

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA  
DEPARTAMENTO DE MINAS  
MINERÍA DE CAMPO

**EVALUACION DE LOS EQUIPOS Y PROCESOS DESARROLLADOS PARA LA  
PRODUCCIÓN DE ROCA CALIZA EN LA CANTERA SAN BERNARDO,  
ESTADO MIRANDA.**

**Br. Monges Zavala Carlos Enrique**  
MINERÍA DE CAMPO (3230)

Caracas, 2019

## **MINERÍA DE CAMPO**

### **EVALUACION DE LOS EQUIPOS Y PROCESOS DESARROLLADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ROCA CALIZA EN LA CANTERA SAN BERNARDO, ESTADO MIRANDA.**

TUTOR ACADÉMICO:

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Juan Carlos Matos

Caracas, 2019

**Monges Zavala Carlos E.**

# **EVALUACION DE LOS EQUIPOS Y PROCESOS DESARROLLADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ROCA CALIZA EN LA CANTERA SAN BERNARDO, ESTADO MIRANDA.**

## **RESUMEN**

El presente trabajo se efectuó entre el 30 de agosto de 2018 y 31 de octubre de 2018 en la cantera San Bernardo ubicada a 4 km al nor-este de la población de Ocumare en la hacienda San Bernardo, Municipio Tomás Lander, estado Miranda. El objetivo es realizar un diagnóstico de los equipos utilizados y los procesos llevados a cabo en la cantera con la finalidad de optimizarlos y aumentar los niveles de producción. En búsqueda de determinar las causas que afectan a la producción de la empresa, se realizó la observación directa, de los equipos utilizados y los procesos desarrollados, su descripción y determinación de las fallas que afectan la producción con el fin de aportar recomendaciones que permitan la optimización de la cantera. Realizado el trabajo se reconoce que, el principal inconveniente encontrado en la cantera, es la falta de muchos equipos necesarios para la producción y el mal estado en el que se encuentran los que existen, la falta de una planificación progresiva para el desarrollo de los frentes de explotación, una vialidad no planificada y deteriorada y la no existencia de un desarrollo óptimo para la canalización, depósito y recolección de aguas de escorrentía. En base a ello, se considera que es necesaria la aplicación de un plan de corrección y prevención para los factores que afectan de diferentes formas la productividad de la empresa, la reposición y adquisición de equipos y tener a la mano un buen stop de repuestos que permitan que no hayan paradas innecesarias y extensas de los equipos.

*Palabras Clave: Producción, Caliza, Planificación, Método de Explotación*

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG.</b>
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABLAS.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
<b>CAPÍTULO I GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b>	<b>9</b>
1.1. Reseña Histórica.....	9
1.2. Visión .....	11
1.3. Misión.....	11
1.4. Estructura administrativa.....	12
1.5. Ubicación y acceso.....	12
1.6. Linderos y tenencia de tierras.....	15
1.7. Superficie, área de trabajo y relieve.....	17
1.8. Programa de Perforación.....	17
1.9. Reservas.....	23
1.10. Operaciones mineras en cantera.....	26
<b>CAPITULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>28</b>
2.1. Formulación del problema.....	28
2.2. Objetivos de la investigación.....	29
2.3. Justificación .....	29
2.4. Alcance .....	30
2.5. Limitaciones .....	30
<b>CAPITULO III MARCO TEÓRICO</b>	<b>31</b>
3.1. Marco geológico.....	31
3.1.1. Geología regional.....	31
3.1.2. Geología local .....	33
3.2. Características Geográficas.....	34

3.2.1. Clima.....	34
3.2.2. Aguas.....	34
3.2.3. Suelos.....	35
3.2.4. Vegetación.....	36
3.2.5. Fauna.....	36
3.3. Conceptos Básicos.....	36
3.3.1. Caliza.....	36
3.3.2 Métodos de explotación a cielo abierto.....	38
3.3.1.1. Método de cantera.....	39
3.3.1.2. Método de Fosa abierta (open Pit).....	39
3.4. Etapas de extracción del mineral.....	40
3.4.1. Perforación.....	41
3.4.2. Arranque.....	42
3.4.3. Carga.....	43
3.4.4. Acarreo .....	46
3.5. Beneficio mineral.....	48
3.5.1. Reducción de Tamaño.....	49
3.5.2. Trituración Primaria.....	50
3.5.3. Trituración Secundaria.....	50
3.5.4. Cribado .....	50
CAPITULO IV MARCO METODOLÓGICO	51
4.1. Nivel de la Investigación.....	51
4.2. Diseño de la Investigación .....	51
4.3. Sujeto de Estudio.....	51
4.4. Procedimiento Experimental.....	52
CAPITULO V ANALISIS Y RESULTADOS	53
5.1. Cálculo de equipos necesarios de acuerdo a la meta planteada en	

el plan de producción.....	53
5.2. Resultados obtenidos en el terreno respecto a los equipos.....	61
5.3. Resultados obtenidos en el terreno respecto a las operaciones Unitarias.....	62
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES .....	67
BIBLIOGRAFÍA .....	68

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURAS</b>	<b>PAG.</b>
Figura 1. Organigrama de la Empresa.....	10
Figura 2. Ubicación nacional y regional del área de estudio .....	14
Figura 3. Ubicación local del área de estudio .....	14
Figura4. Vista Aérea del área de estudio .....	15
Figura 5. Ubicación y linderos de Cantera San Bernardo .....	16
Figura 6. Ubicación relativa en plano topográfico de las perforaciones realizadas en el año 1998 .....	19
Figura 7. Ubicación relativa en plano topográfico de las perforaciones realizadas en el año 2007 .....	19
Figura 8. Sección Transversal del yacimiento .....	20
Figura 9. Sección Transversal del yacimiento .....	20
Figura 10. Sección Transversal del yacimiento .....	21
Figura 11. Mapa tridimensional topográfico con la ubicación de las perforaciones realizadas en el año 1998 y 2007.....	21
Figura 12. Modelo Geológico de Cantera San Bernardo .....	22
Figura 13. Modelo Geológico de Cantera San Bernardo .....	24
Figura 14. Formación Paracotos .....	33

Figura 15. Ubicación geográfica Formación Paracotos.....	33
Figura 16. Diseño de manejo de aguas de libre escorrentía .....	35
Figura 17. Perforadora Hidráulica XCMG KTS11S .....	42
Figura 18. Retroexcavadora KOMATSU PC-600 .....	44
Figura 19. Camión Articulado BELL B25E .....	47
Figura 20. Proceso Experimental realizado en el sitio de estudio .....	52
Figura 21. Diagrama de un banco de voladura .....	55
Figura 22. Especificaciones técnicas Retroexcavadora Komatsu Pc-600...	57
Figura 23. Especificaciones técnicas camión articulado BELL 25E .....	57
Figura 24. Distancia y pendientes entre tramos de la cantera .....	58
Figura 25. Flujograma de Trituración Línea 1.....	59
Figura 25. Flujograma de Trituración Línea 2.....	60

#### **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Coordenadas de la cantera San Bernardo .....	16
Tabla 2. Sondeos Exploratorios de la cantera San Bernardo .....	18
Tabla 3. Reservas Geológicas .....	22
Tabla 4. Reservas Actuales Cantera San Bernardo .....	25
Tabla 5. Reservas Actuales Cantera San Bernardo .....	25
Tabla 6. Parámetro de Voladura .....	55
Tabla 7. Producción Horaria Excavadoras .....	56
Tabla 8. Distancia y Pendiente entre tramos .....	58
Tabla 9. Disponibilidad de Equipos en la cantera San Bernardo .....	61

## INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene la finalidad de cumplir con uno de los requisitos del plan de estudio de Ingeniería de minas, Minería de Campo, a través del desarrollo de una actividad que permita al estudiante ampliar sus conocimientos y aplicar los ya adquiridos en el entorno de una empresa minera.

Esta actividad se realiza en la cantera San Bernardo, propiedad de la Fábrica nacional de Cementos (FNC), localizada a 4 Km de la población de Ocumare en la hacienda San Bernardo, Municipio Tomás Lander, estado Miranda, donde se extrae piedra caliza como materia prima para la fabricación de cemento.

En este trabajo se dan a conocer los resultados obtenidos del estado de los equipos utilizados en la cantera San Bernardo, además de la efectividad de los procesos llevados a cabo en la cantera, gracias a la observación directa en campo.

