 m. Se seleccionó para la ejecución de las operaciones mineras los siguientes equipos: retroexcavadora CAT 330C, cargador frontal CAT 980F, tractor CAT D9, camión CAT 730 y el camión Volvo A30D, los cuales fueron evaluados mediante los Índices Claves de Producción obteniendo una programación del tiempo y producción más realista en la planificación del frente de extracción. Por otra parte, se recomienda realizar un estudio económico-financiero de la puesta en marcha del Frente 3.

DEDICATORIA

A mis pilares fundamentales, Gineska Mellado y Aníbal Rivero

A mi abuelo Rivero, mi amor

A mi abuela Reina, mi ángel guardián

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Central de Venezuela, mi Alma Mater, por convertirse en mi segunda casa a lo largo de estos años de estudio.

A la empresa Canteras Tacarigua C.A. por darme la oportunidad de realizar mi Trabajo Especial de Grado en sus instalaciones. En especial al Ing. Cristian Sánchez e Ing. Angel Mercado por todo el apoyo, paciencia y dedicación. Se les quiere y aprecia.

A la profesora Sasha Cazal por su colaboración y tener la mejor disposición para la elaboración de este trabajo.

A mis padres, Gineska Mellado y Aníbal Rivero por enseñarme a luchar por mis sueños. Gracias por dejarme volar alto.

A mis hermanos Aníbal Rivero y Ganeska Rivero, mis grandes genios, por siempre estar para mí.

A mis amigas y compañeras de Escuela, Daryela Mata y Lesly Durán por haber estado y compartido toda la carrera universitaria, son inigualables. A María Leuzinger, Astrid Rojas y Mariana Ortiz, las niñas de la Quinta Coromoto, por los buenos momentos compartidos, noches de risas y apoyo brindado. Luis González, Caridad Sayago, Irene Loaiza, Andrés Vasconcelos, amigos incondicionales, gracias por siempre estar presente.

A ustedes mis Agradecimientos

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
INTRODUCCIÓN	14
CAPITULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
I.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
I.2.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
I.2.1.Objetivo general.....	16
I.2.2.Objetivos específicos	16
I.3.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
CAPITULO II: GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	18
II.1.UBICACIÓN Y ACCESO DE LA ZONA DE ESTUDIO	18
II.1.1.Ubicación y extensión	18
II.1.2.Acceso	20
II.2.DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁMBITO FÍSICO- NATURAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	21
II.2.1.Relieve.....	21
II.2.2.Geología y suelos	21
II.2.3.Clima	21
II.2.4.Hidrografía	22
II.2.5.Vegetación.....	22
II.2.6.Sismicidad	22
II.3.ÁREAS BAJO RÉGIMEN DE ADMINISTRATIVO ESPECIAL	22
II.3.1.Parque Nacional San Esteban.....	22
II.4.GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO	24
II.4.1.Geología regional	24

II.4.2. Geología local.....	27
II.5. CANTERAS TACARIGUA C.A.....	29
II.5.1 Reseña Histórica.....	29
II.5.2. Visión	30
II.5.3. Misión.....	30
II.5.4. Valores.....	31
II.5.5. Organigrama.....	31
II.5.6. Proceso productivo	32
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO	34
III.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
III.2. BASES TEÓRICAS.....	35
III.2.1. Planificación.....	35
III.2.1.1. Criterios de planificación y diseño de minas	36
III.2.2. Recursos y Reservas.....	36
III.2.2.1 Estimación de recursos.....	38
III.2.3. Minería a Cielo Abierto	40
III.2.3.1 Métodos mineros.....	40
III.2.3.2 Sistema de explotación.....	41
III.2.3.3 Criterios de explotación a cielo abierto.....	43
III.2.3.4 Principales parámetros geométricos.....	43
III.2.3.4 Principales parámetros operativos.....	45
III.2.4. Operaciones básicas en minería a cielo abierto.....	46
III.2.4.1 Arranque indirecto.....	48
III.2.5. Índices Claves de Producción	51
CAPITULO IV MARCO METODOLÓGICO	54
IV.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	54
IV.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	54
IV.3. SUJETO DE ESTUDIO.....	54
IV.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
IV.4.1. Técnicas	55

IV.4.2.Instrumentos.....	55
IV.5.METODOLOGÍA.....	56
CAPÍTULO V:RESULTADOS Y ANÁLISIS	61
V.1.ETAPA DE CAMPO	61
V.1.1.Correlación geológica	63
V.1.2.Vía de acarreo.....	66
V.1.3.Índices Claves de Producción (KPI)	67
V.2.ETAPA DE OFICINA	71
V.2.1.Parámetros de diseño.....	71
V.2.2.Volumen de material aprovechable.....	78
V.2.3.Parámetros de Producción.....	80
V.2.4.Planificación.....	87
V.2.5.Patrón de perforación y voladura	93
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación relativa de Canteras Tacarigua C.A	18
Figura 2: Polígono de concesión actual y Polígono de concesión modificado de Canteras Tacarigua C.A	20
Figura 3: Vía de acceso de Canteras Tacarigua C.A.....	20
Figura 4: Ubicación del Parque Nacional San Esteban	23
Figura 5: Formación Antímamo.....	25
Figura 6: Logo de la Empresa.....	30
Figura 7: Organigrama de Canteras Tacarigua C.A.	31
Figura 8: Descripción de la operación minera de Canteras Tacarigua C.A.....	33
Figura 9: Clasificación de los Recursos y Reservas según (JORC, 2012)	37
Figura 10: Método de los Perfiles.....	39
Figura 11: Explotación de Cantera en áridos.....	42
Figura 12: Explotación de Cantera en Roca Ornamental	42
Figura 13: Terminología utilizada en minería a cielo abierto.....	44
Figura 14: Principales parámetros operativos.....	45
Figura 15: Parámetros geométricos de la perforación	48
Figura 16: A: Malla de perforación cuadrada o rectangular B: Malla de perforación tres bolillos.....	50
Figura 17: Proceso metodológico	56
Figura 18: Metodología para la planificación a largo plazo	57
Figura 19: Reporte de paradas	59
Figura 20: Medición de rumbo y buzamiento de las estructuras presentes en Cantera Mar Azul C.A.	61
Figura 21: Ubicación relativa de Cantera Mar Azul C.A. y Frente 3 de Canteras Tacarigua C.A.	62
Figura 22: Afloramiento de Canteras Mar Azul C.A.....	64
Figura 23: A: Evidencia de mármol dolomítico B: Afloramiento de mármol dolomítico blanca hueso meteorizada.	64

Figura 24: Modelo geológico 3D de ambos frentes de explotación	65
Figura 25: Evidencia de la ensilladura de Falla (N40W).....	66
Figura 26: Vía de acarreo del Frente 3	67
Figura 27: Parámetros geométricos y operativos seleccionados en el Frente 3..	71
Figura 28: Diseño geométrico final de la planificación.....	74
Figura 29: Diseño de vías simple.....	75
Figura 30: Representación del método de los perfiles	78
Figura 31: Determinación del área de los perfiles	79
Figura 32: Vía de acarreo modificada.....	84
Figura 33: Modelo 3D del Frente 3	93
Figura 34: Malla de perforación	94
Figura 35: Distribución de carga de explosivos.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenada UTM / REGVEN del área de concesión actual de Canteras Tacarigua C.A	19
Tabla 2: Coordenada UTM / REGVEN del área de concesión modificado de Canteras Tacarigua C.A.	19
Tabla 3: Levantamiento Geológico de Canteras Mar Azul C.A	63
Tabla 4: Coordenadas geográficas y descripción del mármol presente en el Frente 3	65
Tabla 5: Maquinaria asignada al Frente 3	67
Tabla 6: Distribución de tiempos de los equipos	68
Tabla 7: Mantenimiento preventivo	70
Tabla 8: Inclinationes de taludes recomendadas	72
Tabla 9: Determinación del ancho mínimo operativo.....	73
Tabla 10: Descripción de los parámetros medioambientales.....	76
Tabla 11: Estimación de reservas por software especializado de minería.....	79
Tabla 12: Descripción de la producción requerida	80
Tabla 13: Productividad de los equipos de carga.....	81
Tabla 14: Descripción de la producción mensual de los equipo de carga	82
Tabla 15: Descripción de número de pases.....	83
Tabla 16: Distancia de acarreo modificada.....	83
Tabla 17: Descripción del tiempo de acarreo y retorno de los equipos de acarreo....	84
Tabla 18: Descripción del tiempo de ciclo de los equipos de acarreo	85
Tabla 19: Producción de los equipos de acarreo.....	85
Tabla 20: Descripción de la producción mensual de los equipos de acarreo.....	86
Tabla 21: Descripción de la Fase 1	88
Tabla 22: Descripción de la Fase 2	89
Tabla 23: Descripción de la Fase 3	90
Tabla 24: Descripción de la Fase 4	91
Tabla 25: Descripción de la Fase 5	92

Tabla 26: Parámetros geométricos de perforación.....	94
Tabla 27: Descripción de los explosivos	94
Tabla 28 : Distribución de carga de explosivos	95
Tabla 29: Cantidad de explosivos y accesorios requeridos.....	96

INTRODUCCIÓN

La empresa Canteras Tacarigua C.A. ubicada en la localidad de Gañango, Sector Mar Azul, estado Carabobo, se encuentra en la modificación de su polígono de concesión debido a que el área que poseen actualmente presenta limitaciones de extracción como son la flora y la fauna. Dicha corrección precisa zonas de interés minero que permita un máximo aprovechamiento del mármol presente en sus frentes activos con labores mineras así como también la puesta en marcha de un nuevo frente de explotación con miras a generar un producto con fines ornamentales.

Por tal razón, una planificación a largo plazo del Frente 3 podría ayudar a lograr el aprovechamiento racional del recurso no metálico mediante un adecuado sistema de explotación contemplando criterios técnicos, operativos y medioambientales que permitan el desarrollo y la seguridad de las operaciones mineras.

Esta investigación se encuentra estructurada en cinco capítulos definidos como: Capítulo I: Fundamentos de la investigación, donde se contempla el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación y la justificación de la misma; Capítulo II: Generalidades de la zona de estudio, en el cual se especifica la ubicación, acceso y descripción de la Empresa además de las características físico-naturales más resaltantes del área de estudio; Capítulo III: Marco teórico, se presentan los antecedentes y bases teóricas que sustentan la investigación; Capítulo IV: Marco metodológico, en el cual se detalla el tipo y diseño de la investigación, el sujeto de estudio, las técnicas e instrumentos de recolección de datos así como también el procedimiento experimental para dar cumplimiento a los objetivos propuestos; Capítulo V: Resultados y análisis y por último las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación dentro de los cuales se contempla el objetivo general y los objetivos específicos y por último la justificación de la investigación.

I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Canteras Tacarigua C.A. desde el momento en que fue otorgada su concesión minera ha venido extrayendo mármoles de sus frentes de explotación denominados Frente 1 y Frente 2. Sin embargo, el polígono actual de su derecho minero presenta zonas de gran importancia florísticas y faunísticas que han delimitado la explotación de estos recursos minerales.

Por tal razón, actualmente la Empresa se encuentra en trámites administrativos con el fin de modificar este polígono, permitiendo continuar con el desarrollo de sus actuales frentes, así como también, evaluar la puesta en marcha de un nuevo frente de extracción, el cual se le designará con el nombre de Frente 3.

Por lo que se refiere a este nuevo frente de explotación, representa un gran interés minero para la Empresa, ya que debido a la caracterización geológica del sector existe una continuidad geológica con los mármoles dolomíticos presentes en Canteras Mar Azul C.A., siendo ésta una Empresa que colinda con Canteras Tacarigua C.A.

Dicho mármol debido a su vistosidad, belleza, propiedades físicas y químicas adquiere un mayor interés comercial y económico como roca ornamental. Por lo tanto, se establece una planificación a largo plazo en donde se constituya el diseño geométrico de explotación, volumen de material extraíble, ritmo de producción, vida y secuencia de explotación considerando limitantes técnicos, operativos y medioambientales, que permitan desarrollar de forma ordenada las operaciones mineras en el momento que el frente de explotación sea puesto en marcha.

I.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se plantean los siguientes objetivos:

I.2.1. Objetivo general

Proponer una planificación a largo plazo de la explotación del Frente 3 en Canteras Tacarigua C.A., ubicada en la localidad de Gañango, Sector Mar Azul, estado Carabobo.

I.2.2. Objetivos específicos

- Correlacionar el afloramiento geológico de roca carbonática de Canteras Mar Azul C.A. y el afloramiento de roca carbonática del Frente 3 de Canteras Tacarigua C.A.
- Definir los parámetros geométricos y operativos a emplearse en el diseño de explotación del Frente 3.
- Estimar el volumen de material extraíble del Frente 3 a través del método de los perfiles.
- Validar los Índices Claves de Producción de la maquinaria seleccionada para su uso operativo.
- Establecer productividad, vida útil del yacimiento y secuencia de explotación del Frente 3.
- Proponer patrón de perforación y voladura del Frente 3.
- Generar diseño tridimensional de explotación del Frente 3.

I.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los minerales no metálicos como en este caso los mármoles, han tenido una clara trayectoria ascendente debido a la necesidad de satisfacer el mercado de la construcción haciendo que estos recursos hayan pasado a tener un carácter agotable y por lo tanto, implementar en la búsqueda de nuevos yacimientos que permitan compensar las exigencias de la nación.

Por tal razón, una planificación a largo plazo permitiría aprovechar de manera racional el recurso mineral no metálico a través de una adecuada secuencia de explotación, garantizando la seguridad de las operaciones mineras cuyo desarrollo sea responsable con el medioambiente lo que proporcionaría a Canteras Tacarigua C.A. contar con una herramienta que le fuese útil en la puesta en marcha del nuevo frente de explotación.

Además, con la apertura de este frente la Empresa llegaría a tener la posibilidad de extender sus recursos estimados, obtener un nuevo volumen de material que permite alargar la vida de las operaciones mineras y la oportunidad de un cambio de *target* de mercado al generar un producto con fines ornamentales, obteniendo no únicamente beneficios económicos a la Empresa sino a toda la comunidad de Gañango a través de empleos directos o indirectos.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

En este capítulo se describen las características del medio físico- natural y la geología presente en la zona de estudio además de las generalidades de la Empresa.

II.1. UBICACIÓN Y ACCESO DE LA ZONA DE ESTUDIO

II.1.1. Ubicación y extensión

El área minera de extracción y procesamiento corresponde a la concesión minera “Los Viejos”, la cual se encuentra en el sector La Ensenada Mar azul vía Patanemo, en el Municipio Puerto Cabello del estado Carabobo, específicamente, a ambas márgenes de la Carretera Nacional. Ver Figura 1



Figura 1: Ubicación relativa de Canteras Tacarigua C.A

Fuente: Google Maps.

La concesión minera de Canteras Tacarigua C.A. está definida por un polígono irregular el cual cuenta con un área de 121,33 Has, cuyos vértices están definidos por las coordenadas presente en la Tabla 1.

Tabla 1: Coordenada UTM / REGVEN del área de concesión actual de Canteras Tacarigua C.A

Punto	Norte	Este
1	1.156.334,82	614.578,93
2	1.156.171,82	615.788,93
3	1.155.202,82	615.646,93
4	1.155.360,82	614.434,93
5	1.156.334,82	614.578,93

Fuente: (Sanchez, 2016)

Sin embargo, este polígono de Concesión se ha visto modificado por la necesidad de un área que permita un máximo aprovechamiento mineral de los mármoles presentes y a la vez tomar en consideración las zonas de gran importancia forestal y fáunica que se encuentran en el actual polígono de Concesión. De acuerdo a esta modificación los vértices del polígono quedan definidos por las coordenadas presente en la Tabla 2 generando igualmente un área de 121,33 Has.

Tabla 2: Coordenada UTM / REGVEN del área de concesión modificado de Canteras Tacarigua C.A.

Punto	Norte	Este
1	1.156.086	614.625
2	1.155.566	614.694
3	1.155.493	614.723
4	1.155.654	615.105
5	1.155.850	615.142
6	1.155.923	615.278
7	1.155.943	615.569
8	1.155.961	615.987
9	1.156.476	616.039
10	1.156.908	615.865
11	1.156.910	615.551
12	1.156.367	615.600
13	1.156.139	615.300
14	1.156.272	614.936

Fuente: (Sanchez, 2016)

En la Figura 2, se ilustra el polígono de Concesión actual y el polígono modificado de la Empresa.



LEYENDA:

- POLÍGONO BASE (121,33 Ha)
- POLÍGONO AJUSTADO (121,33 Ha)

Figura 2: Polígono de concesión actual y Polígono de concesión modificado de Canteras Tacarigua C.A.

Fuente: Departamento de Producción de Canteras Tacarigua C.A.

II.1.2. Acceso

El acceso al área operacional de Canteras Tacarigua C.A. se realiza desde la autopista Valencia - Puerto Cabello, tomando la carretera que conduce a Puerto Cabello, para luego seguir por la vía hacia la población de Gañango recorriendo aproximadamente 3 Km hasta encontrar en su margen derecho la entrada de la Empresa, ilustrada en la Figura 3.

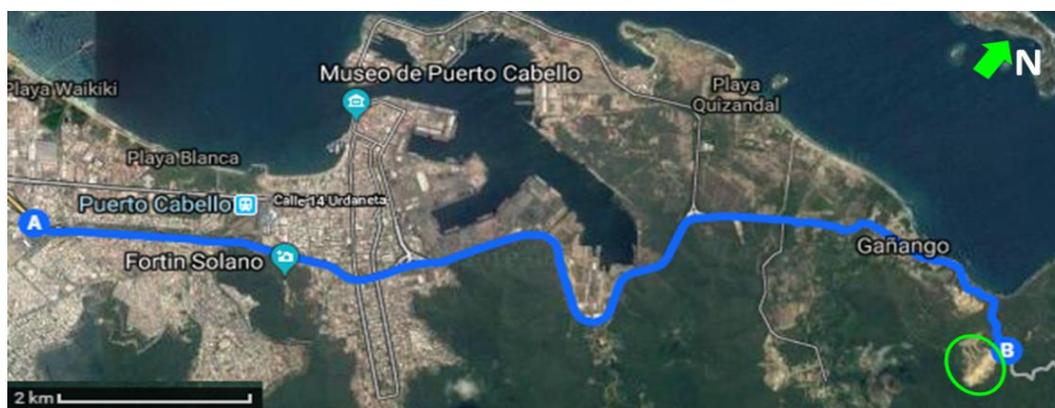


Figura 3: Vía de acceso de Canteras Tacarigua C.A. **Fuente:** (Google Maps, 2018).

II.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁMBITO FÍSICO- NATURAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

De acuerdo al INE (2011), el Municipio Puerto Cabello presenta las siguientes características físicas:

II.2.1. Relieve

El tipo de paisaje predominante es el de montaña, con relieves propios de estas unidades, el cual generalmente es quebrado y con topografía de pendientes predominantes entre 20 % y 30 %. También es posible encontrar amplios valles como el de los ríos Patanemo y Borburata, en donde se observan medios depositacionales generalmente de pendientes menores al 5 %, donde se desarrollan las localidades con iguales nombres. La localidad de Puerto Cabello se desenvuelve en una pequeña franja litoral, característica de un medio depositacional de litoral marino, con tierras generalmente planas aunque con ligeras inclinaciones y pendientes.