Cuando se quiere realizar labores mineras para la extracción y aprovechamiento de un determinado mineral o roca, se realiza un conjunto de actividades para la recolección de información que permita la planificación y ejecución de las labores, dicha información conduce a una correcta elaboración de un plan de trabajo. Tener un conocimiento cualitativo y cuantitativo que nos dé a conocer las actividades realizadas dentro de una empresa beneficia directamente a su productividad, gracias a que se organizan mejor los trabajos desarrollados y se le pueden resolver de mejor manera las situaciones que puedan presentarse a lo largo del desarrollo de las actividades.

Por esta razón es de vital importancia que las empresas hagan diagnósticos periódicos de sus actividades, gracias a esto se tiene como propósito para este trabajo la realización de un diagnóstico de las operaciones desarrolladas en la cantera y de los equipos utilizados en la misma por medio de la observación directa y descripción de los diversos fenómenos que ocurrieron en un lapso de ocho semanas.

## CAPITULO I

### 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En este capítulo se describen los aspectos referentes a la empresa, su ubicación y su accesibilidad. Además, una breve reseña histórica de la empresa, su visión y misión, y la estructura organizativa.

#### 1.1. Reseña Histórica

- Cementos La Vega fue la primera empresa constituida en Venezuela para la producción de cementos. Su origen se remonta al 23 de noviembre de 1907, y debe su nombre a la zona donde estaba ubicada: La Vega, al Sur-Oeste de la ciudad de Caracas.
- Los primeros años de operación para cementos La Vega fueron difíciles, debido a la férrea competencia con el cemento importado, por la poca información que tenía la población sobre la utilidad del producto y los beneficios económicos y sociales que esta industria traería al país.
- Con la colaboración del Estado, quien depositó la confianza en el desarrollo de la industria, mediante la adquisición del cemento para ser usado en las obras civiles que ejecutaba el Gobierno, se reconoció la iniciativa privada, consolidando el desarrollo de la industria cementera.
- A partir de 1910, durante la presidencia del General Juan Vicente Gómez, se inicia un periodo de crecimiento en el área de la construcción. Las necesidades del mercado cementero son cubiertas casi en su totalidad por Cementos la Vega.

- En 1916 Don Carlos Delfino adquirió el 50% de las acciones del Ingeniero Alberto Smith, quedando como titular y único dueño del 100% de las acciones que constituían el capital social de la empresa.
- La década de los años 30 marco el comienzo de una serie de transformaciones en el país y en la empresa, orientadas a mejorar la calidad de vida del venezolano y aumentar su capacidad productiva. El crecimiento sostenido de la demanda de cemento, sumando a la posibilidad de agotamiento de las fuentes de materias primas cercanas a la planta productiva, determino que se tomara la decisión de adquirir una nueva cantera de piedra Caliza en Ocumare del Tuy, denominada “Cantera El Peñón”.
- La empresa establece como ubicación de una nueva Planta los Valles del Tuy, específicamente en Ocumare, y es en 1970 cuando inaugura la Planta, constituyéndose como “C.A. FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS S.A.C.A”, contando con los equipos y tecnología más sofisticada en la industria del cemento, para ese entonces.
- La empresa obtiene en el año 1982, la Marca Norven N° 102 para su producto Cemento Portland Gris Tipo I, certificado de calidad oficial que avala el cumplimiento del producto con la Norma Venezolana Covenin correspondiente (N°28 Cemento Portland – especificaciones).
- Desde agosto de 1994, el grupo francés Lafarge, líder mundial en materiales de construcción, posee el control accionario de

“C.A. FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS S.A.C.A”. Lafarge tiene presencia en Venezuela desde hace más de veinte años, contando con oficinas administrativas en Caracas y con dos Plantas productoras de Cemento (Fábrica Nacional de Cementos y Cementos Táchira).

- En el año 2008 el Gobierno de Venezuela nacionaliza la industria Cementeras del país específicamente el grupo Lafarge pasa a llamarse nuevamente Fábrica Nacional de Cementos.

## **1.2. Visión**

Ser reconocida como la institución del Estado que procura la mayor suma de felicidad social al pueblo venezolano, bajo el pensamiento y la acción socialista, mediante la más efectiva producción y comercialización de cemento, concreto y derivados, así como su distribución equitativa, logrando satisfacer las necesidades de mercado nacional, con la posibilidad de posicionarnos en el mercado internacional para convertirnos en una nueva fuente de ingresos para el Estado venezolano.

## **1.3. Misión**

Somos una Corporación que, en el marco de los valores y principios socialistas, contribuimos al desarrollo de las políticas de la nación, al fortalecimiento de la economía productiva y la mejora de la calidad de vida de los venezolanos y las venezolanas, mediante la producción, comercialización y venta de cemento y sus derivados, la explotación de canteras y yacimientos de materiales estratégicos destinados a la construcción. Contamos con trabajadores comprometidos e identificados en el logro de nuestro objetivo, dentro del mejor clima organizacional.

## 1.4. Estructura Organizativa

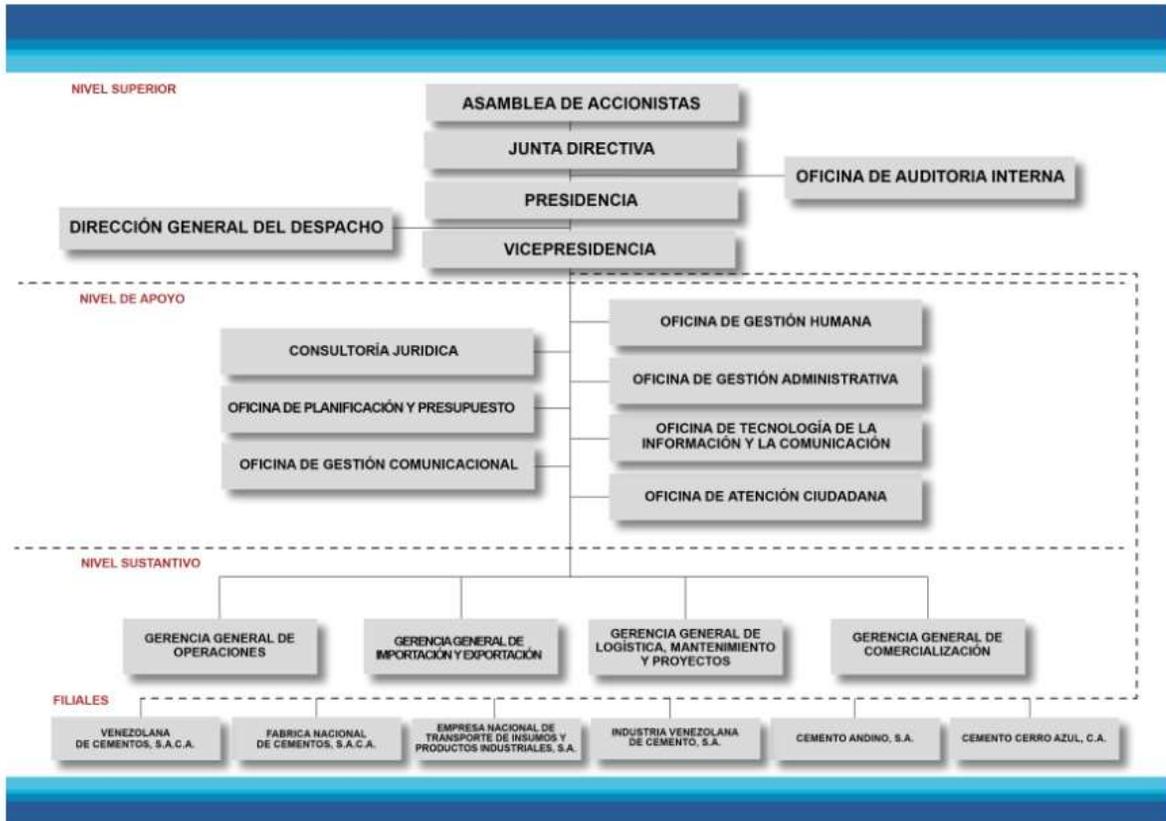


Figura 1. Organigrama de la empresa.