II.2.2. Geología y suelos

La unidad geológica predominante data del Mesozoico. La litología está constituida principalmente por un esquistos cuarzo micáceo, de granulación gruesa a fina; con capas de conglomerados duros intercaladas, gneises microclínicos y caliza metamorfozada. También, se encuentran afloramientos de orto-gneises graníticos de Sebastopol, bastante diaclasados y meteorizados en superficie, formando un suelo caolinítico por la descomposición de los feldespatos. El suelo, es de textura arenosa en la franja litoral, franco arcillosa en el valle del río San Esteban y residuales de poca profundidad hacia el sistema montañoso litoral de la Cordillera de La Costa.

II.2.3. Clima

La temperatura media anual es de 27° C, teniendo como mínimo 23° C y máximo 30° C. La precipitación promedio es de 475 mm anuales (estación Puerto Cabello) presentando un patrón de distribución temporal con régimen bimodal, con máximos

en Agosto y Noviembre. Por el contrario, en los meses de Enero y Febrero se manifiesta la sequía.

II.2.4. Hidrografía

Entre los ríos más importantes se encuentra: el Urama, Morón, Sanchón, Goaigoaza, Aguas Calientes, San Esteban, Patanemo, Borburata y Valle Seco. En la extensión de costa porteña se ubican lagunas litorales de las cuales se destacan Bocaína y Yapascua.

II.2.5. Vegetación

La cobertura vegetal predominante es la de bosques tropófilos basimontanos deciduos (entre 300- 600 msnm); con altura del dosel de baja a media (10-20 mts), de uno a dos estratos arbóreos y un sotobosque denso. Por debajo de los 300 msnm., se desarrollan arbustales xerófilos litorales, y sobre los 600 msnm., se desarrollan bosques ombrófilos sub montanos; bosques ombrófilos sub montanos y semideciduos estacionales que presentan de dos a tres estratos arbóreos, densos, de altura media.

II.2.6. Sismicidad

Según el mapa de Zonificación Sísmica de FUNVISIS, el municipio se emplaza en una región con peligro sísmico medio-alto (Zona 4), esto debido a la influencia directa de la Falla de Morón.

II.3. ÁREAS BAJO RÉGIMEN DE ADMINISTRATIVO ESPECIAL

II.3.1. Parque Nacional San Esteban

El Parque Nacional San Esteban está ubicado en el estado Carabobo, tramo occidental de la Serranía del Litoral de la Cordillera de la Costa Central, entre los municipios Naguanagua, San Diego, Guacara y Puerto Cabello. Posee una superficie de 43.500 hectáreas por el decreto N° 1714 de fecha 27 de junio de 1991 y publicado

en Gaceta Oficial N° 34759 el 19/09/1991. En la Figura 4 se ilustra la ubicación del mismo.



Figura 4: Ubicación del Parque Nacional San Esteban
Fuente: (INE, 2011).

El Parque Nacional se crea con el fin de proteger y preservar recursos biológicos, culturales, históricos y escénicos de importancia y relevancia nacional e internacional. Así como también, la preservación de las cuencas altas de importantes ríos esenciales para el consumo del agua de la región y la recuperación del Lago de Valencia. También se encuentran importantes recursos arqueológicos precolombinos. Son importantes los petroglifos y menhir de Vigirima, Piedra Pintada y petroglifos de la Josefina. Se han preservado importantes cementerios indígenas pertenecientes a los grupos étnicos Araguas y Caribes, los cuales se encuentran en el sector Tronconero y Borburata.

San Esteban contiene una gran variedad de ecosistemas dentro de sus límites. Abarca la vertiente Sur y Norte de la Cordillera de la Costa e incluye una zona marino-costera en el Caribe; con lagunas, playas e islas con arrecifes coralinos. Aproximadamente, el 68% de la cobertura vegetal del parque corresponde a bosques de diversos tipos, de los cuales menos del 2% se considera intervenido o alterado.

El relieve es accidentado de pendientes pronunciadas y alturas que varían desde el nivel del mar hasta los 1.830 msnm., en el cerro Villalonga. Estas variaciones de altitudes determinan los cambios importantes en el paisaje, clima y vegetación,

existiendo formaciones vegetales y especies animales de gran valor científico por su carácter endémico. El parque posee un valioso recurso hídrico, de él nacen numerosos ríos tales como: Los Guayos, Cabriales, Agua Linda, Trincheras, Miquija, Goigoaza, San Esteban, Borburata, entre otros, que drenan sus aguas hacia el Lago de Valencia.

Con respecto a la fauna se pueden mencionar, Avifauna: Paují, soisola, guacharaca, paloma montañera, loro, guaro, nicotibio gris, tucuso, lechuza de montaña, el conoto aceituno, el campanero, el querrequerre y el arrendajo. Mamíferos: la danta, el puma, el cunaguaro, el oso melero, el venado matacán, cuerpoespin, el zorro guache. Ofidios: mapanare, la tigra mariposa, la coral y cascabel.

II.4. GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

II.4.1. Geología Regional

El estado Carabobo cuenta con una geología compleja y heterogénea debido al emplazamiento geotectónico al cual pertenece la región; muestra estructuras: 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 mármol otorgado bajo la figura de Concesión Minera a la empresa Canteras Tacarigua C.A., forma parte de la provincia metamórfica de la Fase Antímamo, 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.

Según el Léxico Estratigráfico de Venezuela se tiene a continuación la descripción de la Formación Antímano ilustrada en la Figura 5, la cual se correlaciona con las rocas presentes en la Empresa.

Formación Antímano

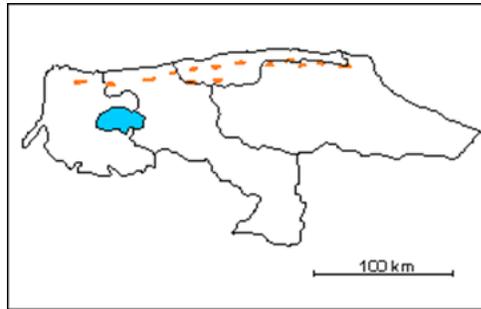


Figura 5: Formación Antímano
Fuente: (Sanchez, 2016)

Dengo (1951) describe la Formación Antímano 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 por 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.

Alukdar y Loureiro (1982) reconocen su Unidad de anfibolitas y mármoles, que posteriormente Urbani y Ostos (1989) la denominan como Fase Antímamo, allí ocurre la asociación de anfibolita, mármol, esquistos calcáreo-muscovítico \pm grafitoso, esquistos cuarzo-muscovítico \pm granatífero, esquistos cuarzo-muscovítico-graucofánico-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.

Esta formación presenta contactos estructuralmente concordantes con las formaciones adyacentes: Las Brisas y Las Mercedes. En la zona de Antímamo 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

La cordillera del Litoral donde se emplaza el área de operaciones de Canteras Tacarigua C.A. 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

II.4.2. Geología Local

Localmente, el material que se presenta en el área de operaciones mineras de Canteras Tacarigua C.A., está constituido por mármoles calcíticos-dolomíticos y un gneis muy meteorizado, casi disgregado en su superficie y muy friable en zonas más frescas y superficiales. Esta laminado horizontalmente hasta el punto donde la delgadez de las láminas, dan un aspecto de paquetes esquistosos.

En el caso de los mármoles, 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 mármoles 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, se encuentra entre Gañango y Patanemo; en él afloran masas de mármoles calcíticos-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 Antimano puede reconocerse como una unidad diferenciable. Sus mármoles calcíticos-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 afloró 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-granatíferos. Hasta el momento se han observado mármoles calcíticos-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. 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 20 m de espesor, seguidamente, unas limolitas de colores grises entre oscuras y claras con estratificaciones planares y onduladas. En carbonáticas, 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 competente de 4,6 m. A dicha capa, le infrayace un marcador esquistoso de color verde, seguido de dos paquetes de mármoles masivos. El primero, presenta un color gris claro con algunas

intercalaciones dolomíticas de 6,5 m; seguido de un mármol masivo gris oscuro de 69 m. El promedio del buzamiento del yacimiento es de 55°.

II.5. CANTERAS TACARIGUA C.A.

II.5.1. Reseña Histórica

La empresa Canteras Tacarigua, C.A., se encuentra localizada al Noreste del estado Carabobo, 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 ahora Ministerio de Desarrollo Minero Ecológico 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 mineras, deben situarse justo en las cercanías del yacimiento tomando en consideración los servicios como energía eléctrica, vías de acceso, etc.

Debido a las características del 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.

Durante más de 45 años de extracción continua, parte del material extraído ha sido empleado en la construcción de obras de infraestructura de relevancia regional como: El muelle de la refinería El Palito, base de los transformadores de Planta Centro,

rehabilitación de las autopistas Puerto Cabello-Valencia, El Palit –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 Diques y Artilleros Nacionales C.A (DIANCA), destacamento Nro. 25 de la Guardia Nacional Bolivariana (GNB), Compañía Anónima Venezolana de Industrias Militares (CAVIM), Petroquímica de Venezuela S.A. (PEQUIVEN), empresas mixtas, Aviación Naval, Base Naval, resaltando los aportes continuos para el saneamiento de las comunidades de Patanemo, Gañango y Borburata. En la Figura 6 se ilustra el logo de la Empresa.



Figura 6: Logo de la Empresa

Fuente: Departamento de Recursos Humanos de Canteras Tacarigua C.A.

II.5.2. Visión

Canteras Tacarigua C.A., es una empresa minera que cuenta con reservas de mármoles dentro de su área de concesión donde garantizan el desarrollo sustentable en el mediano y largo plazo, siempre realizando las labores mineras con responsabilidad hacia el entorno urbanístico y el medio ambiente.

II.5.3. Misión

La Empresa tiene como 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 sus trabajadores y las comunidades vecinas. Así como también, mantener el compromiso

de operar y desarrollar sus proyectos con eficacia, seguridad, responsabilidad social y ambiental.

II.5.4. 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 sus 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 sus labores.

II.5.5. Organigrama

La empresa Canteras Tacarigua, C.A., posee un organigrama cuya estructura se muestra en la Figura 7.

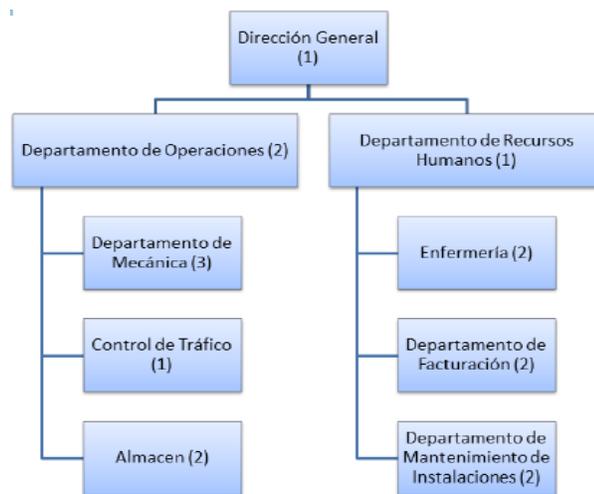


Figura 7: Organigrama de Canteras Tacarigua C.A.
Fuente: Departamento de Recursos Humanos de Canteras Tacarigua C.A.

II.5.6. Proceso productivo

La empresa Canteras Tacarigua C.A. actualmente cuenta con dos frentes de explotación activos de los cuales se extrae mármol, materia prima de excelente calidad para la elaboración de productos en la industria de la construcción.

De acuerdo a Sanchez (2016), el proceso de producción de Canteras Tacarigua C.A. comienza con la etapa de arranque, la cual consiste en la conformación de pisos y o áreas casi horizontales para dar inicio a la etapa de perforación en cada sector programado de las diferentes terrazas. El equipo utilizado para esta operación es un tractor CAT D9, dando paso a que el equipo de perforación ingrese 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 sobrepresión de la onda en el ambiente, utilizando explosivos y accesorios del mercado minero venezolano como los son: ANFO, Booster de pentolita, detonadores Handidet y las emulsiones explosivas Senatel Magnafrac. Por consiguiente, los equipos de carga y acarreo, retroexcavadora CAT 330L o retroexcavadora CAT 330C y camión articulado CAT 730 respectivamente, ingresan a los frentes de explotación para transportar el material volado. El material con sobretamaño no admisible directamente en la trituración primaria, es apartado para la posterior fragmentación con el martillo hidráulico. El material es descargado en la planta de trituración o en un patio de acopio cerca de la planta.

El sistema de trituración consiste en una tolva primaria en donde el material es transportado a través de un alimentador a la mandíbula o trituración primaria, haciendo una pila pulmón que es descargada a cintas transportadora la cual cae sobre una criba donde se hace la clasificación de agregados, obteniendo piedra de 2" a 4" y de 4" a 8". Finalmente, el producto es despachado mediante camiones externos. En la Figura 8, se ilustra de manera resumida el proceso de productivo de la Empresa.



Figura 8: Descripción de la operación minera de Canteras Tacarigua C.A
Fuente: (Sanchez, 2016)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se mencionan los antecedentes y bases teóricas que sustentan la investigación.

III.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Méndez, Yusbelys (2017). *Planificación a largo plazo de la explotación de Frente 04, Cantera Carayaca ubicada en Tacagua, Distrito Capital.* “Se establece el diseño geométrico de la explotación considerando las dimensiones de los equipos, aspectos en materia de futuras actividades de recuperación ambiental y criterios de estabilidad”.

Gómez, Yoel (2017). *Planificación a largo plazo de la unión de las canteras el Samán y Agua viva II, ubicado en San Sebastián de los Reyes, estado Aragua.* “A través de los Índices Claves de Producción se puede tener un mayor control y seguimiento de los equipos para incrementar las horas operativas, mejorando así la efectividad”.

Gómez, Alexis; Mayora, Milagros (2006). *Caracterización geológica de la faja dolomítica de la zona ubicada entre Gañango y Patanemo, distrito Puerto Cabello.* “De acuerdo a los resultados de laboratorio se obtuvo que el área de estudio está dividido en cuatro unidades litológicas, considerando además el área que ocupa cada una de ellas. La Unidad de Mármol (UM), tiene una extensión de 1 km² y se caracteriza por su composición homogénea de calcita, dolomita y anfíboles”.

Mercado, Ángel (2016). *Evaluación económica de las actividades mineras del Frente 2 de Canteras Tacarigua C.A. ubicada en la localidad de Gañango, estado Carabobo.* “Se determinó que en el Frente 1 y en el Frente 2 existe una correlación geológica producto de una falla dextral”.

III.2. BASES TEÓRICAS

III.2.1. Planificación

De acuerdo Herbert (2001) planificar una empresa es organizarla conforme a un plan determinado. Planificar significa literalmente, hacer, planes, si estos, se documentan adecuadamente, se denominan proyectos. Proyecto es un conjunto de planos y documentos que permiten realizar una acción de un equipo de personas diferentes que la ha planificado.

Las clases de planificación que en una empresa deberán llevarse a cabo en función de las áreas en que se tendrán que tomar las decisiones son:

- Planificación Operativa: Es aquella que actúa sobre los factores de suministro, conversión, producción y comercialización para lograr los productos requeridos en el tiempo, lugar y precio, así como para su promoción y distribución. Suele dividirse, consecuentemente, en función del tiempo (corto, medio y largo plazo), en función del espacio (áreas, niveles, secciones, zonas geográficas, etc.) o por el valor comercial (calidad, economía de los productos primarios y secundarios).
- Planificación Administrativa: Esta se relaciona con las entradas (*inputes*) de la Empresa, los famosos “M” americanos (*men, materials, machines, money, management*) estudiando sus necesidades y distribuciones relativas para lograr el óptimo producto, el equilibrio y armonía entre ellas.
- Planificación Estratégica: Corresponde a la Alta Dirección, y actúa fundamentalmente sobre las salidas (*outputs*) de la Empresa, esto es sobre aquellas decisiones previas que determinan la naturaleza misma y la dirección del negocio.

III.2.1.1. Criterios de planificación y diseño en minería

Conforme a Herbert (2001) se deben establecer los siguientes criterios iniciales para comenzar a trabajar en un proyecto de explotación de un yacimiento descubierto o en la ampliación de una mina existente.

- Reservas: Función de (Precio, Costes, Beneficios y Rendimientos) Reservas Tonelaje.
- Ritmo: Es el tonelaje anual que se va a extraer.
- Vida: Son los años de explotación de las reservas medidas y demostradas para el periodo considerado como plan.

$$\text{Vida útil} = \frac{\text{volumen de material aprovechable}}{\text{produccion anual requerida}} \quad \text{Ecuación 1}$$

- Ratio Limite económico: Relación máxima en m³ de material estéril por tonelada de mineral, en función de la geometría del yacimiento y de los parámetros geomecánicos que determinan la seguridad de las operaciones.
- Secuencia de explotación: Es el camino o los pasos que se deben seguir ordenadamente para llegar al final de la mina. Un viejo axioma minero, pero no un dogma, establece que debe seguirse siempre el siguiente camino; “de techo a muro, de arriba a abajo y de mayor calidad a menos buena”.

III.2.2. Recursos y Reservas

El Código J.O.R.C o Código de Australasia para la presentación de informes de resultados de exploración, Recursos Minerales y Reservas de Mena (2012) establece la relación general entre los resultados de la exploración y los recursos y reservas minerales, tomando en cuenta los niveles de confianza en los conocimientos geológicos y consideraciones técnicas y económicas J.O.R.C (2012) citado por Mendez (2017). Esta relación se muestra en la Figura 9.

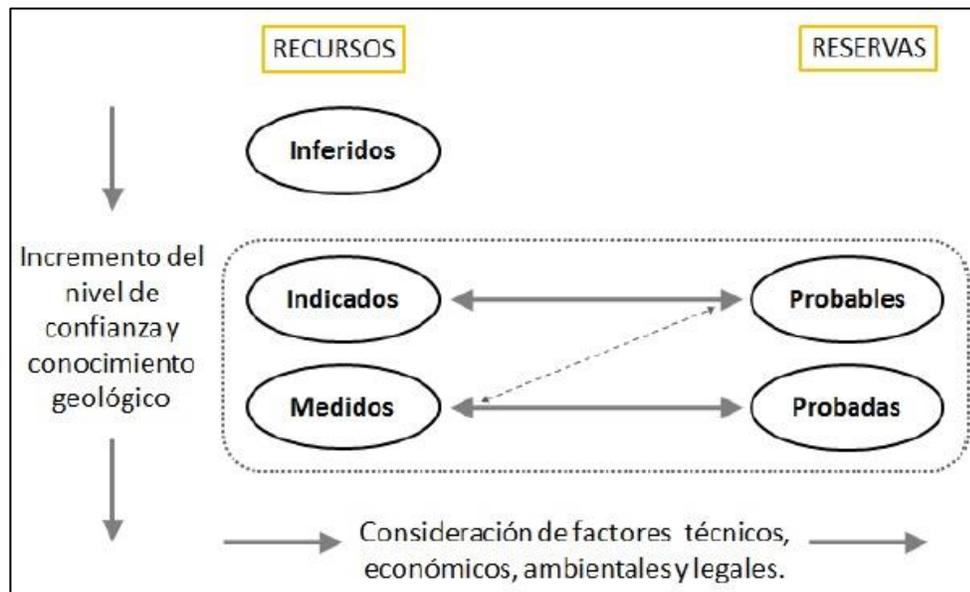


Figura 9: Clasificación de los Recursos y Reservas según (JORC, 2012)
Fuente: (Mendez, 2017)

Recurso mineral: Es una concentración u ocurrencia de material sólido en la corteza terrestre, de tal forma, cantidad y calidad que existe una perspectiva razonable acerca de su potencial técnico-económico. La ubicación, tonelaje, continuidad, entre otras características geológicas de un recurso mineral, son determinadas a partir de evidencias geológicas, metalúrgicas y ambientales. Los recursos minerales se subdividen en orden creciente de confianza geológica en: inferidos, indicados y medidos.

- *Recurso mineral inferido:* Es aquel donde se determina el tonelaje, ley y contenido de mineral base de muestreos limitados. La evidencia geológica es suficiente para asumir pero no para certificar la continuidad geológica ni la ley del yacimiento.
- *Recurso mineral indicado:* Es aquel donde puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. La evidencia geológica, deriva de la exploración superficial, sondeos, toma de muestras.

- Recurso mineral medido: Es aquel donde puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en la exploración detallada y sondeos bastante cercanos entre sí, suficientes para confirmar continuidad geológica y/o de la ley.

Reserva mineral: Es la porción económicamente explotable de un recurso mineral medido o indicado, demostrada por un estudio de pre-factibilidad o factibilidad. Dicho estudio, debe considerar los factores técnicos, de procesamiento metalúrgico, infraestructura, ambientales, legales, entre otros, que garanticen que la extracción es económicamente justificable.

- Reserva Probable: Es la parte económicamente explotable de un recurso mineral indicado, donde se han realizado evaluaciones apropiadas para la fecha y así justificar razonablemente que la extracción puede efectuarse.
- Reserva Probada: Es la parte económicamente explotable de un recurso mineral medido donde se han realizado evaluaciones apropiadas para la fecha y así justificar razonablemente que la extracción puede efectuarse.

III.2.2.1. Estimación de reservas

Según Bustillo & Lopez (1997) existen dos grandes métodos para realizar la estimación de reservas de un yacimiento, el primero es a través de los métodos clásicos o geométricos, el cual consiste en realizar un proceso de cubicación, es decir, se va a construir una o varias figuras geométricas en las cuales se va a estimar qué cantidad de mineralización existen en ellas mientras, en el método geoestadístico, en la caracterización del yacimiento se utilizan diversos enfoques estadísticos para estimar las características geológicas de las formaciones, en esta técnica se incluye el uso de variogramas, el método *kriging* y el análisis multivariado. Los métodos clásicos más utilizados en la evaluación del yacimiento son los siguientes:

- Método de los perfiles o corte.

- Método de los polígonos.
- Método de los triángulos.
- Método de los bloques matrices.
- Método de los contornos.
- Método de del inverso de la distancia.

Método de los perfiles

Este método, según Bustillo & Lopez (1997) es uno de los más utilizados dentro del grupo de los métodos clásicos. Suele ser aplicable en cuerpos mineralizados más o menos irregulares que han sido investigados con sondeos cuyas direcciones permiten establecer cortes, perfiles o secciones, las mismas se observan en la Figura 10.

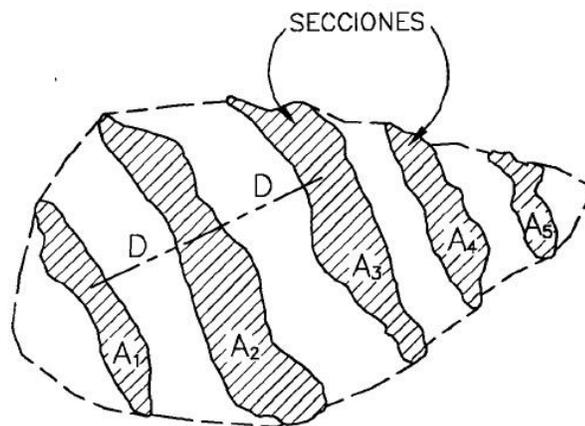


Figura 10: Método de los Perfiles
Fuente: (Bustillo & Lopez, 1997)

El método consiste en calcular el área mineralizada en cada sección, la cual se obtiene de diversas formas, mediante planímetros, regla de Simpson, etc. El volumen de cada bloque se obtiene multiplicando el área de cada sección por la distancia media a los perfiles contiguos de ambos lados como se muestran en la Ecuación 2.

$$vi = \left(Ai * \frac{Di-1}{2} \right) + \left(Ai * \frac{Di+1}{2} \right) \quad \text{Ecuación 2}$$

Para efectuar el cálculo de volumen en las secciones de los extremos se emplea la ecuación 3.

$$vi = \left(Ai * \frac{Di}{2} \right) \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

Ai: Área de la sección

Di; Distancia entre cada sección

Una vez obtenido el volumen del mineral de interés se procede a realizar la determinación de las reservas mineral, permitiendo conocer las toneladas de mineralización existente en el yacimiento. Para ello se hace uso de la Ecuación 4.

$$Q = V \times d \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

Q: Reservas del mineral (Tn).

V: Volumen del yacimiento (m³).

d: densidad aparente media del mineral (Tn/ m³).

III.2.3. Minería a Cielo Abierto

III.2.3.1. Métodos mineros

Herrera (2006) indica que el método minero es un proceso iterativo que permiten llevar a cabo la explotación minera de un yacimiento por medio de un conjunto de sistema, procesos y máquinas que operan de una forma ordenada, repetitiva y rutinaria.

En principio existen actualmente tres métodos, en su sentido más amplio son:

- El método de explotación por minería a cielo abierto.
- El método de explotación por minería de interior o minería subterránea.

- El método de explotación por sondeos.

La minería a cielo abierto se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que se deben remover. La disposición del yacimiento y recubrimiento e intercalaciones de material estéril determinan la relación estéril/ mineral con que se debe extraer ese último.

III.2.3.2. Sistema de explotación

Herrera (2006) Menciona la selección de los submétodos clásicos de minería a cielo abierto (MCA), lo cuales son

- Cortas
- Transferencia
- Descubiertas
- Terrazas
- Contornos
- Canteras
- Graveras

Canteras

Canteras es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción (minerales no metálicos). Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde épocas se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura.

Antiguamente, debido al valor relativamente pequeño que tenían los materiales extraídos, las canteras se situaban muy cercanas a los centros de consumo y poseían unas dimensiones generalmente reducidas.

Las canteras pueden subdividirse en dos grupos:

El primero, donde se desea obtener un todo en uno fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos, a la fabricación de cementos, a la fabricación de productos industriales, etc. En este tipo de explotación se dan canteras donde la extracción no es cuidadosa y se dan grandes alturas de banco. Ver Figura 11.

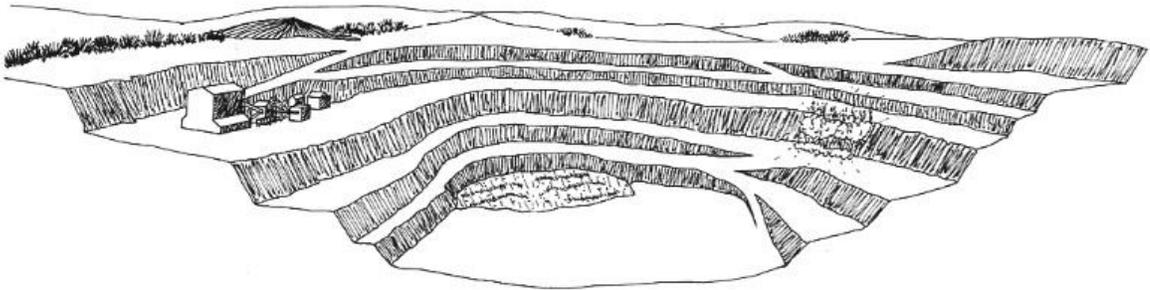


Figura 11: Explotación de Cantera en áridos
Fuente: (Herrera, 2006)

El segundo, dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepípicos, que posteriormente se cortan y elaboran. Estas explotaciones se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios. Ver Figura 12.

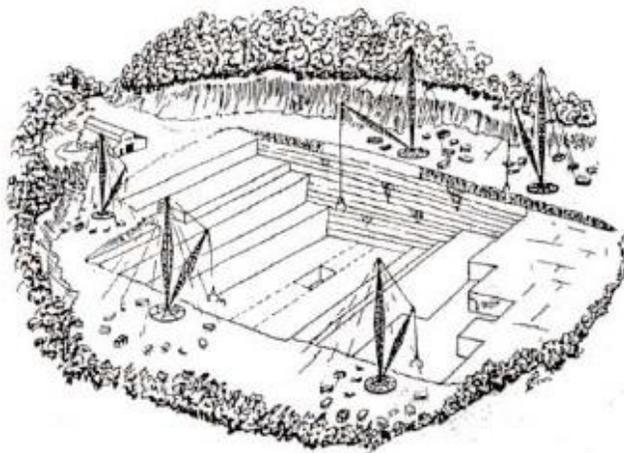


Figura 12: Explotación de Cantera en Roca Ornamental
Fuente: (Herrera, 2006)

III.2.3.3. Criterios de explotación a cielo abierto

De acuerdo a Bustillo & Lopez (1997) para el diseño de una mina a cielo abierto se tiene que haber cubierto la etapa de investigación geológica, del cual se generaran todas las características litológicas y estructurales, logrando determinar la geometría de la fosa final y establecer la planificación de las labores, el control y revisión de la calidad de los minerales y, en suma, la rentabilidad del negocio.

En el momento de proyectar una mina a cielo abierto se deben tener en cuenta cuatros grupos de parámetros:

- Geométricos: Función de la estructura morfológica del yacimiento, pendiente del terreno, límites de propiedad, etc.
- Geotécnicos: Pendientes de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se haya dividido el yacimiento, cambios litológicos, secuencia estratigráfica, etc.
- Operativos: Dimensiones necesarias para que la maquinaria empleada trabaje en condiciones adecuadas de eficiencia y seguridad.
- Medioambientales: Aquellos que permiten la restauración de los terrenos o la reducción de ciertos impactos ambientales.

III.2.3.4. Principales parámetros geométricos

En la Figura 13, se ilustran los principales parámetros de diseño que configuran el diseño de una explotación a cielo abierto de acuerdo a Bustillo & Lopez (1997).



Figura 13: Terminología utilizada en minería a cielo abierto
Fuente: (Bustillo & Lopez, 1997)

Dónde:

- Banco: Es el módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota de estéril o mineral.
- Altura de banco: Es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es igual, desde el pie del banco hasta la parte más alta o cabeza del mismo.
- Talud del banco: Es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea máxima pendiente de la cara del banco.
- Talud de trabajo: Es el ángulo determinado por los pies de los bancos entre los cuales se encuentra algunos de los tajos o plataformas de trabajo. Es, pues, una pendiente provisional de la excavación.
- Berma: Son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la explotación sobre los taludes finales que contribuyen a mejorar las condiciones de estabilidad. Esta se puede calcular mediante la Ecuación 5.

$$B = 4,5 + 0,2 (H) \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

H: Altura de banco

- Talud final de explotación: Es el ángulo de talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie de banco inferior y la cabeza superior.

III.2.3.5. Principales parámetros operativos

Los parámetros operativos de diseño de explotación a cielo abierto de acuerdo a Bustillo & Lopez (1997) son:

- Altura del banco: Se establece en general, a partir de las dimensiones de los equipos de perforación, de los de carga y de las características del macizo rocoso.
- Ancho mínimo operativo: Se define como el ancho mínimo de trabajo a la suma de los espacios necesarios para que el movimiento de los equipos de perforación, carga y transporte puedan trabajar o no simultáneamente en un banco. En la Figura 14, se representan los tres procesos básicos que tienen lugar en el interior de una mina.

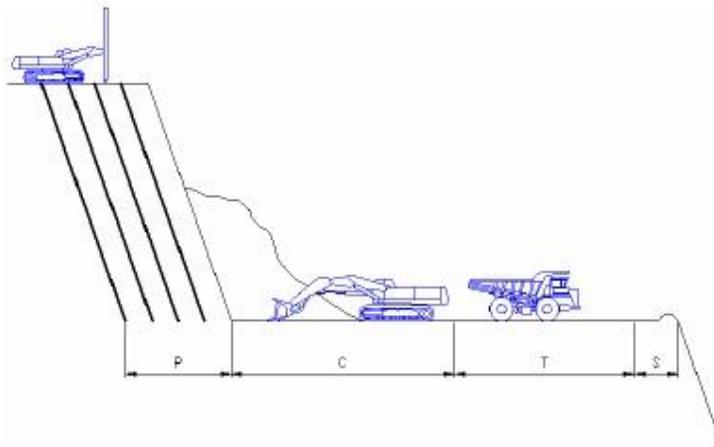


Figura 14: Principales parámetros operativos
Fuente: (Bustillo & Lopez, 1997)

Dónde:

P: Medida correspondiente a la perforación, será la que ocupe la máquina perforadora.

C: Ancho de la zona de maniobras de la máquina que realiza la carga.

T: Ancho correspondiente al equipo de acarreo.

S: Ancho de seguridad hasta el borde del banco.

- Ángulo de la cara del banco: Este valor va en función de dos factores: tipo de material y altura de banco.
- Bermas: Son áreas de protección, al detener y almacenar los materiales que puedan desprenderse de los frentes de los bancos superiores. La altura o separación entre bermas así como su ancho, se establecen en función de las características geotécnicas del macizo de explotación.
- Vías y rampas: Las vías son caminos por los cuales se realiza el transporte habitual de materiales dentro de la explotación, es decir, por los que circulan las unidades de acarreo. También las rampas se utilizan exclusivamente como acceso a los tajos de las máquinas que realizan el arranque y su servicio esporádico.

III.2.4. Operaciones básicas en minería a cielo abierto

Según I.T.G.E (1995), el ciclo de explotación minera se puede definir como una sucesión de fases u operaciones básicas aplicadas, tanto al material estéril como al mineral. Según las condiciones del proyecto que se estén llevando a cabo, existirán o no otras operaciones auxiliares o de apoyo cuya misión es hacer que se cumplan con la mayor eficiencia posibles las operaciones básicas pertinentes.

Las fases que engloban el ciclo minero son generalmente las siguientes:

Arranque: Es la primera de las operaciones para el movimiento de los materiales y consiste en fragmentar estos a un tamaño adecuado para su posterior manipulación por los equipos de fases subsiguientes.

La fragmentación de la roca puede efectuarse fundamentalmente por dos métodos bien definidos:

- Indirectos: Por medio de la energía liberada de los explosivos colocados en el interior del macizo rocoso a través de barrenos.
- Directo: Por la acción mecánica de un equipo.

Carga: Consiste en la recogida del material ya fragmentado para depositarlo sobre otro equipo o instalación adyacente.

Acarreo: Se basa en el desplazamiento de los diferentes materiales hasta la planta de beneficio mineral, en el caso de los minerales, o hasta los vertederos, en el caso de los estériles

La carga y acarreo representan las operaciones básicas necesaria para alcanzar la producción en un una mina, por ello es necesario establecer los siguientes criterios tomados de SME (1992).

1. Producción requerida

$$\text{Producción horaria} = \frac{\text{Produccion anual}}{\text{dias laborables} * \text{horas turno} * \text{eficiencia}} \quad \text{Ecuación 6}$$

2. Productividad teórica de la pala

$$\text{PT} = \text{Volumen por pase} * \text{factor de llenado} * \text{pase por hora} * \text{eficiencia} \quad \text{Ecuación 7}$$

3. Tiempo de acarreo y retorno

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{longitud del tramo}}{\text{velocidad}} \quad \text{Ecuación 8}$$

4. Numero de pases

$$\text{N}^\circ \text{ de pases} = \frac{\text{Capacidad del camion}}{V_{\text{pase}}} \quad \text{Ecuación 9}$$

5. Tiempo de ciclo

$$\text{Ttc} = \text{T.Ubic} + \text{T.carga} + \text{T.acarreo} + \text{T.descarga} + \text{T.retorno} \quad \text{Ecuación 10}$$

6. Productividad teórica del camión

$$\text{PT} = \text{Capacidad de la caja} * \text{factor de llenado} * \text{ciclo por hora} * \text{eficiencia} \quad \text{Ecuación 11}$$

7. Productividad real de equipos de carga y acarreo

$$PR = PT * Utilización efectiva * disponibilidad física \quad \text{Ecuación 12}$$

8. Producción mensual de equipos de carga y acarreo

$$Prod Mes = Dias planificados * Hrs turno * eficiencia * Prod real \quad \text{Ecuación 13}$$

9. Unidades de equipos de carga y acarreo

$$N^{\circ} \text{ de equipos} = \frac{Produccion\ mensual\ requerida}{Produccion\ mensual\ de\ equipo} \quad \text{Ecuación 14}$$

III.2.4.1. Arranque indirecto

Perforación: Es la primera operación de la explotación de una mina o cantera, el propósito de la misma en las operaciones mineras lo constituye la apertura de un hueco para la colocación de explosivos Contreras (2009). La perforación está condicionada de acuerdo a unos parámetros geométricos, los cuales se ilustran en la Figura 15.

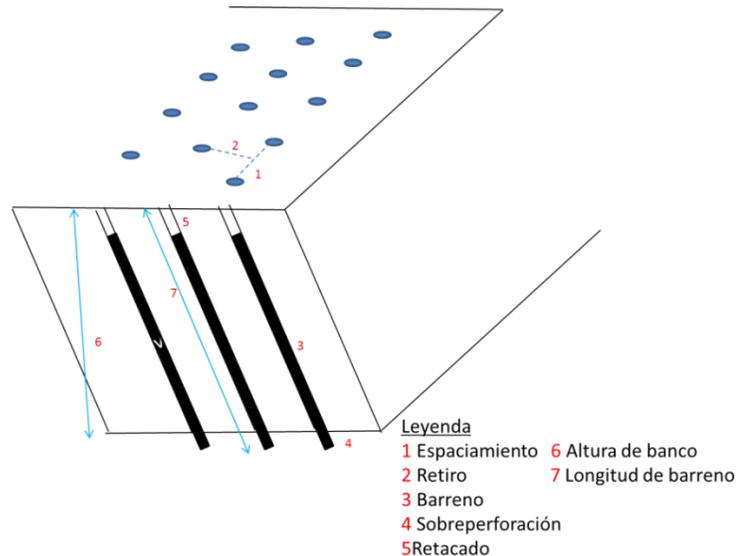


Figura 15: Parámetros geométricos de la perforación

Fuente: Elaboración propia

- Altura de banco (H): Se establece en general, a partir de las dimensiones de los equipos de perforación, de los de carga y de las características del macizo rocoso.
- Diámetro del Barreno: Definido por el diámetro de la broca de perforación, diseñado según las características del macizo rocoso, el grado de fragmentación deseado, la altura del banco, configuración de las cargas y por el equipo de perforación seleccionado.
- Burden o retiro (B): 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, el grado de fragmentación y desplazamiento del material deseado.

$$B_{\max} = \frac{D}{33} \sqrt{\frac{dS * RWS}{C * F * (\frac{S}{B})}} \quad \text{Ecuación 15}$$

Dónde:

Bmax: Retiro máximo (m).

D: Diámetro del barreno (mm).

dS: Densidad del explosivo en g/cm³

RWS: Potencia relativa en peso del explosivo.

C: constante de roca.

F: constante que depende de la inclinación de los barrenos, siendo F=1 para barrenos verticales, F=0.90 para barrenos inclinados 3:1 y F=0,85 para barrenos inclinados 2:1.

- Espaciamiento (S): Distancia más larga entre barrenos de una misma fila en una malla de perforación. Esta variable depende del retiro.

$$S = 1,25 B \quad \text{Ecuación 16}$$

- Malla de Perforación: Representa la disposición de los barrenos en el terreno definida por el retiro y el espaciamento. Esta disposición puede realizarse de acuerdo a 2 esquemas: cuadrado o rectangular y tres bolillos,

el cual replantea los barrenos en forma de triángulos rectángulos. Estas configuraciones se ilustran en la Figura 16.