Fuente: FNC

## 1.5. Ubicación y acceso

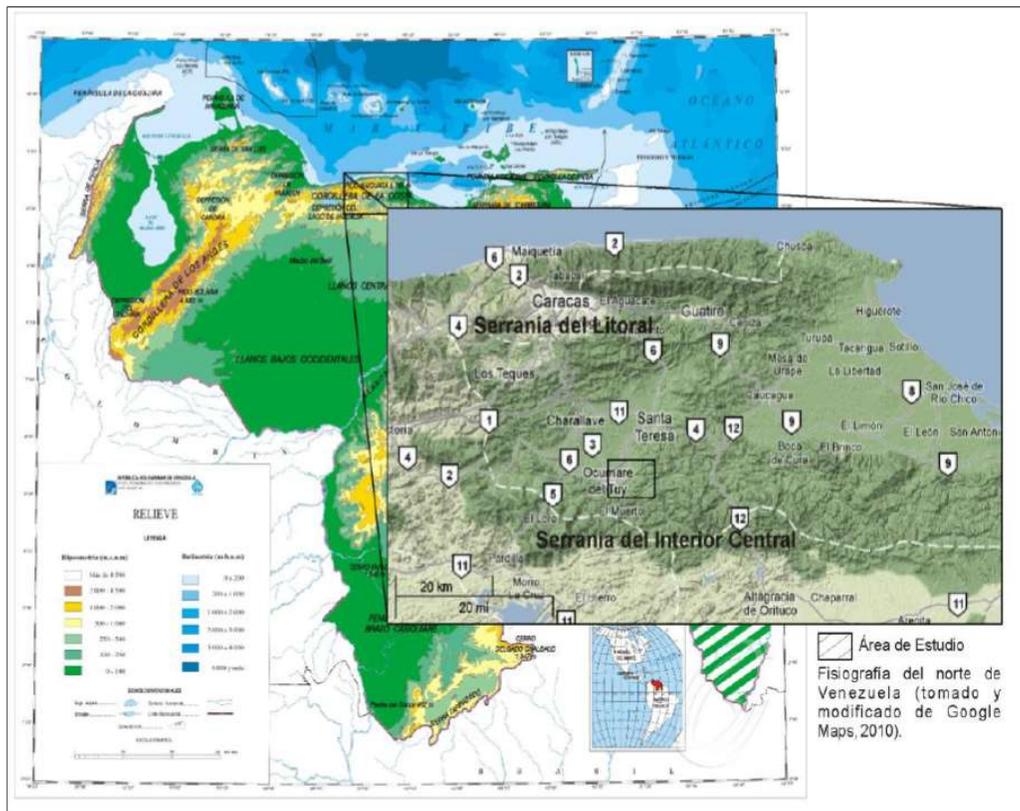
La cantera San Bernardo es una antigua explotación de caliza, la cual era utilizada en la elaboración de asfalto. El yacimiento de caliza es un bloque alóctono, el cual se representa a través de un modelo estructural con inclinación progresiva de este a oeste y de sur a norte.

Este yacimiento se encuentra ubicado aproximadamente a 4 Km. al nor-este de la población de Ocumare del Tuy (Fig. 2), en la hacienda San Bernardo, propiedad que tiene un área aproximada de 45 hectáreas. El sitio se encuentra localizado a 14 kilómetros al sur-este de la Planta Ocumare de la Fábrica Nacional de Cementos (Coord. UTM: N 1.121.000 E 747.900).

Políticamente está localizada en el Municipio Tomás Lander, del Estado Miranda.

El acceso a la cantera se logra a través de la carretera que une la hacienda San Bernardo con la población de Ocumare del Tuy, vía Asentamiento Rangel; así como también a través de la carretera nacional que va hacia Tocarón desde la misma población de Ocumare.

A continuación, se denota gráficamente la ubicación exacta de la cantera:



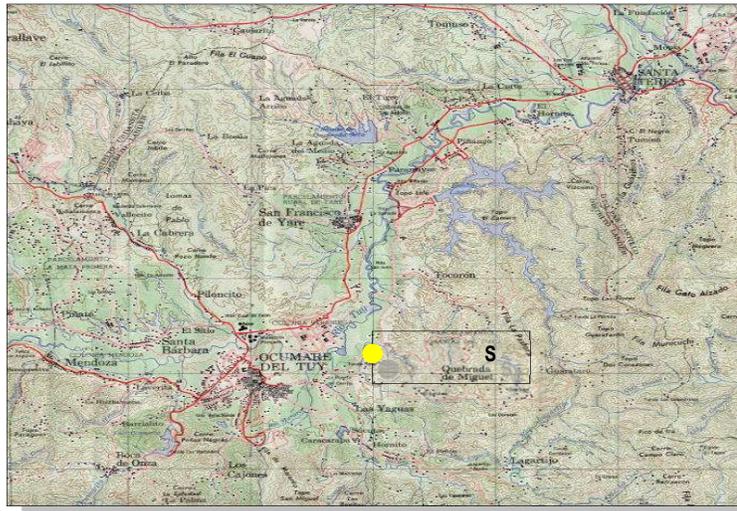


Figura 2. Ubicación nacional y regional del área de estudio (tomado del Instituto Simón Bolívar 2010).

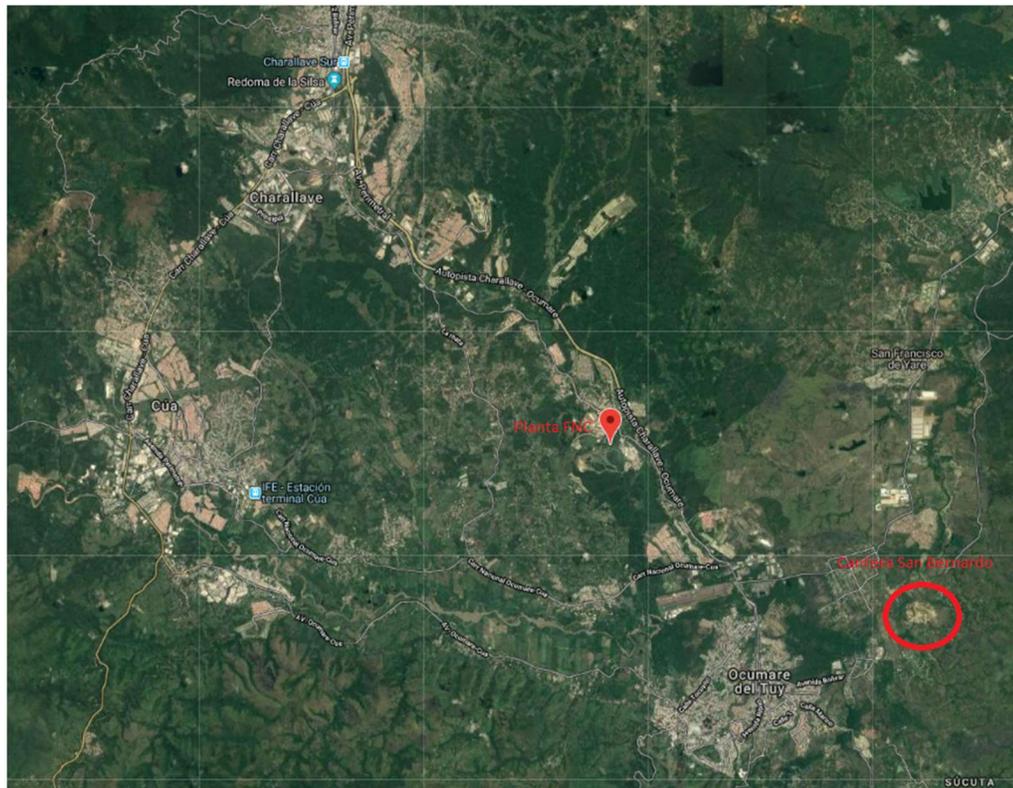


Figura 3. Ubicación local del área de estudio (Google Earth).



Figura 4. Vista Aérea del área de estudio  
(Google Earth – Coordenadas 10°07'51.5"N 66°44'35.1"W).

#### **1.6. Linderos y tenencia de la tierra:**

El lote de terreno de la hacienda San Bernardo está conformado dentro de los siguientes linderos:

Norte y Oeste: Con terrenos de la Hacienda San Bernardo; Sureste: Carretera que conduce de Ocumare del Tuy a Tocarón; y por el Sur: Linderos de San Bernardo con la Hacienda “Rangel” (Fig. 5)

La C.A. Fábrica Nacional de Cementos SACA, adquirió de la empresa Asfaltos Tocarón “el inmueble constituido por un lote de terreno y construcciones e instalaciones que sobre él se encuentran, ubicado en la Hacienda San Bernardo, constituido por una superficie de 45,4 hectáreas”; esta propiedad constituye el espacio físico donde está localizada la Cantera San Bernardo.