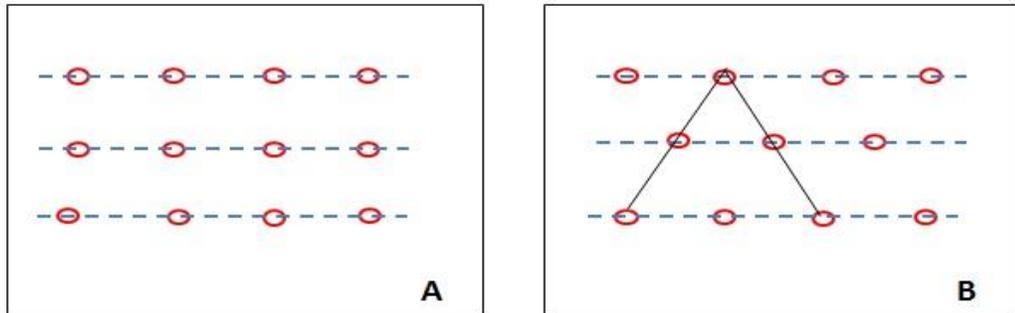


Figura 16: A: Malla de perforación cuadrada o rectangular B: Malla de perforación tres bolillos
Fuente: Elaboración propia

- Retacado (T): Volumen del barreno relleno de material inerte generalmente en superficie

$$T=0,7 B \quad \text{Ecuación 17}$$

- Sobreperforación (Sp): Es la longitud del barreno por debajo del nivel de 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.

$$Sp=0,3 B \quad \text{Ecuación 18}$$

- Longitud del Barreno (L): Longitud de perforación realizada en el área a volar definida por la altura del banco.

$$L=H +Sp \quad \text{Ecuación 19}$$

- Ángulo de Inclinación del Barreno: Corresponde al ángulo que se le da a la perforación respecto a la vertical y que se encuentra relacionado con los parámetros geotécnicos de la roca.

Voladura: Precede a la perforación, la cual está asociada a la fragmentación del material consolidado (generalmente roca) *in situ*. Al igual que la perforación está condicionada por variables geométricas como propiedades del macizo rocoso, esquemas de perforación, tipo de explosivo, consumo específico o factor de energía, tiempos de retardos y secuencia de encendido Contreras (2009). Para ello es necesario realizar el cálculo de la distribución de cargas, empleando los criterios y fórmulas de Konya (1998), tales como:

1. Concentración de carga lineal $q_f \div q_c = \frac{(\rho_{EXP} * (Db)^2)}{1276}$ Ecuación 20
2. Altura de carga de fondo $hf = 1,3 * B_{max}$ Ecuación 21
3. Altura de carga de columna $hc = L - T - Sp - hf$ Ecuación 22
4. Factor de carga $F_c = \frac{(q_f * hf) + (q_c * hc)}{B * S * H}$ Ecuación 23

Dónde:

ρ_{EXP} : Densidad del explosivo (g/cm³).

Db Diámetro de perforación (mm).

III.2.5. Índices Claves de Producción

Todas las actividades y procesos de cualquier organización deben medirse con parámetros enfocados a la toma de decisiones, asegurándose de que las actividades sean acordes con los objetivos de negocio, permitiendo evaluar los resultados frente a dichos objetivos. Estos parámetros son conocidos como indicadores: parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas definidas. Cuando el valor de un indicador de gestión es comparado con algún nivel de referencia, nos permiten detectar desviaciones lo que nos permitirá tomar todo tipo de medidas correctivas o, lo más interesante, preventivas López (2009) citado por Gomez Y. (2017).

La disponibilidad de un equipo es un factor importante en la programación del tiempo y la producción planeada para el mismo. Chacón (1991) citado por Gomez Y (2017) menciona que los métodos para calcular la disponibilidad de un equipo se define por:

- Disponibilidad Mecánica: Disponibilidad del equipo debido al tiempo perdido por reparación, y se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$D_m = TO / (TO + TR) \quad \text{Ecuación 24}$$

- Disponibilidad Física: Es la disponibilidad del equipo debido al tiempo perdido por otras causas (diferentes a las de origen mecánico).

$$D_f = (TO + TD) / TT \quad \text{Ecuación 25}$$

- Uso de la Disponibilidad: Es un factor que puede medir el record de cuán eficiente es una operación en la que se hace uso del equipo.

$$U_d = TO / (TO + TD) \quad \text{Ecuación 26}$$

- Uso Efectivo: Es el porcentaje del tiempo programado, en el cual el equipo está en operación.

$$U_e = TO / TT \quad \text{Ecuación 27}$$

Dónde:

- Tiempo Operacional (TO): Está definido como el tiempo que una cuadrilla u operador es asignado a un equipo y la máquina está en condiciones de operación.
- Tiempo en reparación (TR): Representa el tiempo en que el equipo se encuentra detenido por mantenimiento preventivo o correctivo en el mismo.
- Tiempo disponible (TD): Es el tiempo en el cual el equipo está en condiciones de operación, pero está parado porque no se requiere su

utilización en ese momento o por falta de operador. También, se conoce como tiempo *stand by*.

- Tiempo Total: Es la suma de TO, TR y TD; También, se conoce como horas de presencia.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se especificará el tipo y diseño de la investigación, el sujeto de estudio, las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de datos y el procedimiento experimental para dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

IV.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación empleado es descriptivo apoyado en una investigación de campo. Según Sabino (1995) la investigación descriptiva “reside en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner en manifiesto su estructura o comportamiento”. Mientras, Arias (2002) menciona que la investigación de campo “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos sin manipular o controlar variables algunas”.

IV.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es no experimental-transaccional. Es no experimental debido a que se realiza sin manipular deliberadamente variables; lo que se hace en este tipo de investigación es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos y es transaccional porque la recolección de datos se realizará en un solo tiempo.

IV.3. SUJETO DE ESTUDIO

El sujeto de estudio de esta investigación es el Frente 3 de Canteras Tacarigua C.A., en donde se espera realizar la planificación a largo plazo.

IV.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS

A continuación, se describen las técnicas e instrumentos empleados para la planificación a largo plazo del Frente 3.

IV.4.1. Técnicas

- Revisión bibliográfica en informes técnicos de Canteras Tacarigua C.A.
- Revisión bibliográfica referente a la descripción del medio físico del Municipio Puerto Cabello.
- Revisión bibliográfica concerniente a la extracción de recursos minerales a cielo abierto y planificación minera.
- Salidas de Campo en Canteras Mar Azul C.A. y Canteras Tacarigua C.A.
- Selección de los equipos a emplear en el frente de extracción de acuerdo a las maquinarias presentes en Canteras Tacarigua C.A.
- Observación y cuantificación de las horas operativas, disponibles y en reparación de los equipos seleccionados para el Frente 3.
- Construir modelo tridimensional de acuerdo a la planificación establecida en el Frente 3.

IV.4.2. Instrumentos

- Mapas topográficos de Canteras Tacarigua C.A. y Cantera Mar Azul C.A.
- GPS.
- Brújula Brunton.
- Piqueta y machete.
- Cinta métrica.
- Libreta de campo.
- Hojas de cálculo.
- Programa de diseño asistido por computadora.
- Software especializado de minería.

IV.5. METODOLOGÍA

El proceso metodológico para dar cumplimiento a los objetivos de esta investigación fue realizado mediante 3 etapas, la cuales se muestran en la Figura 17.

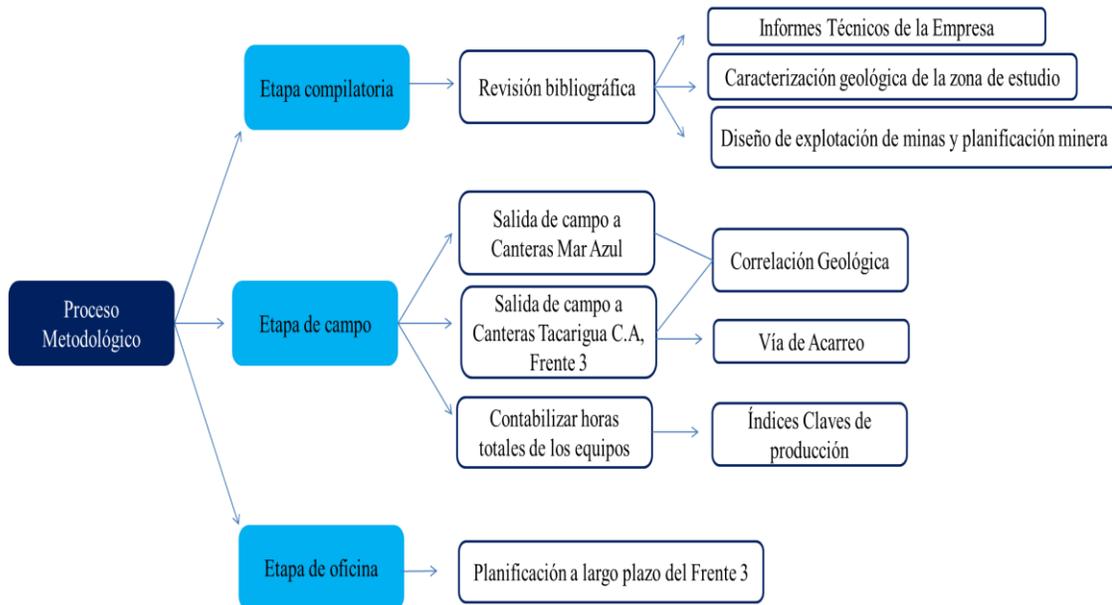


Figura 17: Proceso metodológico
Fuente: Elaboración propia

1. Etapa Compilatoria

En la primera etapa de la investigación se procede a compilar toda la información necesaria para el diseño de explotación de minas y planificación minera así como también, informes técnicos de la Empresa y caracterización física-natural de la zona de estudio.

2. Etapa de Campo

Se procede a recolectar los datos necesarios para llevar a cabo la etapa de oficina, las cuales consistieron en las siguientes actividades:

- Salida de campo a Cantera Mar azul C.A., en donde se delimitó y describió el afloramiento de rocas carbonáticas presentes en su área de concesión minera haciendo uso mapa topográfico, GPS y brújula.

- Salida de campo en Canteras Tacarigua C.A., específicamente, en el Frente 3, lugar donde se validó la continuidad geológica de las rocas carbonáticas presentes en Cantera Mar Azul C.A. Además, se realizó el levantamiento de la vía de acarreo.
- Contabilizar en el Reporte de Paradas las horas operativas, disponibles y en reparación de los equipos en un turno de trabajo, siendo este el instrumento que utiliza la Empresa para determinar la disponibilidad de los mismos.

3. Etapa de oficina

En esta última etapa se procede a realizar la planificación a largo plazo del Frente 3, en donde el procedimiento metodológico se ilustra en la Figura 18.

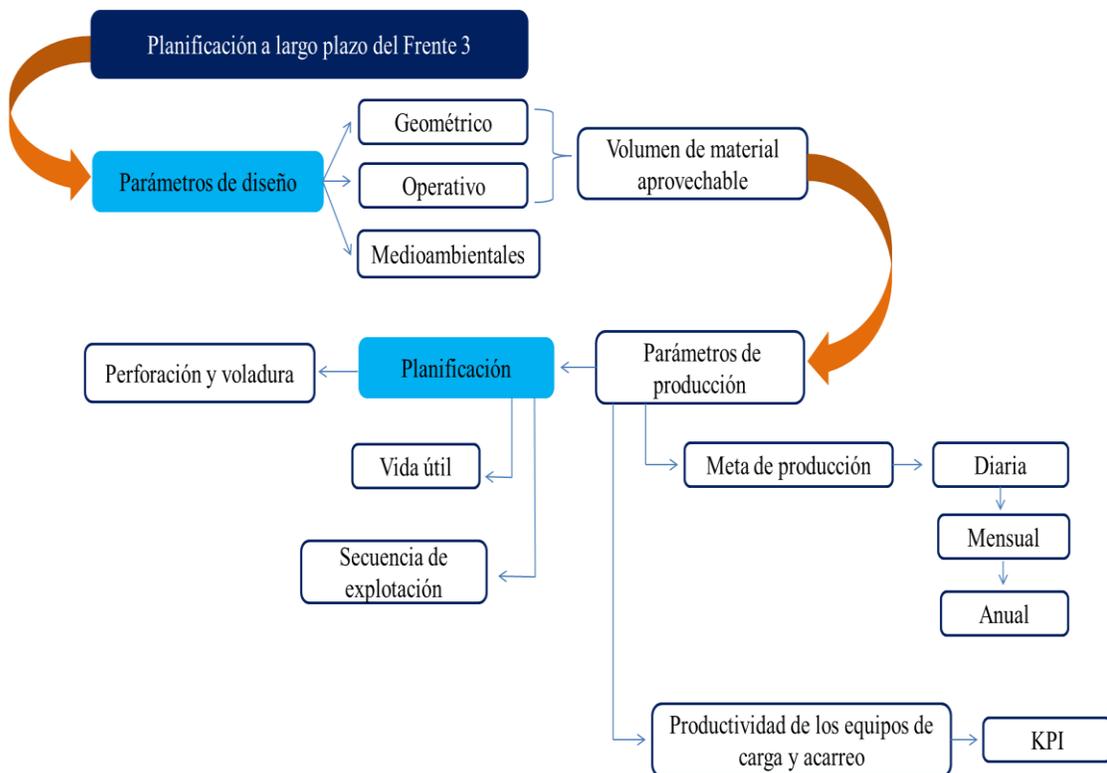


Figura 18: Metodología para la planificación a largo plazo
Fuente: Elaboración propia

- Parámetros de Diseño

Para establecer el diseño de mina en el Frente 3, se tomarán en consideración los criterios de explotación a cielo abierto descrito por Bustillo & Lopez (1997). En los parámetros geométricos y operativos se definirá la altura de banco, ancho de berma, ancho mínimo operativo y ángulo de *Pit* final. En cuanto a los parámetros medioambientales se propondrán medidas preventivas, mitigantes y correctivas de los posibles impactos ocasionados en el componente atmosférico, hídrico y litosférico producto de la extracción de mineral.

Por el contrario, no se definirá parámetros geotécnicos debido a que la ubicación de este frente de explotación no se encuentra dentro del polígono actual de concesión minera, imposibilitando la perforación y recuperación de testigo para realizar ensayos geomecánicos.

- Volumen de material aprovechable

El volumen de material aprovechable se realizó mediante el método clásico o geométrico de estimación de recursos, más específicamente, el método de los perfiles. El cual consiste en efectuar cortes geológicos al yacimiento según su orientación, generando perfiles que mantienen distancias equidistantes entre sí; medida necesaria para determinar el área de cada una de estas secciones y posteriormente, haciendo uso de las Ecuaciones 2 y 3 mencionadas en la sección III.2.2.1 obtener el volumen de cada corte así como también el volumen total del yacimiento.

Por otra parte, el valor obtenido será comparado con el volumen de material extraíble generado con el software especializado de minería.

- Parámetros de producción :

Los parámetros de producción están condicionados por los siguientes criterios:

- ✓ Meta de producción: A partir de la producción diaria designada por la Gerencia de operaciones, se determinará la meta de producción mensual y

anual del frente de extracción. Para ello, se emplearán los criterios y fórmulas de SME (1992) mencionadas en la sección III.2.4.

- ✓ Productividad de los equipos: Se evaluará la productividad teórica de los equipos de carga y acarreo así como también, la productividad mínima esperada en función de los Índices Claves de Producción.
- ✓ Índices claves de producción (KPI): Mediante el Reporte de paradas, siendo este el instrumento que utiliza el departamento de operaciones de la Empresa para determinar la disponibilidad de los equipos; se plasmarán las horas operativas, disponibles y en reparación de las maquinarias, en donde haciendo uso de las Ecuaciones 24 ,25 ,26 y 27 mencionadas en la sección III.2.5, se determinará la disponibilidad física, disponibilidad mecánica, uso y utilización efectiva de los mismos. En la Figura 19, se muestra el instrumento de recolección de datos.

Reporte de paradas						
EQUIPO	Código	Horas			Revision	Observaciones
		Operativa	Dañado	Disponible		
Retroexcavadora CAT 330 C						
Cargador Frontal CAT 980 F						
Camión CAT 730						
Camión Volvo A30D						
Tractor CAT D9G						

Figura 19: Reporte de paradas
Fuente: Departamento de operaciones

- Planificación:

La planificación del Frente 3 partirá desde la vida útil de la mina, la cual será obtenida haciendo uso de la Ecuación 1 mencionada en la sección III.2.1.1. Por consiguiente, la secuencia de explotación se realizará mediante fases que representan el número de niveles propuesto en el diseño de explotación, en donde se especificará el volumen de material extraído, la topografía modificada, el tiempo de ejecución y las actividades pertinentes a realizar.

- Perforación y Voladura

Para definir el patrón de perforación se emplearán los criterios y fórmulas de Kihlstrom & Langerfors (1976), mencionadas en la sección III.2.4.1. Mientras, en los parámetros de voladura el cálculo de la distribución de cargas se realizará a través de los criterios y fórmulas de Konya (1998). Igualmente, mencionadas en la sección III.2.4.1.

- Modelo 3D

Mediante el uso del Software especializado de minería, se generará el modelo 3D de la secuencia de explotación del Frente 3, tomando en cuenta los parámetros de diseño.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos en la etapa de campo y posteriormente, en la etapa de oficina para generar la planificación a largo plazo del Frente 3 así como también, el análisis de los mismos.

V.1. ETAPA DE CAMPO

En la etapa de campo comprendida entre los meses de Julio 2017- Agosto 2017, se procedió a realizar Salida de campo en Cantera Mar Azul C.A., con el fin de efectuar el levantamiento geológico del recurso mineral presente en su área de explotación. Dicha actividad consistió en medir rumbo y buzamiento de las estructuras presentes en el área, la descripción de la Roca, medición de los espesores y la determinación de contactos geológicos del Afloramiento. En la Figura 20, se ilustra el trabajo de campo descrito.



Figura 20: Medición de rumbo y buzamiento de las estructuras presentes en Cantera Mar Azul C.A.
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se ejecutó Salida de campo en Canteras Tacarigua C.A., con el propósito de definir la continuidad y proyección del recurso mineral no metálico de Canteras Mar Azul C.A. con el Afloramiento presente en el Frente 3, datos necesarios para establecer relación entre ambos frentes de explotación y crear mediante un software especializado de minería el modelo geológico 3D. En la Figura 21, se ilustra la ubicación relativa de ambas Empresas.



Figura 21: Ubicación relativa de Cantera Mar Azul C.A. y Frente 3 de Canteras Tacarigua C.A.

Fuente: Google Maps

Por otra parte, se realizó el levantamiento de la vía de acarreo desde el frente de extracción hasta la ubicación de la planta de trituración haciendo uso de GPS. Por consiguiente, se hizo la contabilización del tiempo de parada de los equipos seleccionados por parte de la Empresa para su uso operativo en el Frente 3, empleando para ello el Reporte de paradas.

V.1.1. Correlación geológica

De acuerdo a lo explicado anteriormente, los datos obtenidos del levantamiento de geología de superficie de los recursos minerales presentes en Cantera Mar Azul C.A. se muestran en la Tabla 3. Así mismo, en la Figura 22 se ilustra el Afloramiento presente en su área de concesión minera.