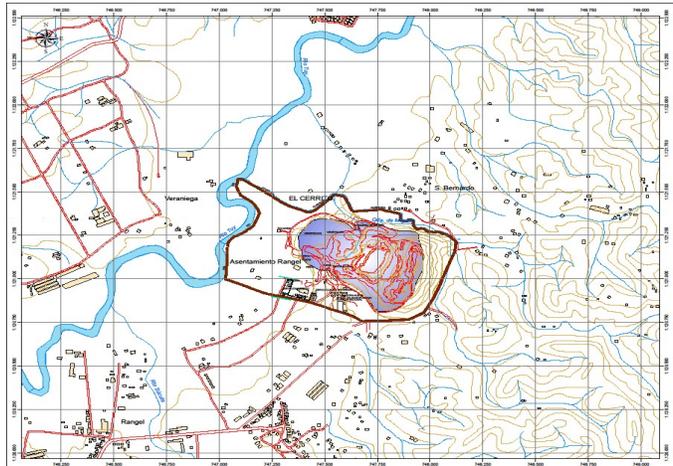


Figura 5. Ubicación y linderos de Cantera San Bernardo

Fuente: Mapa topográfico de Cantera San Bernardo, (F.N.C. 2010).

VERTICES	COORDENADAS UTM REGVEN	
	ESTE	NORTE
1	747.451,29	1.121.018,74
2	747.537,65	1.121.011,47
3	747.606,91	1.120.973,45
4	747.670,83	1.120.927,73
5	747.716,61	1.120.875,40
6	747.729,69	1.120.868,86
7	747.739,97	1.120.867,93
8	747.777,35	1.120.858,12
9	747.810,05	1.120.872,13
10	747.844,15	1.120.902,50
11	747.868,45	1.120.932,40
12	747.881,53	1.120.960,43
13	747.902,09	1.120.986,59
14	747.904,89	1.121.022,10
15	747.899,75	1.121.051,07
16	747.908,16	1.121.078,63
17	747.903,49	1.121.116,47
18	747.909,09	1.121.127,22
19	747.908,63	1.121.143,57
20	747.918,90	1.121.176,74
21	747.910,03	1.121.202,44
22	747.887,60	1.121.216,92
23	747.876,89	1.121.219,79
24	747.836,41	1.121.283,24
25	747.772,93	1.121.314,98
26	747.751,77	1.121.317,10
27	747.709,45	1.121.341,43
28	747.659,72	1.121.343,55
29	747.588,83	1.121.326,62
30	747.536,99	1.121.343,55
31	747.468,22	1.121.342,49
32	747.442,83	1.121.335,08
33	747.374,06	1.121.243,04
34	747.379,35	1.121.180,62
35	747.389,93	1.121.162,63
36	747.394,16	1.121.123,48
37	747.419,55	1.121.106,55
38	747.440,71	1.121.067,41

Tabla 1. Coordenadas de la cantera San Bernardo.

Fuente: Dpto. de Planificación de Canteras

### **1.7. Superficie, área de trabajo y relieve:**

De la superficie total de la Hacienda (45) hectáreas, el área de extracción de la cantera se reduce aproximadamente a nueve (9) hectáreas, en el extremo oriental de la propiedad, donde se desarrolla la topografía más elevada, alcanzando una altura máxima de +260 metros (s.n.m).

Desde la altura máxima en el extremo oriental (+260 m) el terreno disminuye su altura hacia el oeste; bruscamente en los primeros 150 metros, por el desarrollo del frente de explotación y luego algo más suave hasta el extremo occidental de la propiedad, hasta alcanzar la cota +160 metros (s.n.m).

#### **➤ Programa de Perforación**

Con el objeto de conocer las características litológicas, estructurales, químicas, etc., de la caliza a profundidad y tener un concepto del volumen de las reservas geológicas, en el año 1998, se ejecutó un programa de perforación, con mecha de diamante, bajo la dirección del geólogo Ernesto Alcaíno A., que abarcó el área total de la cantera.

El programa se fundamentó en una malla de 50 x 50 metros para distribuir 18 sondeos, que alcanzaron distintas profundidades y que sumaron 1.424 metros de perforación.

Varias perforaciones atravesaron la secuencia entera del yacimiento de caliza y algunas llegaron al basamento volcánico (tope de roca).

También unas pocas no cortaron material calcáreo, pero permitieron delimitar la geometría del yacimiento.

En el mapa anexo se muestran la localización de cada sondeo y en la figura 4 la litología perforada. Igualmente, en los anexos se describe la composición litológica de cada columna se muestran los resultados químicos de las muestras recolectadas y analizadas.

La interpretación geológica de los resultados de este programa de perforación permitió definir al yacimiento como un cuerpo de caliza masiva con inclinación progresiva de este a oeste y de sur a norte; donde la profundidad máxima de la caliza se ubica aproximadamente en la cota 75 m. Posteriormente, como parte del programa de

reconocimiento geológico de este depósito, y apuntando a incrementar las reservas, durante el año 2007, se ejecutó una campaña de exploración de 12 perforaciones diamantinas, totalizando 947 metros.

Con estas bases de datos y la información geológica levantada en terreno, se realizó un modelo geológico usando un software llamado QMS, determinando la geometría del rajo final y la estimación de las reservas totales extraíbles.

A continuación, se presentan todas las perforaciones realizadas; con ubicación en el espacio y profundidades:

Perforación	Norte	Este	Profundidad	Inclinación
PSB-01	1121108,48	747798,78	35,65	-90
PSB-02	1121137,95	747757,86	65,00	-90
PSB-03	1121052,80	747702,43	118,20	-90
PSB-04	1121165,17	747716,83	100,70	-90
PSB-05	1121074,24	747671,53	121,05	-90
PSB-06	1121038,36	747648,01	120,25	-90
PSB-07	1121004,27	747688,63	60,05	-90
PSB-08	1120927,25	747777,78	85,80	-90
PSB-09	1121206,80	747746,46	72,15	-90
PSB-10	1121154,51	747811,69	20,30	-90
PSB-11	1121216,10	747791,44	19,95	-90
PSB-12	1121210,92	747521,88	115,00	-90
PSB-13	1121270,84	747603,49	26,50	-90
PSB-14	1121298,22	747480,42	108,90	-90
PSB-15	1121253,69	747552,75	50,90	-90
PSB-16	1121153,07	747502,37	84,45	-90
PSB-17	1121202,12	747709,52	99,70	-90
PSB-18	1121090,50	747621,56	118,00	-90
PSB-19	1121185,00	747623,00	89,95	-90
PSB-20	1121101,00	747568,00	110,00	-90
PSB-21	1121222,68	747408,92	104,60	-90
PSB-22	1121138,70	747354,42	103,20	-90
PSB-23	1121078,69	747434,75	110,53	-90
PSB-24	1121016,64	747513,73	47,45	-90
PSB-25	1120954,17	747592,41	40,00	-90
PSB-26	1120891,87	747671,22	19,80	-90
PSB-28	1120870,00	747538,00	40,00	-90
PSB-29	1120932,19	747459,09	40,10	-90
PSB-30	1120994,58	747380,34	32,00	-90
PSB-31	1121054,45	747299,97	45,00	-90
PSB-32	1121368,00	747396,00	83,15	-90
PSB-31A	1121326,00	747308,00	81,85	-90

Tabla 2. Sondeos Exploratorios de la cantera San Bernardo.

Fuente: Dpto. de Planificación de Canteras, Campaña de exploraciones año 1998 y 2007.

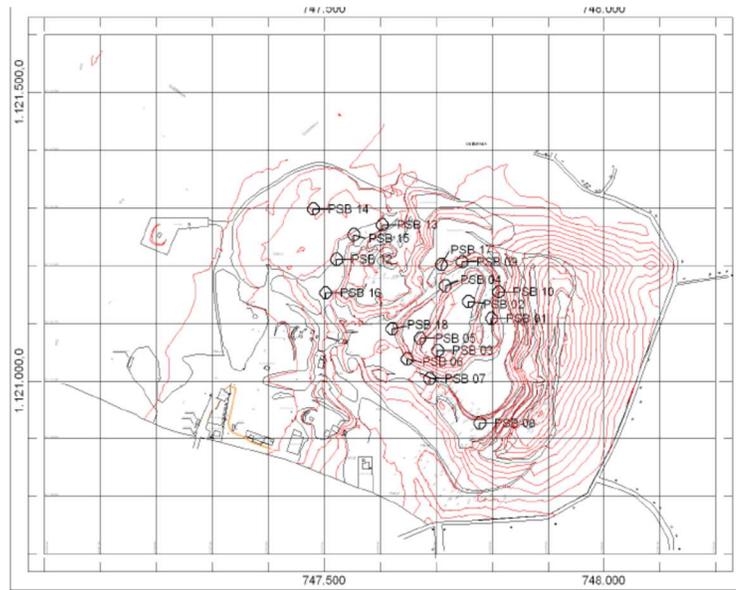


Figura 6. Ubicación relativa en plano topográfico de las perforaciones realizadas en el año 1998  
Fuente: Dpto. de Planificación de Canteras, Campaña de exploraciones año 1998.