Tabla 3: Levantamiento Geológico de Canteras Mar Azul

Punto	Norte	Este	Orientación	Espesor	Descripción comercial de la Empresa
1	1.156.408	614.719	N55W53N	3,30m	Esquisto calcáreo micáceo
2	1.156.434	614.819	N85W53N		Esquisto anfibolítico verdoso
3	1.156.452	614.920	EW60N	1m	Dolomita blanco blanco
4	1.156.458	614.928	EW60N	2m	Dolomita blanco blanco
5	1.156.466	614.926	EW60N	0,70m	Esquisto anfibolítico verde granatífero
6	1.156.481	614.919	EW60N	9,5m	Dolomita blanco hueso con grietas refregmentadas, alteraciones, meteorización, presenta oxidación
7	1.156.484	614.920	EW60N	3m	Esquisto anfibolítico verdoso
8	1.156.500	614.910	EW60N	21m	Dolomita blanco hueso 70% con intercalaciones de dolomita blanca gris presenta alteraciones
9	1.156.507	614.904	EW60N	9m	Arcilla rojiza meteorizado. Material suelto
10	1.156.516	614.886	EW60N	15m	Dolomita blanco gris clara 70%, dolomita blanca hueso 30%, presenta alteraciones, meteorización, grietas y fracturas recementadas de material alterado arcilloso
11	1.156.523	614.874	EW60N	12m	Esquisto anfibolítico verdoso alterado
12	1.156.538	614.850	S10W50N	16,6m	Dolomita gris clara con intermediaciones de dolomita gris oscuro
13			S10W50N		Esquisto micáceo gris oscuro alterado
14	1.156.543	614.847	S10W50N	1,5m	Dolomita gris claro con intermediaciones de esquistos verde de 3 a 5 cm, alterado, meteorizado
15	1.156.553	614.844	S10W50N	9m	Esquisto calcáreo micáceo
16	1.156.568	614.846	S10W50N	15m	Esquisto negro

Fuente: Elaboración propia



Figura 22: Afloramiento de Canteras Mar Azul C.A.
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el Frente 3 de Canteras Tacarigua C.A. siendo un área que se encuentra en su totalidad recubierta por vegetación. Por tal razón, al momento de realizar el levantamiento geológico de superficie, no se pudo observar en su totalidad el Afloramiento presente. Sin embargo, se logró comprobar la evidencia del mármol dolomítico el cual se ilustra en la Figura 23.

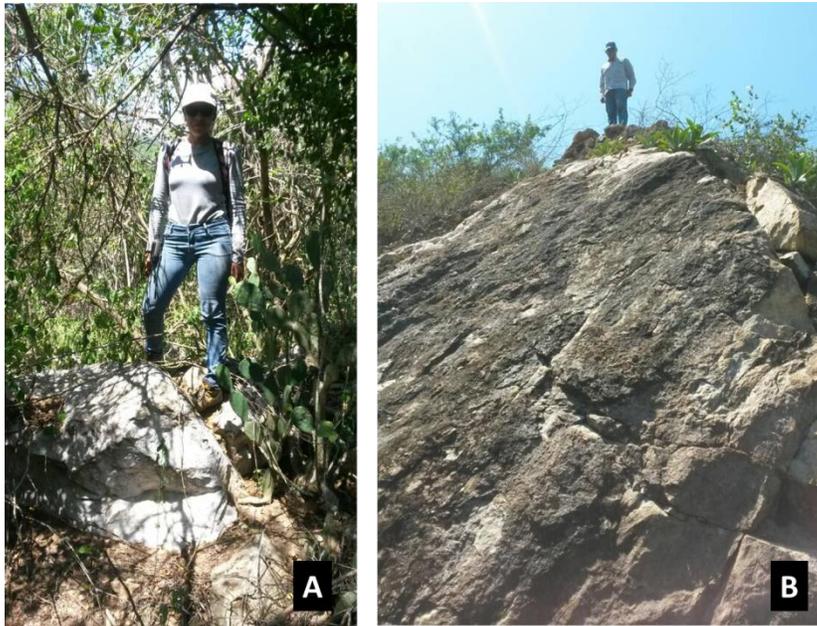


Figura 23: A: Evidencia de mármol dolomítico B: Afloramiento de mármol dolomítico blanca hueso meteorizada.
Fuente: Elaboración propia

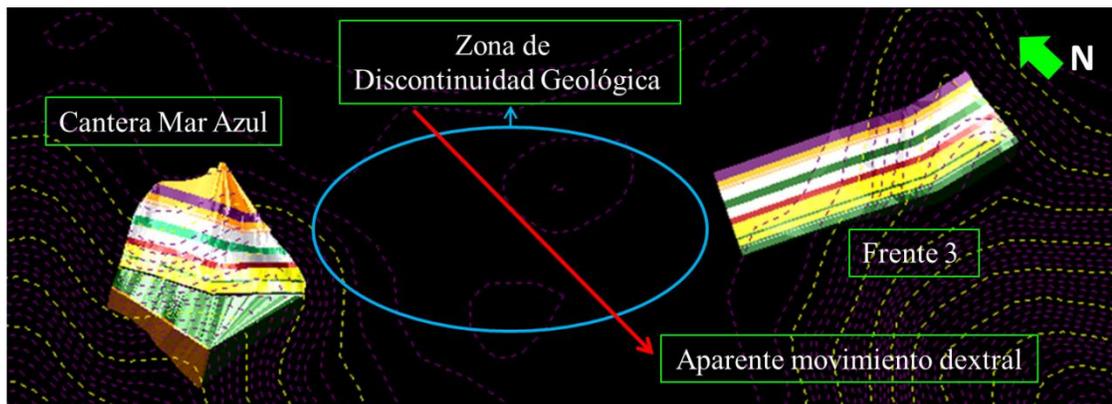
Dicho recurso mineral, presenta características texturales y orientación de rumbo y buzamiento similares a los observados en Canteras Mar Azul C.A., sirviendo como línea marcador para la continuidad lateral y proyección con dicha Empresa. Las particularidades descritas anteriormente se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Coordenadas geográficas y descripción del mármol presente en el Frente 3

Punto	Norte	Este	Orientación	Descripción Comercial
1	1.156.668	615.577	EW60N	Evidencia de mármol dolomítico
2	1.156.661	615.560	EW60N	Dolomita blanco hueso meteorizada
3	1.156.688	615.552		Dolomita blanco hueso
4	1.156.702	615.564		Dolomita blanco gris
5	1.156.712	615.563		Dolomita blanco gris

Fuente: Elaboración propia

A partir, de los datos obtenidos en las Tablas 3 y 4 y haciendo uso del software especializado de minería se generó el modelo geológico 3D de ambos frentes de explotación ilustrado en la Figura 24, observando que en el medio de ellos existe una discontinuidad geológica y un aparente movimiento dextral.



Leyenda

- Curvas de nivel
- Esquisto calcáreo micáceo
- Esquisto anfíbolítico
- Dolomita blanca blanca
- Dolomita blanca hueso
- Arcilla
- Dolomita blanca gris clara
- Esquisto micáceo gris claro
- Esquisto negro

Figura 24: Modelo geológico 3D de ambos frentes de explotación

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con Mercado (2016) mediante un análisis del mapa regional de la zona de estudio, se pudo inferir que hubo un movimiento dextral producto de una falla con orientación N40W, si bien no se identificó en campo la evidencia ni los indicios cinemáticos de la falla, la certeza de la misma se obtuvo mediante fotointerpretación, la cual se ilustra en la Figura 25. En cuanto a la discontinuidad geológica presente en el medio de ambos frentes de explotación esta se vio afectada por la depositación de sedimentos, generando una discontinuidad producto de la erosión y la meteorización.

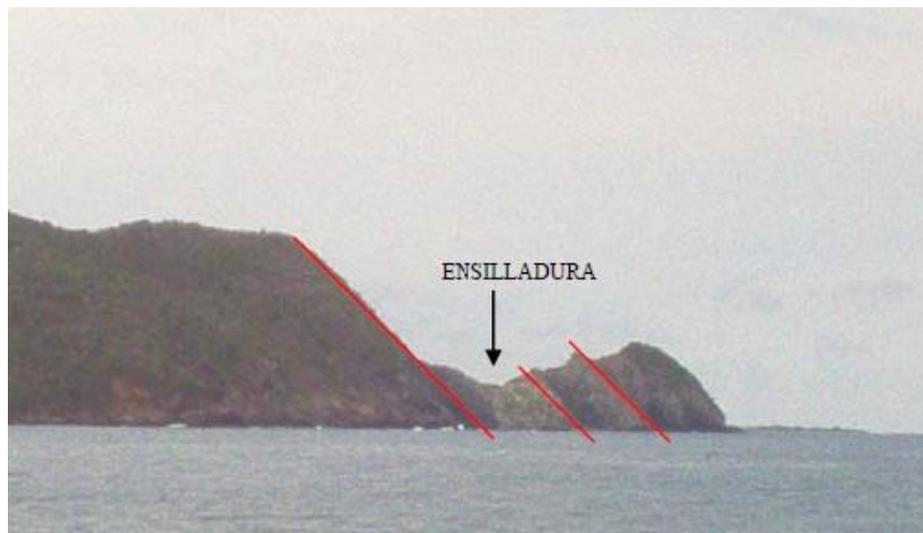


Figura 25: Evidencia de la ensilladura de Falla (N40W)
Fuente: (Gomez & Mayora, 2006)

V.1.2. Vía de acarreo

La vía de acceso al Frente 3 se conecta directamente con la vía principal del Frente 2. En la Figura 26, se muestra la vialidad trazada desde la entrada del Frente 3 hasta el área designada para la ubicación de la planta de procesamiento mineral (Trituración secundaria), debido a que la misma actualmente se encuentra situada en el Frente 1. En el momento que se realizó la etapa de campo la Empresa se encontraba ejecutando el acondicionamiento del terreno para su traslado.

La vía de acarreo tiene una longitud de 1,07 Km, presenta un ancho de 6 m, mantiene pendientes que no superan el 10% y se encuentra en buenas condiciones para su uso.



Figura 26: Vía de acarreo del Frente 3
Fuente: Elaboración propia

V.1.3. Índices claves de producción (KPI)

El proceso productivo de Canteras Tacarigua C.A. descrito en la sección II.5.6, consiste en un sistema discontinuo en el cual, el arranque de material se lleva a cabo con retroexcavadora y el acarreo se efectúa con camiones mineros hasta la planta de trituración. Por lo tanto, la gerencia de operaciones asignó de acuerdo a su flota actual de equipos de carga, acarreo y auxiliares algunos de estos para el uso operativo en el nuevo frente de explotación, los cuales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5: Maquinaria asignada al Frente 3

Equipo	Capacidad (m ³)
Retroexcavadora CAT 330 C	2,5
Cargador Frontal CAT 980 F	3,2
Camión CAT 730	13
Camión VOLVO A30D	13,8
Tractor CAT D9G	4,3m (ancho de corte)

Fuente: Elaboración propia

Dentro del proceso productivo, se evaluó un sistema de medición del desempeño de los equipos en las operaciones mineras a través de los Índices Claves de Producción, con la finalidad de evaluar la disponibilidad de los mismos, siendo este un factor importante en la programación del tiempo y producción de la planificación.

Los Índices Claves de Producción fueron obtenidos mediante el instrumento descrito en la sección IV.5, donde la distribución de los tiempos se ven reflejadas en la Tabla 6.

Tabla 6: Distribución de tiempos de los equipos

EQUIPO	HORAS			
	TRABAJADAS	REPARACIÓN	DISPONIBLE	TOTALES
	T	R	D	TH
Retroexcavadora CAT 330 C	116	102	78	296
Cargador Frontal CAT 980 F	232	13	51	296
Camión CAT 730	105	55	136	296
Camión VOLVO A30D	102	40	154	296
Tractor CAT D9G	100	72	124	296

Fuente: Elaboración propia

A partir de la distribución de los tiempos de los equipos de carga y acarreo se hace el cálculo de la disponibilidad física, disponibilidad mecánica, uso y utilización efectiva, los cuales se ven reflejados en la Gráfica 1.

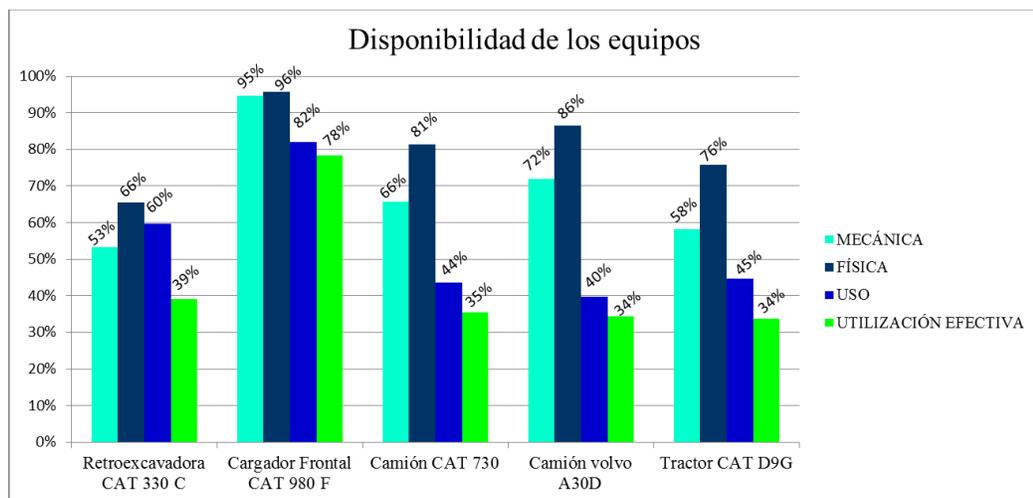


Gráfico 1: Índices claves de producción de los equipos

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos obtenidos se pudo observar que en los equipos de carga, específicamente, para la retroexcavadora CAT 330C la disponibilidad mecánica es de un 53% teniendo este valor debido a una falla mecánica en el período evaluado. Sin embargo, la disponibilidad física de 66% y el uso efectivo de 60% indican que es un equipo en buenas condiciones pero con pocas horas de mantenimiento. Por lo tanto, con el adecuado cuidado preventivo la disponibilidad del equipo podría aumentar. Por el contrario, el cargador frontal CAT 980F presenta altos porcentajes de disponibilidad física y mecánica debido a que es un equipo al cual se le realiza constantemente mantenimiento preventivo presentando una utilización efectiva de 78%.

En el caso de los equipos de acarreo, el camión VOLVO A30D cuenta con 86% de disponibilidad física y 72% de disponibilidad mecánica; debido a que es una máquina nueva en la flota de equipos de acarreo de la cantera con pocos kilómetros recorridos. Así mismo, el camión CAT 730 presenta una disponibilidad mecánica de 66% y disponibilidad física de 81%, al igual que el cargador frontal CAT 980F es uno de los equipos que regularmente se le hace mantenimiento preventivo, presentando ambas maquinarias óptimas condiciones operativas. En cuanto al tractor CAT D9, presenta baja disponibilidad mecánica, uso y utilización efectiva, debido a una falla no mecánica en el periodo evaluado.

Mediante los Índices Claves de Producción se pudo observar que los equipos en general se encuentran en buenas condiciones físicas. Sin embargo, debido a que la evaluación fue realizada en un corto período de tiempo los datos obtenidos no son lo suficientemente representativos para establecer la productividad mínima esperada de los mismos. Por tal razón, se propone como condiciones mínimas esperadas de disponibilidad física y utilización efectiva 75% y 60% respectivamente, generadas a partir del historial de dichos indicadores evaluados por la Empresa.

Es importante mencionar que estos valores serán empleados como referencia del posible escenario ajustado a la realidad observada en campo, sirviendo como punto de partida para la programación de la producción y la extracción del recurso mineral. Sin embargo, se espera a largo plazo el aumento progresivo de los mismos hasta llegar a condiciones ideales de 80- 90% de utilización efectiva.

De igual manera, para el aumento las disponibilidades se plantean un programa sistemático sencillo de revisión periódica como mantenimiento preventivo de los equipos, permitiendo conocer el estado de la maquinaria y poder realizar en el momento más oportuno las correcciones necesarias antes de que se produzcan las averías. Ver en la Tabla 7, el mantenimiento preventivo propuesto.

Tabla 7: Mantenimiento preventivo

Mantenimiento	Parte del equipo	Revisión
Preventivo (50 Hrs)	Cabina y mandos	<ul style="list-style-type: none"> • Retrovisores • Parabrisas • Funcionamiento del panel de mando e instrumentos
	Plataforma superior	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de refrigerante y fugas de gas del radiador • Tanque de aceite y sistema de lubricación • Sistema de inyección
	Motor	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de lubricación • Comprobación de fugas • Filtros de aceites y gas-oil • Estado y nivel de electrolitos del motor
	Neumáticos y tren de rodaje	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de los neumáticos • Pérdida del inflado • Ajuste y accionamiento de los frenos • Eslabones de las orugas

Fuente: Elaboración propia

V.2. ETAPA DE OFICINA

A continuación, se especifican los resultados obtenidos de acuerdo al procedimiento metodológico mencionado en el apartado IV.5 para la planificación a largo plazo del Frente 3.

V.2.1. Parámetros de diseño

Dentro de los criterios de explotación a cielo abierto se tomaron en consideración los parámetros geométricos, operativos y ambientales, los cuales se detallan a continuación.

V.2.1.1. Parámetros geométricos y operativos

Para llevar a cabo la extracción del recurso mineral es necesario establecer los criterios técnicos a emplear en el diseño de explotación, los cuales están condicionado por los parámetros geométricos y operativos definidos por altura de banco, ángulo de talud, ancho de berma, ancho mínimo operativo, ángulo de *Pit* final y diseño de las vías. En la Figura 27 se especifican los criterios seleccionados para la explotación del Frente 3.



Figura 27: Parámetros geométricos y operativos seleccionados en el Frente 3
Fuente: Elaboración propia

- Altura de banco

La altura de banco seleccionada es de 10 m, definido de acuerdo al equipo de carga siendo este la retroexcavadora CAT 330C, el cual tiene un máximo de alcance de 11,63m. Por lo tanto, no representa una limitante para el equipo ya que estaría trabajando por debajo de su altura óptima. Con este nivel de banco se tiene como ventaja un mayor control sobre la desviación de los barrenos en la perforación, mejores condiciones para la restauración y control de los taludes finales.

- Talud del banco

El ángulo de talud para este diseño fue definido de acuerdo a la clasificación de inclinaciones de taludes recomendadas según Hartman (1987) mostrada en la Tabla 8. Al ser el mármol dolomítico clasificado como un tipo de roca dura la inclinación sugerida se mantiene en un rango de 72° a 63° del cual se escogió un ángulo de talud de banco de 70° coincidiendo con el empleado por la Empresa y por lo que se refiere a lo observado en campo se mantiene estable.

Tabla 8: Inclinaciones de taludes recomendadas

Tipo de roca	relación	inclinación
Roca dura	1/3 ó 1/2 : 1	72° a 63°
Banco de mineral de hierro	1/2 ó 2/3 : 1	63° a 56°
Talud final de mineral de hierro	01:01	45°
Banco de mineral de cobre	3/5 : 1	60°
Talud final de mineral de cobre	1½: 1	34°

Fuente: (Hartman, 1987)

- Ancho de berma

El ancho de berma definido es de 6,5 m obtenido haciendo uso de la Ecuación 5, el cual está condicionado por la altura de banco. A partir, del ancho de berma calculado se tiene mejores condiciones de estabilidad de los taludes.

- Ancho mínimo operativo

El ancho mínimo operativo calculado es 12,35 m, el cual fue obtenido de acuerdo a las dimensiones de los equipos de carga y acarreo. En la Tabla 9, se especifica la suma de los espacios necesarios para que la operación de carga se haga de manera eficiente.