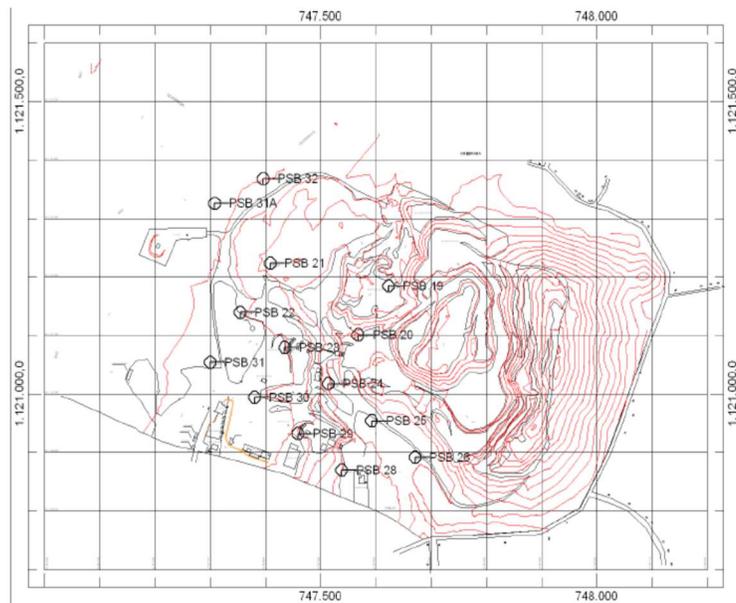


Figura 7. Ubicación relativa en plano topográfico de las perforaciones realizadas en el año 2007  
Fuente: Dpto. de Planificación de Canteras, Campaña de exploraciones año 2007.

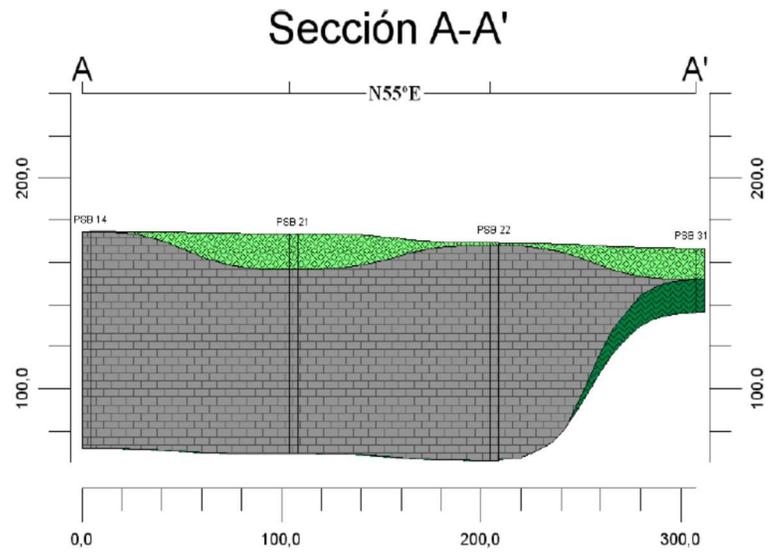


Figura 8. Sección Transversal del yacimiento

Fuente: Dpto. de Planificación de Canteras, Campaña de exploraciones año 1998 y 2007.

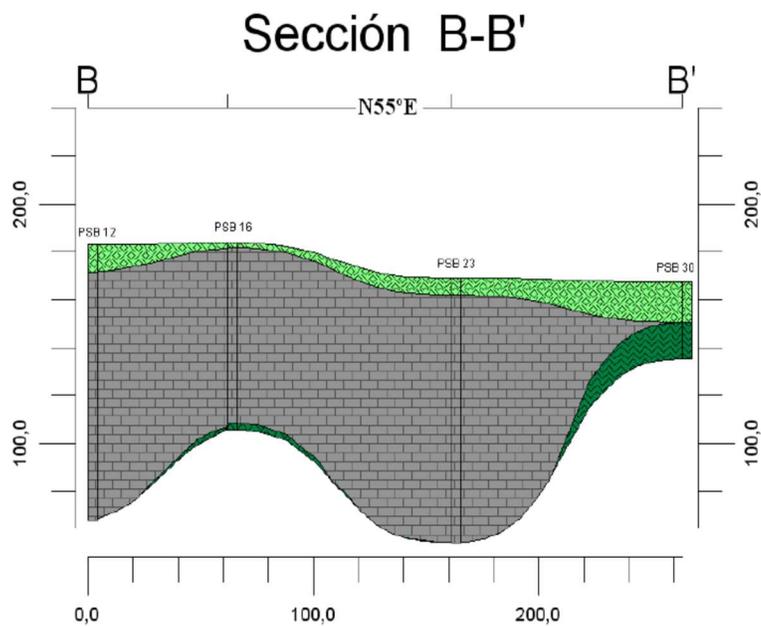


Figura 9. Sección Transversal del yacimiento

Fuente: Dpto. de Planificación de Canteras, Campaña de exploraciones año 1998 y 2007.

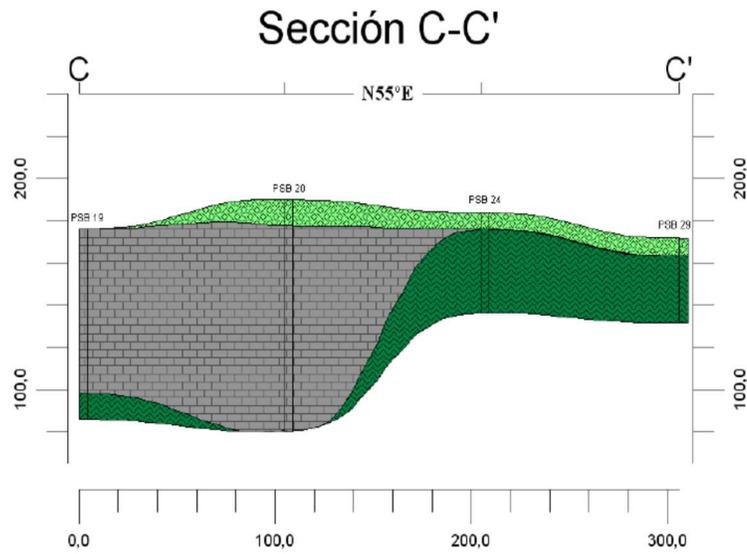


Figura 10. Sección Transversal del yacimiento

Fuente: Dpto. de Planificación de Canteras, Campaña de exploraciones año 1998 y 2007.

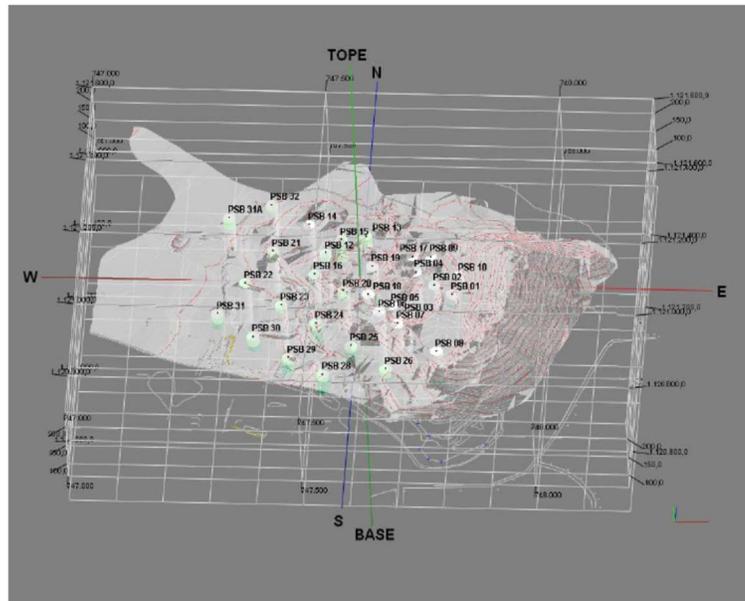


Figura 11. Mapa tridimensional topográfico con la ubicación de las perforaciones realizadas en el año 1998 y 2007.

Fuente: Dpto. de Planificación de Canteras, Campaña de exploraciones año 1998 y 2007.

### Resultados del modelo geológico:

Después de hacer la evaluación del yacimiento, discretizándolo en bloques de 25x25 metros, se obtuvieron los siguientes resultados; (Reservas Geológicas):

Reservas Geológicas	Toneladas	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	LOI	K2O	Na2O	TiO2	P2O5
Toneladas (%)	35000000	2,26	0,73	0,73	52,76	0,76	0,15	42,51	0,06	0,01	0,02	0,01

Tabla 3. Reservas Geológicas.

Fuente: Planificación de Canteras.

Estos datos corresponden a los recursos geológicos del depósito y no representan las reservas recuperables (reservas probadas), para obtenerlas fue necesario realizar el diseño del pit final.

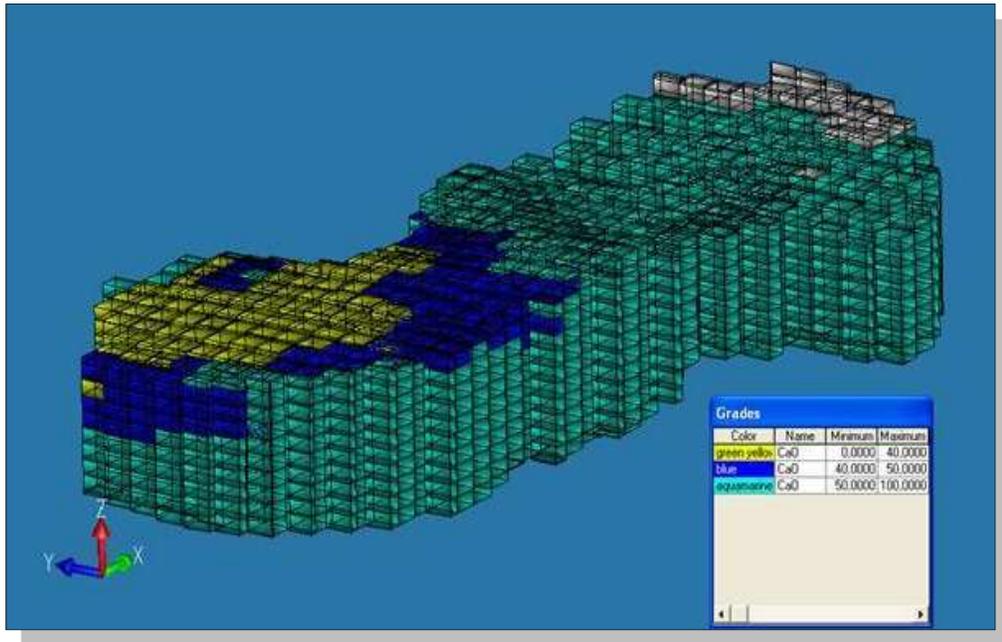


Figura 12. Modelo Geológico de Cantera San Bernardo

Fuente: F.N.C.-LAFARGE-VZLA (Blast Model QMS Design), año 2007.

### Variación litológica

El yacimiento de caliza como tal, está definido en la mayoría de las perforaciones, como una roca masiva, dura, con buena cristalización, localmente con foliación incipiente,

color gris a gris azulado, con alternancia de intervalos enriquecidos por venas y vetas de calcita o mediana a fuertemente fracturada (diacfasada) la cual permite la percolación del agua de lluvia y la incorporación del material ferruginoso.

En pocas perforaciones se reconoció, a nivel del contacto basal, una roca calcárea (caliza negra) vetada, que se intercala con metatoba igualmente negra, no calcárea.

### **Valores químicos de la caliza**

La caliza de San Bernardo, desde el punto de vista químico, es una caliza de alta calidad como materia prima para la producción de cemento. El contenido de carbonato de calcio, en la mayoría de los casos, está por encima del 95 %, y un alto volumen de las muestras analizadas arrojó valores de 98-99 % de  $\text{CaCO}_3$ , los cuales constituyen valores óptimos.

Los valores de álcalis son muy bajos: potasio, generalmente menor del 0,05 % y sodio ausente. Fósforo y azufre igualmente ausentes en todas las muestras.

Los valores señalados orientan a la definición química de una caliza masiva, grano fino a medio, pura, medianamente recristalizada.

Los análisis químicos de la campaña del 2007 fueron realizados en el laboratorio de CTS, para los siguientes elementos:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y LOI.

Para la campaña de 1998 los análisis químicos fueron realizados en el laboratorio de Ocumare, encontrándose algunos valores fuera de norma, por lo cual éstos fueron re-analizados. En este caso solo los siguientes elementos fueron analizados:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  y LOI.

### **➤ Reservas:**

#### **Reservas Geológicas.**

A partir de la información obtenida del programa de perforación ejecutado en el año 1998, cuyos sondeos atravesaron la secuencia entera del yacimiento de caliza y cortaron

parte del basamento volcánico que sustenta estos bloques de caliza, se hizo el cálculo de reservas del yacimiento en el año 2006.

A partir de las secciones X-X', L-L', M-M' y N-N' (Fig. 14) elaboradas a partir de las columnas geológicas de esas perforaciones, se procedió al cálculo de los volúmenes de caliza en el yacimiento, para ese momento.

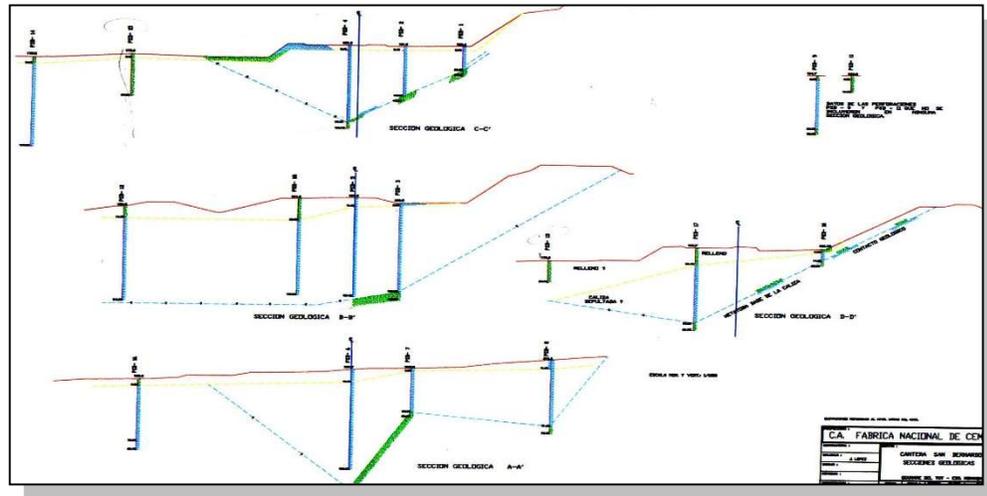


Figura 13. Modelo Geológico de Cantera San Bernardo

Fuente: Dpto. de Planificación de Canteras, Secciones geológicas de exploraciones año 1998.

En la oportunidad de la realización del estudio geológico de la cantera en el año 2006, se recomendó la conveniencia de extender la exploración geológica mediante una campaña de perforación hacia el sector Sur-Este de la cantera, con el fin de ampliar el volumen de reservas.

Durante el año 2007 se realizó una nueva campaña de perforación en el sector occidental de la cantera con el objeto de cuantificar y cualificar el potencial minero existente en el yacimiento. Esta campaña se fundamentó en 12 sondeos, con una malla de 100 x 100 metros, alcanzando diferentes profundidades, para un total de 947,45 metros. Esto permitió realizar una estimación de **35.700.000 toneladas de reservas geológicas.**

### Reservas Mineras.

La explotabilidad de las reservas geológicas señaladas anteriormente está condicionada por un conjunto de parámetros técnicos, legales y ambientales que limitan la extracción de las reservas medidas con criterios fundamentalmente geológicos.

Con el diseño de la excavación final, el cual representa los límites explotables de la cantera hasta el final de su vida útil, se establecieron las “reservas probadas” de la cantera San Bernardo, que constituyen las reservas minables.

Reservas Geológicas	Toneladas	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	LOI	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Toneladas (%)	35000000	2,26	0,73	0,73	52,76	0,76	0,15	42,51	0,06	0,01	0,02	0,01

Tabla 4. Reservas Actuales Cantera San Bernardo 2016.

Fuente: Planificación de Canteras 2016.