Tabla 9: Determinación del ancho mínimo operativo

Especificaciones	
Radio de giro de retroexcavadora CAT 330C	3,5m
Ancho de camión CAT 730	2,95m
Ancho de camión VOLVO A30D	2,9m
Seguridad desde el pie del talud	1m
Seguridad hasta el borde del banco	1m
Distancia entre equipo	1m (siendo 0,5m por equipo)
Ancho mínimo operativo	12,35m

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, al comparar el espacio mínimo operativo con el ancho de la hoja de tractor CAT D9 el cual es de 4,3 m, se propone que el ancho mínimo operativo sea de 13 m, siendo una distancia más sencilla y practica de realizar con el equipo auxiliar.

En la Figura 28, se muestra la representación gráfica del diseño geométrico final de la planificación, el cual está condicionado por los parámetros descritos anteriormente generando un ángulo de *Pit* final de 45°.

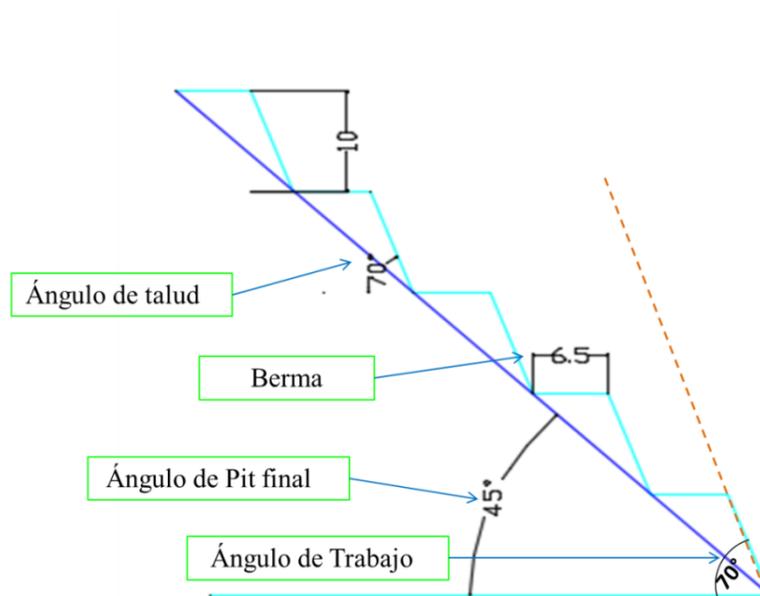


Figura 28: Diseño geométrico final de la planificación

Fuente: Elaboración propia

- Diseño de vías

El diseño propuesto consiste en una vía simple (1 carril), el cual tiene un ancho de 6,25 m. Definido en función de las dimensiones del equipo de acarreo, utilizando para ello la unidad de mayor tamaño siendo este el camión CAT 730, el cual tiene ancho de 2,95 m. De igual modo, se fija una distancia de seguridad 2 m para que la maquinaria tenga mejor movilidad. Además, en el diseño se contempla las cunetas para el sistema de drenaje teniendo unas dimensiones de 0,5 m de ancho y 0,5 m de profundidad, así como también, bermas de seguridad de 0,8 m de alto por 0,8 m de ancho, estimadas de acuerdo a la altura de las llantas del equipo de transporte.

Por otro lado, el ángulo de inclinación de las vías no supera los 10° de manera, que el equipo de acarreo pueda desarrollar su máxima potencia en una forma óptima. Además, se considera un peralte de 2° a 4° con el fin de orientar las aguas de escorrentías hacia las cunetas. En la Figura 29, se ilustra el diseño de las vías planteado.

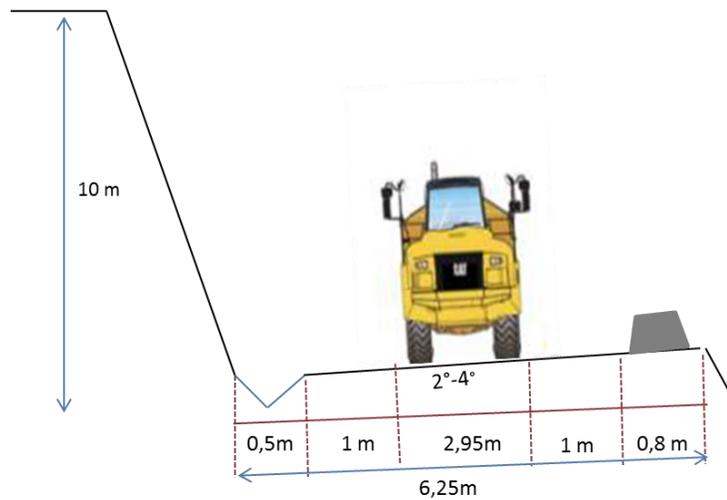


Figura 29: Diseño de vías simple
Fuente: Elaboración propia

V.2.1.2. Parámetros medioambientales

La planificación a largo plazo del Frente 3 está orientado a que el desarrollo de las operaciones mineras sea responsable con el medioambiente, por ello, se han establecidos los impactos al componente atmosférico, hídrico y litológicos asociados a la extracción del recurso mineral. De tal modo, se proponen medidas preventivas, mitigantes y correctivas de los mismos, los cuales se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10: Descripción de los parámetros medioambientales

Criterios medioambientales			
Componente	Impacto	Carácter	Medidas
Atmosférico	Material particulado y gases	Preventivo y Mitigante	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento preventivo del funcionamiento de los equipos para disminuir las emisiones de gases de combustión. • En épocas de sequía realizar el riego de las vías internas antes de empezar la actividad de acarreo. • Protección de material cargado en la tolva de los camiones haciendo uso de lonas. • Uso de equipos de protección respiratoria.
	Emisión de ruido	Preventivo	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento preventivo en sistema de silenciador y motor de los equipos. • Establecer límites de velocidad durante el acarreo.
Hídrico	Alteración de cursos de agua	Correctiva	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de conductores de agua (cunetas-canales-torrenteras), rompedores de energía (taquillas-sumideros) y retenedores de sólidos (decantadores-sedimentadores). • Mantener una inclinación 2°-4° en las vías, con el fin de orientar las aguas de escorrentías hacia el sistema de drenaje. • Mantenimiento del sistema de drenaje y retención de partículas sólidas.
	Modificación de la topografía	Correctiva	<ul style="list-style-type: none"> • A partir de las características del macizo rocoso establecer la configuración de estabilidad de los taludes. • Realizar revegetación con vegetación autóctona

Litosférico	Cubierta vegetal	Preventiva	<p>para contribuir con la estabilidad y seguridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> Almacenamiento de la capa vegetal para futuras recuperaciones.
	Manejo de combustibles y lubricantes	Preventivo	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento preventivo de los equipos para evitar fuga de combustible y aceite. Evitar el derrame de aceite, combustible y grasa en el equipamiento de la maquinaria. Almacenar el aceite usado en contenedores metálicos y en el área designada en el taller de la Cantera.

Fuente: Elaboración propia

V.2.2. Volumen de material aprovechable

El volumen de material aprovechable siendo este el mineral disponible para la extracción sobre la base de criterios técnicos, económicos y de planificación de minas se realizó mediante el método clásico o geométrico de estimación de recursos, más específicamente, a través del método de los perfiles.

Haciendo el uso del programa de diseño asistido por computadora, la topografía modificada de acuerdo a los parámetros de diseño y los límites del yacimiento, se procedió a estimar el volumen de material extraíble del Frente 3. El cual consistió en realizar un eje principal con orientación N52E permitiendo abarcar la mayor área posible del yacimiento. Posteriormente, perpendicular a dicho eje se trazaron perfiles longitudinales con distancias equidistantes entre sí de 10 m generando un total de 25 perfiles desde la progresiva 0+000 hasta 0+250 como se observa en la Figura 30.

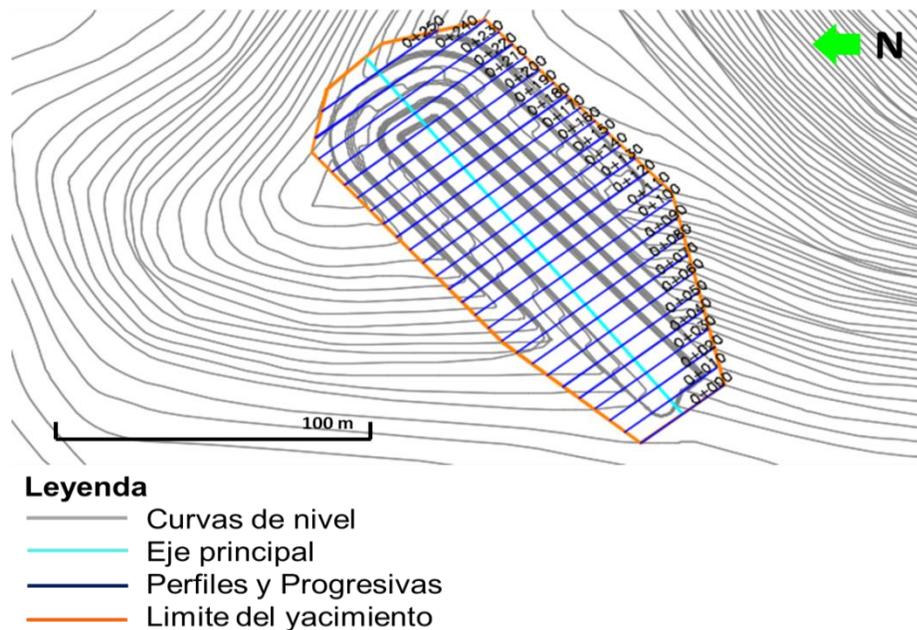
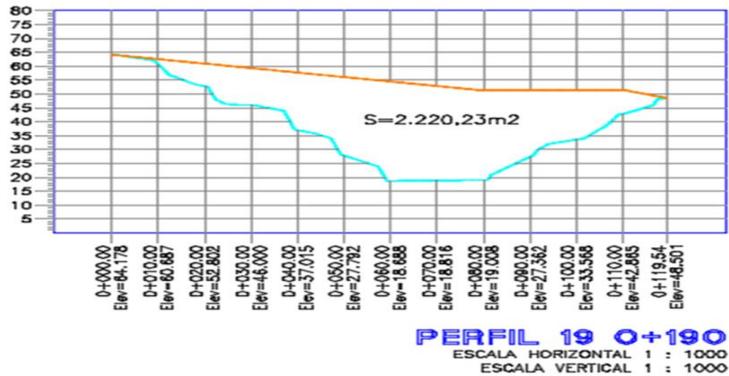


Figura 30: Representación del método de los perfiles
Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, se determinó el área de cada perfil ejemplificado en la Figura 31 y haciendo uso de las hojas de cálculo y de las Ecuaciones 2 y 3 se estimó el volumen

de cada sección, permitiendo obtener el volumen total de material aprovechable del Frente 3, el cual se muestra en el Anexo 2. De acuerdo al método de los perfiles la estimación de este volumen es de 346.832,50 m³.



Leyenda
 — Topografía inicial
 — Topografía modificada
 S : Área

Figura 31: Determinación del área de los perfiles
Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, también se determinó el volumen de material extraíble a partir del Software especializado de minería, el cual dio como resultado 349.318,91 m³. Al observar ambos valores existe una diferencia de 2.486,91 m³ producto del error sistemático y acumulativo que conlleva emplear ecuaciones, en este caso, las propias del método de los perfiles. En la Tabla 11, se observa los volúmenes obtenidos.

Tabla 11: Estimación de reservas por software especializado de minería

Estimación de reservas	
Paquetes (Descripción comercial)	Volumen (m ³)
Dolomita blanco blanco	829,19
Dolomita blanco gris	144.291,02
Dolomita blanco hueso	73.596,99
Esquisto anfibolítico	74.597,84
Esquisto calcáreo micáceo	7.618,91
Esquisto gris oscuro	6.728,56
Esquisto negro	630,47
Arcilla	41.025,93
TOTAL	349.318,91

Fuente: Elaboración propia

V.2.3. Parámetros de Producción

A continuación, se especifican las metas de producción propuestas para la planificación del Frente 3 además de la productividad de los equipos seleccionados para llevar a cabo las operaciones unitarias.

V.2.3.1. Metas de producción

La producción diaria propuesta por la gerencia de operaciones para el frente de explotación es de 250 m³/día o 37,7 m³/ hr, siendo este el valor obtenido de acuerdo a las horas laborables de la Empresa. Partiendo de este requerimiento, las horas turno, los días laborables, la eficiencia definida como “Buena” según las condiciones de trabajo I.T.G.E (1995) y sustituyendo en la Ecuación 6, se obtuvo una producción anual de 66.087 m³ generando mensualmente 5.507 m³ de mineral. En la Tabla 12, se especifica cada uno de los factores descritos.

Tabla 12: Descripción de la producción requerida

Datos operativos	
Producción diaria (m ³)	250
Turno (Hrs)	8
Eficiencia I.T.G.E, 1995	0,83
Producción horaria (m ³ /hr)	37,7
Días laborales mensuales	22
Días totales	264
Producción anual (m ³)	66.087
Producción mensual (m ³)	5.507

Fuente: Elaboración propia

V.2.3.2. Productividad de los equipos

La productividad de los equipos mineros representa un factor importante dentro de la planificación y efectividad de la extracción del recurso mineral. Por tal razón, se determinó las producciones de los equipos de carga y acarreo seleccionados para realizar las operaciones básicas en el Frente 3, con el fin de comprobar si los mismos cumplen con el requerimiento de producción mensual. Por lo que se refiere al tractor CAT D9 no se estimó su producción ya que será utilizado como equipo auxiliar logrando llevar de manera óptima las operaciones unitarias.

- Productividad de los equipos de carga

Para definir la productividad de los equipos de carga se aplicó la Ecuación 7 y sustituyendo la capacidad de balde, el factor de llenado, el tiempo de pase definido a través de la excavabilidad de la máquina clasificada como “Buena” según I.T.G.E (1995) y la eficiencia, se estimó la productividad teórica de la retroexcavadora CAT 330C y el cargador frontal CAT 980F.

Sin embargo, el volumen obtenido fue evaluado en función de las condiciones mínimas estimadas de disponibilidad física y utilización efectiva propuesta en los Índices Claves de Producción, con la finalidad de obtener volúmenes de productividad esperados bajo los criterios planteados. En la Tabla 13, se muestra las productividades obtenidas.

Tabla 13: Productividad de los equipos de carga

Descripción	Equipos de carga	
	Retroexcavadora CAT 330C	Cargador frontal CAT 980F
Capacidad de balde (m ³)	2,5	3,2
Factor de llenado %	90%	90%
Volumen por pase	2,25	2,88
Tiempo por pase I.T.G.E, 1995	0,3	0,3
Ciclo por hora	200	200
Eficiencia I.T.G.E, 1995	0,83	0,83
Disponibilidad física %	75%	75%
Utilización %	60%	60%
Productividad teórica (m ³ /hr)	373,5	478,08
Productividad mínima esperada (m ³ /hr)	168,1	215,14

Fuente: Elaboración propia

Empleando la Ecuación 13 y sustituyendo la producción horaria de los equipos, horas turno, eficiencia y días laborables, se estima la producción mensual generada por los equipos de carga. Dichos datos se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14: Descripción de la producción mensual de los equipo de carga

Productividad mensual de los equipos de carga	
Turno (hrs)	8
Eficiencia I.T.G.E, 1995	0,83
Días laborables	22
Productividad mínima esperada Retroexcavadora CAT 330C (m ³ /hr)	168,1
Producción mensual Retroexcavadora CAT 330C (m ³)	24.556,05
Productividad mínima esperada Cargador frontal CAT 980F (m ³ /hr)	215,14
Producción mensual Cargador frontal CAT 980F (m ³)	31.427,65

Fuente: Elaboración propia

Partiendo de la producción mensual requerida en planta y la producción generada por los equipo de carga, se evaluó si los mismos cumplen con la capacidad necesaria para satisfacer la producción mensual solicitada, siendo reflejados en el Gráfico 2.

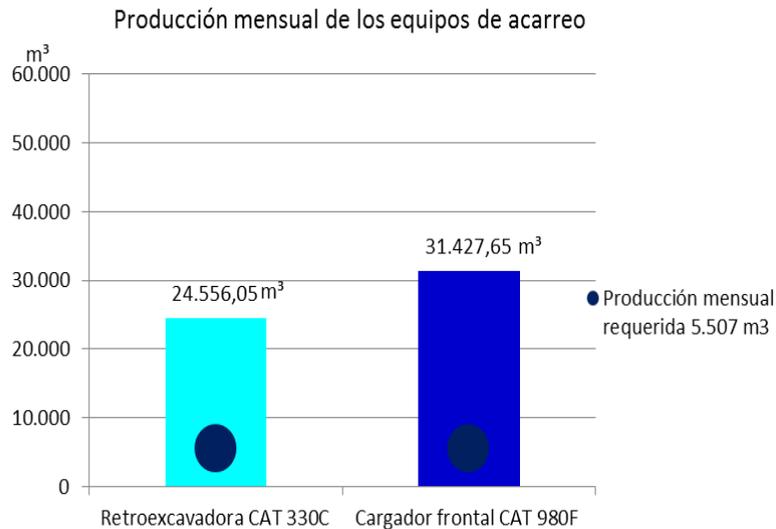


Gráfico 2: Producción de los equipos de carga / Producción mensual requerida

Fuente: Elaboración propia

Dichos valores indican que ambos equipos tiene la capacidad necesaria para satisfacer la demanda de material solicitada inclusive su producción mensual está por encima de los requerimientos, demostrando que cualquiera de estos equipos puede realizar la operación unitaria de carga.

Por consiguiente, se especificó el número de pases definido como una relación entre la capacidad del equipo de carga y la capacidad del equipo de acarreo, con la finalidad de fijar el tiempo de carga y el ciclo de los equipos de transporte. En la Tabla 15, se especifica dicha relación.

Tabla 15: Descripción de número de pases

Descripción	CAT 730	VOLVO A30D
Capacidad de la caja (m ³)	13	13,8
Factor de llenado	90%	90%
Capacidad real (m ³)	11,7	12,42
Número de Pases Retroexcavadora CAT 330C	5	6
Número de Pases Cargador frontal CAT 980F	4	4

Fuente: Elaboración propia

A partir de las relaciones obtenidas y considerando que con un menor número de pases el tiempo de ciclo disminuye y la combinación pala/camión es más eficiente, el equipo de carga seleccionado es el cargador frontal CAT 980F teniendo como ventaja mayor versatilidad y facilidad de desplazamiento. Sin embargo, la retroexcavadora CAT 330C se empleará para el inicio de las operaciones considerando que exigen poco espacio para operar y menor necesidad de empleo de equipos auxiliares.

- Productividad equipos de acarreo

Para establecer la productividad de la flota de equipos de acarreo en principio, se determinó la distancia de la vía de acceso determinada en la etapa de campo. Sin embargo, a partir del diseño de explotación propuesto la misma fue modificada producto de una rampa de acceso desde la vía principal hasta el área de explotación, la cual cumple con las mismas características del diseño de vías propuesto, dando finalmente una distancia de 1,182 Km. En la Tabla 16 se especifica la distancia de la vía acarreo modificad y en la Figura 32 se ilustra.