En la tabla siguiente se puede ver el detalle de las reservas extraíbles (actualizadas al cierre del año 2016) y sus calidades promedios, para cada banco de la excavación final.

RESERVAS EXISTENTES EN CANTERA SAN BERNARDO 2016											
Banco	2014		2015		2016		Análisis Químico promedio por bancos de explotación				
	Acumulado (ton)	Producción (ton)	Acumulado (ton)	Producción (ton)	Acumulado (ton)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	LOI
230	0	0	0		0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
220	0	0	0		0	0,98	0,25	0,20	54,62	0,42	43,36
210	62.000	0	62.000		62.000	0,60	0,26	0,29	54,48	0,45	43,32
200	160.000	83.596	76.404		76.404	0,77	0,29	0,28	54,64	0,43	43,37
190	113.000	0	113.000	62.235	50.765	1,14	0,42	0,34	54,39	0,42	43,15
180	160.000	11.800	148.200	62.235	85.965	1,74	0,62	0,44	53,64	0,47	42,86
170	347.780	229.549	118.231	62.235	55.996	2,35	0,75	0,49	53,00	0,53	42,61
160	1.100.000	0	1.100.000		1.100.000	3,31	0,88	0,52	52,12	0,67	42,08
150	2.940.000	0	2.940.000		2.940.000	4,15	1,15	0,62	51,13	0,86	41,47
140	3.040.000	0	3.040.000		3.040.000	4,44	1,40	0,71	50,64	0,90	41,23
130	2.880.000	0	2.880.000		2.880.000	3,84	1,26	0,63	51,21	0,86	41,58
120	2.650.000	0	2.650.000		2.650.000	1,88	0,62	0,36	53,20	0,75	42,72
110	2.320.000	0	2.320.000		2.320.000	1,19	0,45	0,28	53,72	0,82	43,10
100	2.100.000	0	2.100.000		2.100.000	0,95	0,41	0,26	53,85	0,89	43,23
90	1.760.000	0	1.760.000		1.760.000	0,88	0,40	0,27	53,82	0,93	43,28
80	1.280.000	0	1.280.000		1.280.000	1,04	0,44	0,30	53,63	0,96	43,16
70	580.000	0	580.000		580.000	1,22	0,52	0,32	53,25	1,10	43,02
<b>TOTAL</b>	<b>21.492.780</b>	<b>324.945</b>	<b>21.167.835</b>	<b>186.705</b>	<b>20.981.130</b>	<b>2,47</b>	<b>0,79</b>	<b>0,45</b>	<b>52,61</b>	<b>0,78</b>	<b>42,40</b>

Tabla N° 5. Reservas actuales de Cantera San Bernardo 2016

Fuente: Planificación de Canteras 2016.

## **Vida útil del yacimiento**

En atención a las nuevas reservas geológicas cuantificadas con la última campaña exploratoria, así como el diseño final de la excavación (pit final) reservas probadas actualizadas, y a una tasa de producción anual de 1.080.000 toneladas, la vida del yacimiento estaría estimada a 19,42 años (19 años).

### **1.10. Operaciones mineras en Cantera:**

- **1.10.1. Método de Explotación:**

El método de explotación a seguir será una combinación del método de canteras – terrazas descendentes (Quarry) y el método de minería a cielo abierto (Open Pit).

El método de canteras consiste en la explotación para la extracción de menas no metálicas, a través de una explotación en secuencia de bancos, que se van abriendo progresivamente antes de que el o los bancos anteriores hayan cerrado. Este método es utilizado debido a que en el área activa de extracción hay poco recubrimiento de estéril y prácticamente toda la roca es mineral útil para la elaboración de cemento.

El método “open pit” es un método convencional de minería por banqueo descendente (fosa) que consiste en la elaboración de bancos sucesivos más o menos circulares; cada uno de los cuales tiene un diámetro menor que el inmediatamente superior, construyendo una especie de tajo circular o arco de círculo.

Es utilizado, debido a su profundidad y porque esencialmente es una explotación tridimensional con un cierto número de bancos descendentes, donde no se requieren mayores tecnologías de planificación, diseño, operación, etc.

- **1.10.2. Plan de Explotación:**

El plan de explotación de la Cantera San Bernardo, fue diseñado considerando una producción anual promedio de 1.080.000 toneladas de caliza.

- **1.10.3. Alcance del Plan de Explotación:**

El plan de explotación define los volúmenes y secuencias de remoción del mineral y estéril, por nivel de 10 metros y bloques de 25 x 25 m., para cubrir un año de producción en el área de la cantera, con las dos condiciones siguientes:

- ✓ Que el ritmo de producción anual promedio de la caliza sea de 1.080.000 toneladas
- ✓ Ejecución de una secuencia de bancos descendentes, comenzando por el banco +160m y culminando en el banco +150m. Adicionalmente extracción de las reservas y reperfilamiento de taludes.

- **1.10.4. Metodología y criterios utilizados para el diseño del plan:**

Para realizar la explotación minera, es necesario tomar en cuenta todas las operaciones que ella comprende, tales como perforación, voladura, carga y acarreo de los materiales provenientes de los distintos frentes de trabajo ubicados en las áreas operativas de la Cantera San Bernardo.

Debido a la dureza de la roca caliza, no se puede realizar su explotación a través de medios mecánicos, por lo que es necesario aplicar las operaciones de perforación y voladura, las cuales facilitan su extracción. Esta operación se determina de acuerdo a la producción requerida por la cantera para cubrir los requerimientos necesarios por la planta.

## CAPITULO II

### 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se da a conocer la problemática objeto de estudio de la investigación y luego se presentan los aspectos pertinentes para dar solución a dichos problemas

#### 2.1. Formulación del problema

La cantera San Bernardo perteneciente a la FABRICA NACIONAL DE CEMENTOS tiene como principal objetivo cubrir sus objetivos de materia prima calcárea. Esta debería proporcionar la caliza a la Planta de Ocumare en las cantidades y calidades necesarias y suficientes para la producción de cemento; lo que implica suministrar una capacidad necesaria para atender su demanda para producción de clinker y adición en el cemento.

Para lograr este objetivo los equipos de, perforación, carga y acarreo juegan un papel importante, siendo estos los encargados de la realizar todas las operaciones mineras de manera de lograr los requerimientos de planta.

Entre los mayores obstáculos para aumentar la producción de la Cantera San Bernardo y así poder cumplir con los requerimientos de planta se encontró:

- limitación de los actuales equipos.
- diseño actual de los procesos de producción.
- Falta de reposición de suministros para el mantenimiento de los equipos.

Es por esta razón que necesitan conocer el estado de cada uno de los equipos de carga, acarreo y perforación; así como también, las estadísticas de producción y puntos de pendientes de las trituradoras, además de los objetivos mensuales, estadísticas generales y mantenimientos programados de la cantera. Para ello se planteó un plan de trabajo y elaboración de cuadros de control que permitió evaluar

el control de gestión de las operaciones mineras en los meses de septiembre y octubre del 2018.

## **2.2. Objetivos de la investigación**

### **2.2.1. Objetivo general**

Evaluar los equipos y procesos desarrollados en la cantera San Bernardo, para su optimización.

### **2.2.2. Objetivos específicos**

- Realizar una revisión detallada de cada uno de los equipos que componen la cantera.
- Analizar la información correspondiente al estado físico de los equipos.
- Analizar las actividades de perforación, voladura, carga, acarreo y trituración.
- Identificar las fallas presentadas en la realización de la perforación, voladura, carga, acarreo y trituración.
- Aportar recomendaciones para optimizar los procesos de la cantera.
- Desarrollar una tabla de datos que maneje los procesos desarrollados en la cantera.

## **2.3. Justificación**

La cantera San Bernardo es utilizada por la FABRICA NACIONAL DE CEMENTOS, con el fin de asegurar la vida de la Planta de Cemento ubicada en Ocumare del Tuy, debido al alto contenido de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) que presenta la materia prima extraída de dicha cantera.

Es necesario hacer una revisión de los equipos y métodos de explotación y de acuerdo al plan de producción, hacer las inversiones necesarias para la adquisición de los equipos e insumos necesarios para alcanzar la meta planteada.

De hecho, la planificación minera debe establecer las condiciones óptimas de explotación de la cantera, equipos necesarios y planes de mantenimiento adecuada al producto final que se desea obtener.

#### **2.4. Alcance**

Proporcionar a la empresa información detallada del estado físico de los equipos y los procesos desarrollados en la cantera de San Bernardo, con el fin de optimizarlos para alcanzar la meta anual fijada.