Tabla 16: Distancia de acarreo modificada

	Rampa de acceso	Vía hasta planta
Distancia (m)	293	889

Fuente: Elaboración propia

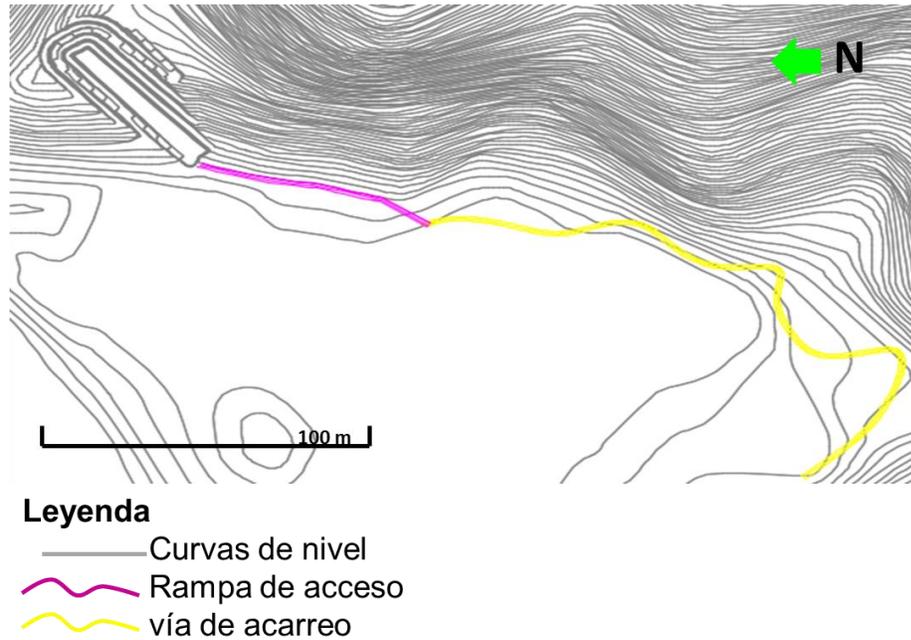


Figura 32: Vía de acarreo modificada

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se determinó la velocidad de ambos equipos a través, de las curvas características presentes en los catálogos de los respectivos fabricantes y aplicando la Ecuación 8 se precisó el tiempo de acarreo y retorno respecto a la vía de transporte. En la Tabla 17, se muestran las velocidades obtenidas para cada camión.

Tabla 17: Descripción del tiempo de acarreo y retorno de los equipos de acarreo

	Distancia (Km)	Veloc. Acarreo (Km/hr)	Veloc. Retorno (Km/hr)
CAT 730	1,182	15	23
VOLVO AD30	1,182	15	35

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, con el tiempo de acarreo, tiempo de retorno, tiempo de carga y tiempo de ubicación y descarga definido según I.T.G.E (1995), se estimó el tiempo de ciclo con la finalidad de establecer el ciclo por hora de cada maquinaria. En la Tabla 18, se describe la justificación de los tiempos.

Tabla 18: Descripción del tiempo de ciclo de los equipos de acarreo

Justificación de tiempos	CAT 730	VOLVO AD30
Tiempo de ubicación I.T.G.E, 1995 (min)	1	1
Tiempo de carga (min)	1,20	1,20
Tiempo de acarreo (min)	4,73	4,73
Tiempo de descarga I.T.G.E, 1995 (min)	0,15	0,15
Tiempo de retorno (min)	3,08	2,03
Tiempo del ciclo (min)	10,16	9,11

Fuente: Elaboración propia

Habiendo definido el tiempo de ciclo, la capacidad real y la eficiencia, se estimó la productividad teórica por hora de ambas maquinaria. Sin embargo, dichos volúmenes fueron evaluados en función de las condiciones mínimas estimadas de disponibilidad física y utilización efectiva generando un volumen de productividad mínima esperada de los equipos de acarreo bajo los criterios planteados. Ver en Tabla 19 las productividades estimadas.

Tabla 19: Producción de los equipos de acarreo

Descripción	CAT 730	VOLVO A30D
Capacidad de la caja (m ³)	13	13,8
Factor de llenado %	90%	90%
Capacidad real (m ³)	11,7	12,42
Pases por llenado	4	4
Ciclo por hora	6	7
Eficiencia I.T.G.E, 1995	0,83	0,83
Disponibilidad física %	75%	75%
Utilización %	60%	60%
Productividad teórica (m ³ /hr)	58,27	72,16
Productividad mínima esperada (m ³ /hr)	26,22	32,47

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la Ecuación 13 y sustituyendo la producción horaria del equipo, horas turno, eficiencia y días laborables se estima una producción mensual generada por cada equipo de acarreo así como también, la producción total de la flota. Dichos datos se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20: Descripción de la producción mensual de los equipos de acarreo

Productividad mensual de los equipos de acarreo	
Turno (Hrs)	8
Eficiencia I.T.G.E, 1995	0,83
Días laborables	22
Productividad mínima esperada Camión CAT 730 (m ³ /hr)	26,22
Producción mensual CAT 730 (m ³)	3.830,22
Productividad mínima esperada Camión Volvo A30D (m ³ /hr)	32,47
Producción mensual VOLVO A30D (m ³)	4.743,22
Producción total mensual de la flota (m ³)	8.573,44

Fuente: Elaboración propia

Partiendo de la producción mensual requerida en planta y la producción generada por los equipos de acarreo, se determinó si la capacidad de los mismos permite satisfacer la producción mensual demandada, las cuales se encuentran ilustrados en la Gráfica 3.

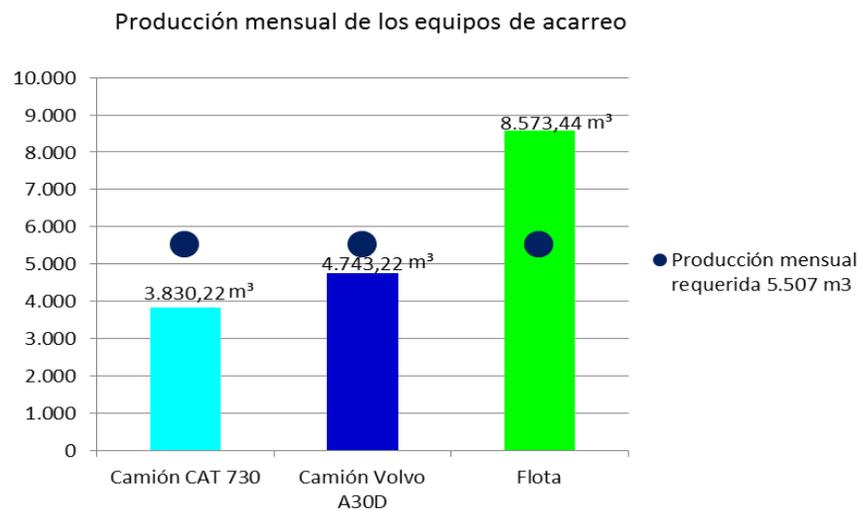


Gráfico 3: Producción mensual de los equipos de acarreo/ Producción mensual requerida

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo observado en el Gráfico 3, cada equipo individualmente estaría por debajo de las necesidades. Sin embargo, con el debido mantenimiento preventivo y el aumento progresivo de la disponibilidad física y la utilización efectiva la productividad de los equipos de acarreo podría aumentar y satisfacer la demanda mensual de material. No obstante, la flota de camiones cumple con las exigencias de producción requerida, por lo que se recomienda el uso de ambos equipos de acarreo.

V.2.4. Planificación

En la planificación del Frente 3 se deben establecer ciertos criterios para llevar a cabo la explotación del yacimiento, dentro de los cuales se define la vida útil de la mina y la secuencia de explotación.

- Vida útil

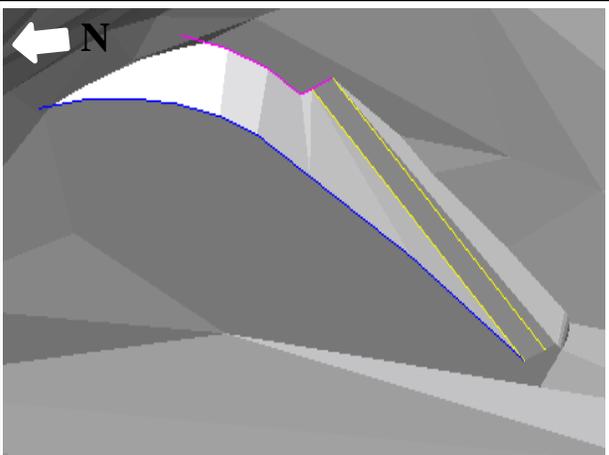
Se estima una vida útil de 3 años, 3 meses y 17 días. En este periodo se contempla únicamente la extracción del recurso mineral, no se considera el tiempo requerido en la apertura de rampas de acceso, remoción de estéril, acondicionamiento del terreno, etc.

- Secuencia de explotación

El sistema de explotación propuesto consiste en el método de las terrazas donde el banqueo se realiza de manera descendente desde la Cota 65 siendo ésta la demarcación del yacimiento hasta la Cota 15 representado el límite de excavación, generando una disposición de 5 bancos.

En las Tablas 20, 21, 22, 23 y 24 se especifican el volumen de mineral, volumen de estéril, tiempo de realización, modelo digital y las actividades pertinentes en la ejecución de cada nivel de explotación propuesto.

Tabla 21: Descripción de la Fase 1

Nivel de explotación 1					Modelo digital
Cota	55	Volumen (m³)	Total (m³)	Tiempo (dias)	
Mineral	Dolomita blanca blanca	829	21.406	86	
	Dolomita blanca gris	534			
	Dolomita blanca hueso	20.043			
Esteril	Esquisto Anfibolítico	7460	9.227	24	
	Esquisto calcereo micaceo	0			
	Esquisto gris oscuro	0			
	Esquisto negro	0			
	Arcilla	1767			
Volumen total de remoción de material 30.633 m³					
Relación de sobrecarga 2:1					
Tiempo total del nivel: 5 meses					
Actividades					
1) Desforestación de la capa vegetal (Tractor) 2) Conformación de pisos horizontales con el equipo auxiliar (Tractor) para realizar arranque indirecto manteniendo ancho mínimo operativo 3) Inicio de las labores mineras (Retroexcavadora) 4) sistema de transporte discontinuo (Cargador frontal y camión)					
Equipos					
-Tractor CAT D9 -Retroexcavadora CAT 330 C -Cargador frontal CAT 980 F -Camión CAT 730 -Camión Volvo A30D					

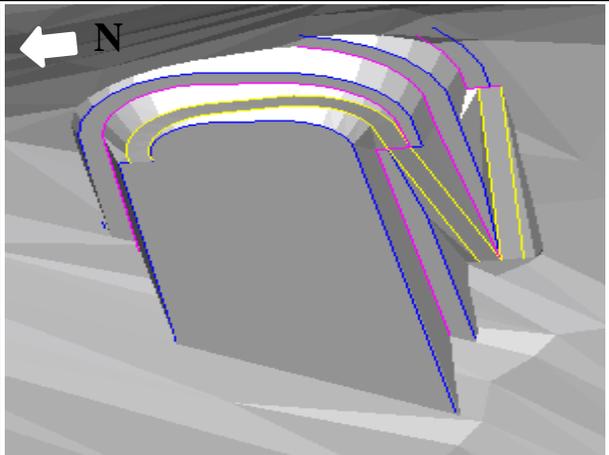
Plantilla: (Mendez, 2017) **Fuente:** Elaboración propia

Tabla 22: Descripción de la Fase 2

Nivel de explotación 2					Modelo digital
Cota	45	Volumen (m ³)	Total (m ³)	Tiempo (días)	
Mineral	Dolomita blanca blanca	0	57.501	230	
	Dolomita blanca gris	28.317			
	Dolomita blanca hueso	29.184			
Esteril	Esquisto Anfibolítico	12.716	29.981	77	
	Esquisto calcereo micaceo	3.286			
	Esquisto gris oscuro	1.686			
	Esquisto negro	630			
	Arcilla	11.663			
Volumen total de remoción de material 87.482 m ³					
Relación de sobrecarga 2:1					
Tiempo total del nivel: 1 año, 1 meses y 21 días					
Actividades					
<p>1) Conformación de pisos horizontales con el equipo auxiliar (Tractor) para realizar arranque indirecto manteniendo ancho mínimo operativo</p> <p>2) Inicio de las labores mineras (Retroexcavadora)</p> <p>3) sistema de transporte discontinuo (Cargador frontal y camión)</p>					
Equipos					
<p>-Tractor CAT D9</p> <p>-Retroexcavadora CAT 330 C</p> <p>-Cargador frontal CAT 980 F</p> <p>-Camión CAT 730</p> <p>-Camión Volvo A30D</p>					

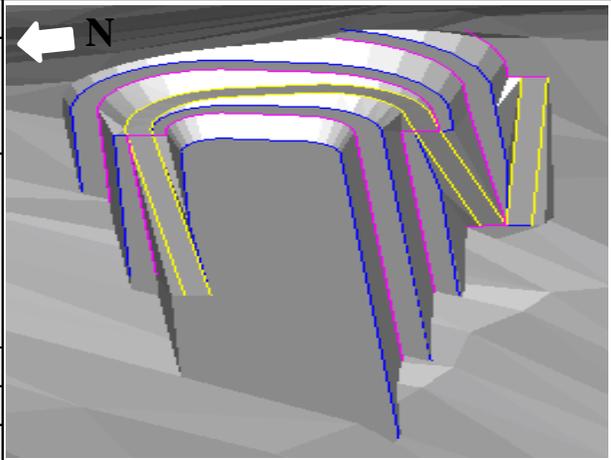
Plantilla: (Mendez, 2017) **Fuente:** Elaboración propia

Tabla 23: Descripción de la Fase 3

Nivel de explotación 3					Modelo digital
Cota	35	Volumen (m ³)	Total (m ³)	Tiempo (días)	
Mineral	Dolomita blanca blanca	0	57.750	231	
	Dolomita blanca gris	44.485			
	Dolomita blanca hueso	13.265			
Esteril	Esquisto Anfibolítico	16.916	38.851	100	
	Esquisto calcereo micaceo	4.155			
	Esquisto gris oscuro	3.804			
	Esquisto negro	0			
	Arcilla	13.976			
Volumen total de remocion de material 96.601 m ³					
Relaciòn de sobrecarga 2:1					
Tiempo total del nivel: 1 año, 3 meses y 1 dia					
Actividades					
<p>1) Conformación de pisos horizontales con el equipo auxiliar (Tractor) para realizar arranque indirecto manteniendo ancho mínimo operativo</p> <p>2) Inicio de las labores mineras (Retroexcavadora)</p> <p>3) sistema de transporte discontinuo (Cargador frontal y camión)</p>					
Equipos					
<p>-Tractor CAT D9</p> <p>-Retroexcavadora CAT 330 C</p> <p>-Cargador frontal CAT 980 F</p> <p>-Camión CAT 730</p> <p>-Camión Volvo A30D</p>					

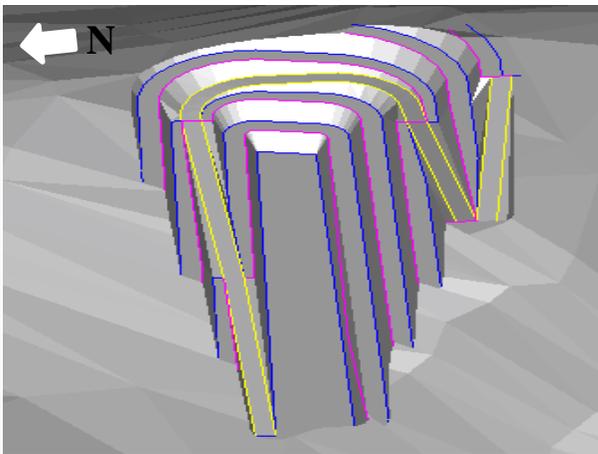
Plantilla: (Mendez, 2017) **Fuente:** Elaboración propia

Tabla 24: Descripción de la Fase 4

Nivel de explotación 4					Modelo digital
Cota	25	Volumen (m³)	Total (m³)	Tiempo (días)	
Mineral	Dolomita blanca blanca	0	52.502	210	
	Dolomita blanca gris	45.883			
	Dolomita blanca hueso	6.619			
Esteril	Esquisto Anfibolítico	19.852	28.823	74	
	Esquisto calcereo micaceo	177			
	Esquisto gris oscuro	1.238			
	Esquisto negro	0			
	Arcilla	7.556			
Volumen total de remocion de material			81.325 m³		
Relación de sobrecarga 2:1					
Tiempo total del nivel: 1 año y 20 días					
Actividades					
<p>1) Conformación de pisos horizontales con el equipo auxiliar (Tractor) para realizar arranque indirecto manteniendo ancho mínimo operativo</p> <p>2) Inicio de las labores mineras (Retroexcavadora)</p> <p>3) sistema de transporte discontinuo (Cargador frontal y camión)</p>					
Equipos					
<p>-Tractor CAT D9</p> <p>-Retroexcavadora CAT 330 C</p> <p>-Cargador frontal CAT 980 F</p> <p>-Camión CAT 730</p> <p>-Camión Volvo A30D</p>					

Plantilla: (Mendez, 2017) **Fuente:** Elaboración propia

Tabla 25: Descripción de la Fase 5

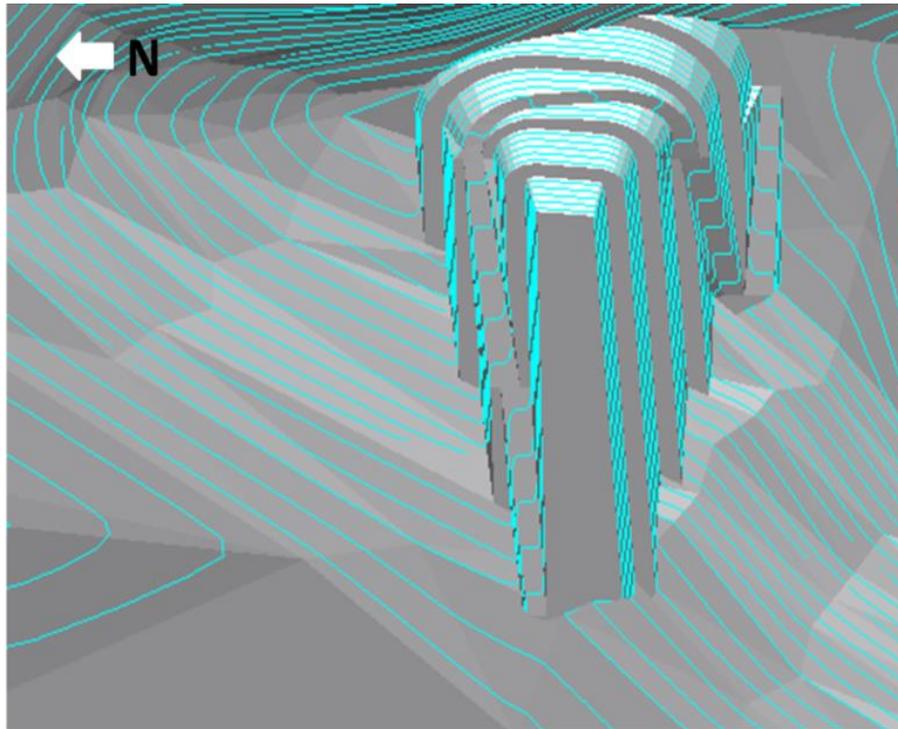
Nivel de explotación 5					Modelo digital
Cota	15	Volumen (m³)	Total (m³)	Tiempo (días)	
Mineral	Dolomita blanca blanca	0	29.559	118	
	Dolomita blanca gris	25.073			
	Dolomita blanca hueso	4.486			
Esteril	Esquisto Anfibolítico	17.653	23.718	61	
	Esquisto calcereo micaceo	0			
	Esquisto gris oscuro	0			
	Esquisto negro	0			
	Arcilla	6.065			
Volumen total de remoción de material 53.277 m³					
Relación de sobrecarga 1:1					
Tiempo total del nivel: 8 meses y 3 días					
Actividades 1) Conformación de pisos horizontales con el equipo auxiliar (Tractor) para realizar arranque indirecto manteniendo ancho mínimo operativo 2) Inicio de las labores mineras (Retroexcavadora) 3) sistema de transporte discontinuo (Cargador frontal y camión)					Equipos -Tractor CAT D9 -Retroexcavadora CAT 330 C -Cargador frontal CAT 980 F -Camión CAT 730 -Camión Volvo A30D

Plantilla: (Mendez, 2017) **Fuente:** Elaboración propia

La duración de la ejecución del Frente 3 es de 4 años y 7 meses y 1 día, dentro del cual se contempla el tiempo de remoción de estéril.

- Modelo 3D

De acuerdo al diseño de explotación propuesto en la Figura 32, se ilustra el modelo tridimensional de la planificación a largo plazo de la explotación del Frente 3.



Leyenda

 Curvas de nivel

Figura 33: Modelo 3D del Frente 3

Fuente: Elaboración propia

V.2.5. Patrón de perforación y voladura

Con la finalidad de efectuar el arranque indirecto en el Frente 3, se procedió a definir un patrón de perforación y voladura en función de la producción anual requerida de 66.087 m³. Para ello, se emplearon parámetros básicos como la densidad del mármol (2,6 g/cm³), altura de banco de 10 m y diámetro de perforación de 3 ½", siendo está la empleada por la Empresa contratada para realizar la operación. En la Tabla 26, se detallan los demás criterios a considerar en el diseño de perforación.

Tabla 26: Parámetros geométricos de perforación

Descripción	
Altura de banco (m)	10
Diámetro del barreno (")	3½
Retiro (m)	3
Espaciamiento (m)	3,5
Sobreperforación (m)	1
Longitud del barreno (m)	11

Fuente: Elaboración propia

La disposición de los barrenos se realizará mediante una malla de perforación en tres bolillos como se ilustra en la Figura 33.

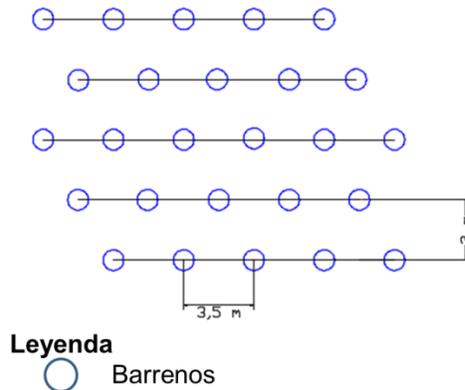


Figura 34: Malla de perforación

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para realizar la fragmentación de la roca es necesario establecer los explosivos a emplear para efectuar dicha operación. En la Tabla 27, se especifican los mismos.

Tabla 27: Descripción de los explosivos

Explosivos	Densidad (g/cm ³)	Presentación	Peso (Kg)	Cantidad
ANFO	0,83	Saco	20	1
Emulsión <i>senatel</i> (65x400) mm	1,16	Caja	25	17
<i>Booster</i> de pentolita	1,6	Pieza	0,45	1

Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos los parámetros de perforación y los explosivos a emplear, se calculó a través de las fórmulas de Konya (1998) la concentración de carga de explosivos por barreno, los cuales se describen en la Tabla 28 y se ilustran en la Figura 34.

Tabla 28 : Distribución de carga de explosivos

Parámetros	
Taco (m)	2,5
Longitud de perforación (m)	11
Altura de fondo (m)	0,8
Carga de fondo (Kg)	2,94
Altura de columna (m)	7,7
Carga lineal (Kg/m)	5,14
Carga de columna (Kg)	39,58
Carga total (Kg)	42,52

Fuente: Elaboración propia

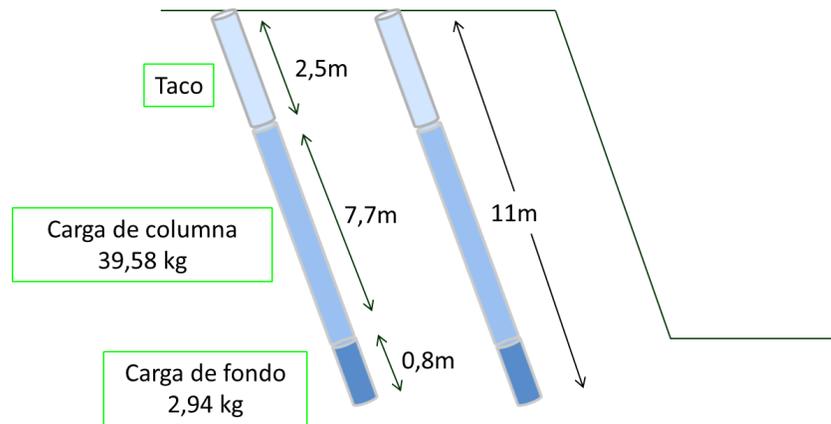


Figura 35: Distribución de carga de explosivos

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la concentración de carga calculada, se requiere por barreno la siguientes cantidad de explosivos: 1 *Booster* de pentolita, 2 emulsiones *senatel* (65x 400) mm y 2 sacos de ANFO. A partir de esta configuración de carga total de explosivos y el volumen de cada barreno, se estima para el diseño propuesto un factor de carga de 0,40 kg/m³.

El número de barrenos necesarios para alcanzar la producción anual requerida se calcula a través del volumen de la voladura y el volumen de cada barreno condicionado por el espaciamiento, retiro y altura de banco.

$$N^{\circ} \text{ de barrenos} = \frac{66.087 \text{ m}^3}{105 \text{ m}^3} = 629 \text{ barrenos}$$

Para cumplir con la producción anual se proponen realizar 4 voladuras al año (trimestralmente). En la Tabla 29, se especifica la cantidad de explosivos y accesorios para poder llevar a cabo la misma.

Tabla 29: Cantidad de explosivos y accesorios requeridos

Descripción	Trimestral	Anual
volumen de la voladura (m ³)	16.522	66.087
Nº de barreno	157	629
ANFO (Sacos)	311	1.245
Emulsión <i>senatel</i> (65x400)(Cajas)	19	74
Booster de pentolita (Pza)	157	629
Conector Exel conectadet 17 Ms (Pza)	6	25
Detonador de corriente N·8 (Pza)	4	16
Handidet 17/350 x 50ft (Pza)	157	626
Mecha de Seguridad (m)	5	20

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

A partir de los resultados y análisis obtenidos se presentan las siguientes conclusiones:

- Etapa de campo
 - ✓ Se evidenció la presencia del Afloramiento de mármol en el Frente 3, el cual tiene orientación de rumbo y buzamiento (EW60N) y características texturales similares al mármol dolomítico blanco hueso de Cantera Mar Azul C.A.
 - ✓ Se generó un modelo geológico 3D del afloramiento presente en Cantera Mar Azul C.A y el Frente 3 de Canteras Tacarigua C.A., los cuales están separados por una falla con orientación N40W y una discontinuidad geológica producto de la depositación de sedimentos.
 - ✓ La vía de acarreo hacia la entrada del Frente 3 presenta una longitud de 1,07 Km y se encuentra en total uso ya que se conecta con la vía interna principal del Frente 2.
 - ✓ Los Índices Claves de Producción indicaron que los equipos de carga y acarreo presentan buenas condiciones físicas. Sin embargo, los valores obtenidos no son lo suficientemente representativos, por lo tanto, se establece como condiciones mínimas esperadas de disponibilidad física 75% y utilización efectiva 60%.

- Etapa de oficina
 - ✓ Se estimó a través del método de los perfiles un volumen de material extraíble de 346.832,50 m³. Mientras, con el software especializado de minería se obtuvo 349.318,91 m³ de los cuales 218.717,2 m³ representan recurso mineral (mármol) y 130.601,71 m³ de material estéril.
 - ✓ Se estableció un diseño de explotación con los siguientes parámetros:
 - Altura de banco: 10 m.

- Ángulo de talud: 70°.
 - Ancho mínimo operativo: 13 m.
 - Ancho de berma: 6,5 m.
 - Ángulo de *Pit* final: 45°.
 - Ancho de vías: 6,25 m.
- ✓ Se constituyeron medidas preventivas, mitigantes y correctivas de los impactos ocasionados por la explotación del recurso mineral presente en el Frente 3.
 - ✓ A partir de la producción diaria propuesta por la Empresa se estimó una producción anual de 66.087 m³ generando mensualmente 5.507 m³ de mineral.
 - ✓ Los equipos de carga designados para el frente de explotación cumplen con la capacidad necesaria para mantener los requerimientos de producción anual. Sin embargo, el equipo escogido para realizar la operación es el cargador frontal CAT 980F haciendo más eficiente el ciclo pala/camión. Igualmente, la flota de equipos de acarreo satisface la demanda de material anual, en contraparte, individualmente están por debajo de las exigencias solicitadas.
 - ✓ La distancia de acarreo fue modificada de acuerdo al diseño de explotación propuesto, quedando una longitud de 1,182 Km.
 - ✓ La secuencia de explotación fue definida en cinco fases correspondientes a cada nivel de explotación; delimitada desde la Cota 65 hasta la Cota 15. Se estimó que el tiempo total de ejecución de la misma es de 4 años, 7 meses y 1 día donde se contempla la remoción de estéril.
 - ✓ El patrón de perforación y voladura propuesto consiste en una malla de perforación con dimensiones (3m x 3,5m) con disposición en tres bolillos, diámetro de perforación de 3 ½" y altura de banco de 10m. El factor de carga para este diseño es de 0,40 kg/m³.

RECOMENDACIONES

- Considerando que en la investigación se realizó un levantamiento geológico de superficie somero se recomienda realizar un estudio más detallado donde se realicen perforaciones y calicatas que permitan corroborar la extensión del yacimiento, determinar la caracterización del macizo rocoso y establecer los criterios de estabilidad de taludes respecto al diseño geométrico de explotación propuesto. Además, apoyarse en métodos indirectos como son los estudios geofísicos para determinar la continuidad litológica entre los frentes explotación, debido a que la misma no se encuentra visible producto de la depositación de sedimentos.
- Efectuar un estudio económico-financiero de la puesta en marcha del Frente 3 y del cambio de target de mercado (Piedra picada a Roca ornamental).
- Debido a que la propuesta del diseño de explotación está orientado al aprovechamiento racional evaluar la utilización del material estéril (esquistos) como roca ornamental tipo laja.
- Desarrollar un levantamiento de línea base ambiental donde se describan los elementos del medio ambiente que se encuentren en el área de influencia del proyecto, siendo esta una etapa importante para la generación del estudio de impacto ambiental.
- Emplear torrenteras para disminuir la energía del agua en afluentes como los drenajes naturales y evaluar las mismas con la verificación de un hidráulico.
- Se aconseja llevar a una sincronización al momento de realizar la operación acarreo debido que el diseño de vías propuesto mantiene un único carril.
- Establecer la productividad de acuerdo a la adquisición de nuevos equipos de carga y acarreo ya que los aplicados en este diseño son los que se emplean en los actuales frentes de extracción de la Empresa.
- Se plantea una modificación en el reporte de paradas en cual se cambie “Dañado” por “Reparación o Inoperativo”, ya que podría generar un levantamiento de mayor información que ayude a la gestión de los equipos con miras a incrementar su utilización.

BIBLIOGRAFÍA

- Bustillo, M., & Lopez, C. (1997). *Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras*. Madrid .
- Caterpillar. (2014). Dumper articulado 730.
- Contreras, J. L.(2009) . *Manual de perforacion y voladura*. Caracas.
- Gavidia, W. (2017) *Propuesta de plan de cierre del Frente 2 de la Cantera Carayaca, Distrito Capital*. Caracas
- Gomez, A., & Mayora, M. (2006). *Caracterización geológica de la faja dolomítica de la zona ubicada entre Gañango y Patanemo, distrito Puerto Cabello*. Caracas.
- Gomez, Y. (2017). *Planificación a largo plazo de la unión de las canteras el Samán y Agua viva ii, ubicado en San Sebastián de los Reyes, estado Aragua*. Caracas.
- Hartman, H. L. (1987). *Introductory Mining Engenieering*.
- Herbert, J. (2001). *Curso de evaluacion y planificacion minera* . Madrid .
- Herrera, J. (2006). *Métodos de Minería a cielo abierto* . Madrid .
- (I.N.E). (2011). *Informe Geoambiental Estado Carabobo* .
- ITGE. (1995). *Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto* . Madrid .
- JORC. (2012). *Codigo de Australasia para informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Menas*.
- Kihlstrom, & Langerfors. (1976). *Tecnicas modernas de voladuras de rocas*. Bilbao: Urma.
- Konya, C. (1998). *Diseño de voladuras (Primera ed)* . Mexico .
- Mendez, Y. (2017). *Planificación a largo plazo de la explotación de Frente 04, Cantera Carayaca ubicada en Tacagua, Distrito Capital*. Caracas.
- Mercado, A. (2016). *Evaluación económica de las actividades mineras del Frente 2 de Canteras Tacarigua C.A ubicada en la localidad de Gañango, Estado Carabobo*. Caracas .
- SME. (1992). *Mining Engineering Handbook* .
- Sanchez, C. (2016). *Plan de explotacion (Informe Favorable)*. Puerto Cabello.
- Volvo (2004). Dumper articulado A25D/A30D

Anexo 1

Tabla A: Eficiencia según factor de condiciones de trabajo I.T.G.E, 1995

Eficiencia	
Excelente	0,92
Buenas	0,83
Regulares	0,73
Malas	0,62

Tabla B: Tiempo de carga de excavadora según I.T.G.E, 1995

Tamaño del cazón	Excavadora (I.T.G.E, 1995)
	Excavabilidad buena
Menos de 3 m ³	0,3 min
4 m ³ a 8 m ³	0,4 min
9 m ³ a 23 m ³	0,6 min

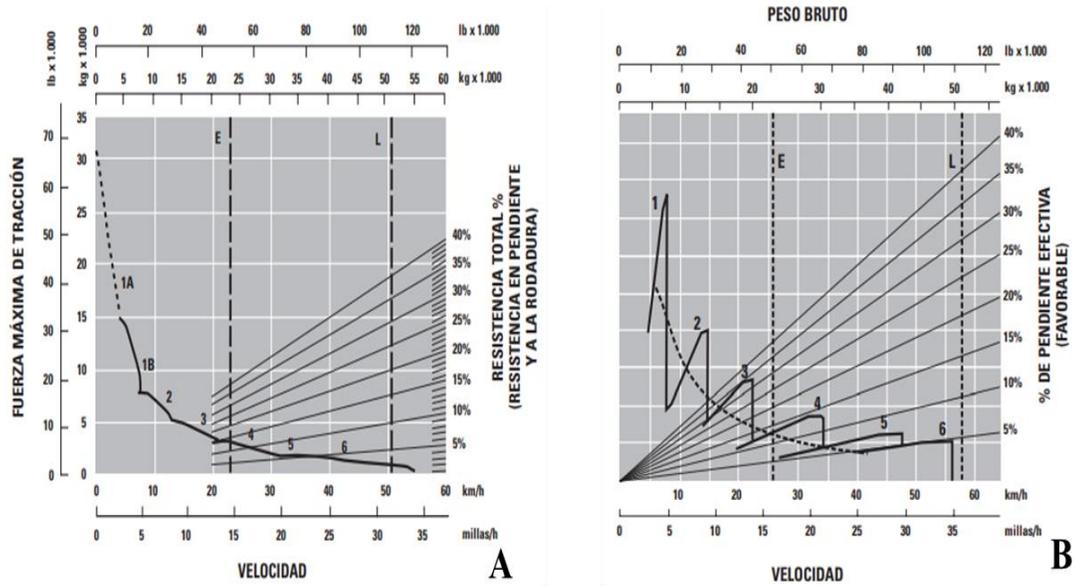
Anexo 2

Tabla C: Determinación del volumen de material aprovechable por el método de los perfiles

Métodos de los perfiles		
Perfiles	Área (m ²)	Volumen (m ³)
Perfil 1 progresiva 0+010	197,00	985,00
Perfil 2 progresiva 0+020	306,41	2.517,05
Perfil 3 progresiva 0+030	345,04	3.257,25
Perfil 4 progresiva 0+040	398,69	3.718,65
Perfil 5 progresiva 0+050	523,92	4.613,05
Perfil 6 progresiva 0+060	713,70	6.188,10
Perfil 7 progresiva 0+070	736,99	7.253,45
Perfil 8 progresiva 0+080	931,57	8.342,80
Perfil 9 progresiva 0+090	1.340,77	11.361,70
Perfil 10 progresiva 0+100	1.647,55	14.941,60
Perfil 11 progresiva 0+110	1.825,17	17.363,60
Perfil 12 progresiva 0+120	1.809,65	18.174,10
Perfil 13 progresiva 0+130	1.899,77	18.547,10
Perfil 14 progresiva 0+140	2.106,00	20.028,85
Perfil 15 progresiva 0+150	2.136,35	21.211,75
Perfil 16 progresiva 0+160	2.168,61	21.524,80
Perfil 17 progresiva 0+170	2.224,80	21.967,05
Perfil 18 progresiva 0+180	2.286,96	22.558,80
Perfil 19 progresiva 0+190	2.220,23	22.535,95
Perfil 20 progresiva 0+200	2.165,18	21.927,05
Perfil 21 progresiva 0+210	2.229,41	21.972,95
Perfil 22 progresiva 0+220	1.960,97	20.951,90
Perfil 23 progresiva 0+230	1.481,62	17.212,95
Perfil 24 progresiva 0+240	921,62	12.016,20
Perfil 25 progresiva 0+250	210,54	5.660,80
TOTAL	34.788,52	346.832,50

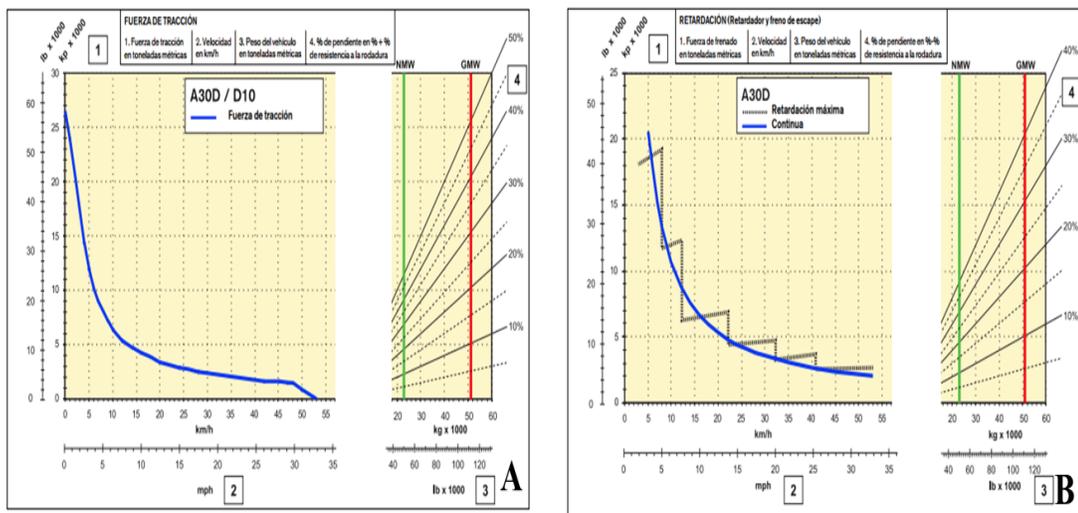
Anexo 3

Curvas características del Camión CAT 730: Figura A: Grafico de rendimiento en pendiente. Figura B: Gráfico de rendimiento de los frenos.



(CATERPILLAR, 2014)

Curvas características del Camión VOLVO A30D: Figura A: Grafico de rendimiento en pendiente. Figura B: Gráfico de rendimiento de los frenos.



(VOLVO, 2004)