#### **2.5. Limitaciones**

Las limitaciones existentes fueron relacionadas con los equipos tanto para las operaciones unitarias como el sistema de trituración. Estos se encuentran en precarias condiciones debido a la intermitente realización de mantenimiento gracias a la falta de repuestos e insumos como aceite, cauchos, baterías, etc. Además, el mal servicio de electricidad y servicio de agua, permite que frecuentemente sean paralizadas las operaciones.

## CAPITULO III

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. MARCO GEOLÓGICO

El capítulo presente, define la geología regional, geología local también las formaciones geológicas presentes en el área de interés.

##### 3.1.1. Geología Regional

El área San Bernardo está localizada geológicamente dentro del área de afloramiento de la Formación Paracotos, constituida ésta por rocas metamórficas del Cretáceo Superior (Maestrichtiense).

El nombre de Paracotos fue introducido por Smith (1952), quien acota que la referida Formación está constituida predominantemente de filita, y la divide en tres miembros: inferior, medio y superior.

Shagam (1950) redefinió la unidad restringiendo el nombre al miembro superior de Smith. Dicho criterio fue aceptado por autores posteriores, (MacLachlan *et al.*, 1960; Oxburgh, 1965; Konigsmark, 1965; Seiders, 1965; Menéndez, 1965, 1966) quienes continúan su cartografía hasta el Estado Cojedes. Según Beck (1980, 1985, 1986) y Stephan *et al.* (1980) esta Formación constituye la cobertura sedimentaria del Complejo Ofiolítico de Loma de Hierro.

Beck (1985, 1986) describe y cartografía estas rocas, pero utiliza el nombre de Formación Cataurito. Smith (1952) no fija una localidad tipo específica, pero indica que los mejores afloramientos pueden observarse en: (1) Sur de Guayas, en el camino hacia Tiara; (2) en el río Tuy, al norte de Táchata; (3) cerca de Paracotos, y (4) sitio de El Paují, en la quebrada Soapire.

En cuanto a la litología, Shagam (1960) describe una asociación de filita, mármol, metaconglomerado, con metalimolita y metaarenisca en menor proporción.

La filita constituye el 60 % de la Formación, siendo limosa y carbonosa, de color azul grisáceo oscuro, con ocasionales peñones de rocas metavolcánicas y

metasedimentarias de hasta 20 cm., de diámetro, que González de Juana *et al.* (1980, p. 346) interpretan como una lodolita guijarrosa.

Dentro de la secuencia anterior se encuentran capas delgadas de una roca metalimolítica, maciza y color negro con cubos visibles de pirita.

Igualmente se observan capas delgadas de varios tipos de metarenisca de color gris oscuro, que clasifica como arenisca calcárea micácea y waca lítica cuarcífera.

Los cuerpos de mármol son de color verde muy claro a gris azulado, en capas lenticulares usualmente con menos de 500 m de largo, los espesores son usualmente de 5 a 10 m., pero el cuerpo mayor conocido alcanza unos 130 m de espesor.

En secciones finas, se observan pequeños foraminíferos esféricos reemplazados por calcita, en una matriz de cristalitas de calcita con algo de cuarzo y pirita, así como material carbonáceo y óxidos de hierro en cantidades subordinadas.

El metaconglomerado es de color gris verdoso con guijarros de hasta 50 cm de diámetro. Los guijarros están constituidos por fragmentos de metalava basáltica, cuarzo de veta, mármol, ftanita y granófel cuarzo–albítico.

Eiders (1965) describió cuerpos de metalava, de hasta varias decenas de metros de espesor, interestratificados con la filita, que aparecen muy transformados; siendo poco visibles los minerales ferromagnesianos primarios.

Estas rocas volcánicas se presentan tanto como lavas almohadilladas, como en flujos brechados. Van Berkel *et al.* (1989) en su estudio de la zona de Tácata – Altagracia de la Montaña, cartografían su “Unidad de rocas metasedimentarias” interpretándola como equivalente a la Formación Paracotos, y en ella describen metarenisca, metapelita y mármol, todas estas rocas con efectos metamórficos de muy bajo grado.

Esta misma secuencia había sido estudiada por Beck *et al.* (1984) denominada como “rocas volcánico sedimentarias del Río Guaire”, nombre que se considera innecesario.

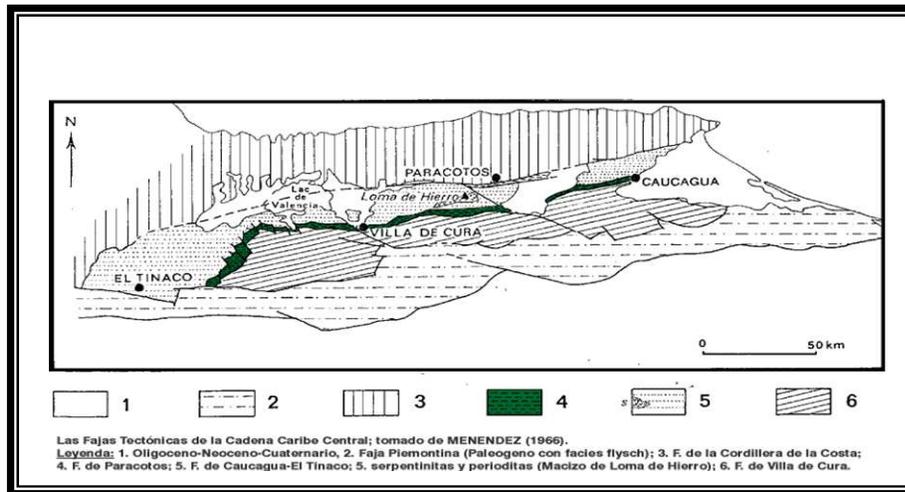


Figura 14. Formación Paracotos

Fuente: Léxico Estratigráfico de Venezuela

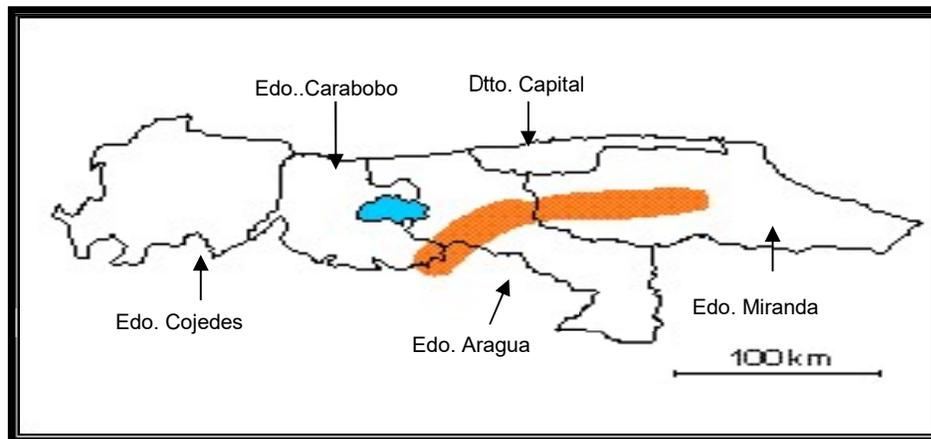


Figura 15. Ubicación geográfica Formación Paracotos

Fuente: Léxico Estratigráfico de Venezuela

### 3.1.2. Geología Local

El yacimiento de roca caliza en San Bernardo se presenta masivamente, con escasos y mal definidos, planos de estratificación.

El área de mayor exposición corresponde al frente de cantera, siendo evidente la ausencia de recubrimiento estéril en casi la totalidad del área.

Se verificó, con la información de las perforaciones un contacto inferior con filitas esquistosas de colores rojizos y amarillos en el extremo sureste del área, en un punto inmediato a la estación de topografía B-11, en cotas inferiores sobre la vía al sur del cerro.

Areniscas muy alteradas parecen infrayacer estratigráficamente a las filitas; la relación en profundidad no pudo ser aclarada con la data de superficie.

El modelo estructural sugerido representa un cuerpo calcáreo masivo con inclinación progresiva de este a oeste y de sur a norte. La caliza es masiva con pocos niveles alterados por disolución, varía en color desde tonos azulados a grisáceos, no presentando intercalaciones hacia otras litologías.

Se observa la presencia de rocas esquistosas muy alteradas (saprolitos) por encima de la caliza, hacia la zona nor-oeste, indicando la presencia de un miembro superior estéril en el área.

La potencia máxima comprobada para la caliza oscila en los 20 m., sugiriendo una relación estéril/mena muy bajo; lo cual convertiría el recurso geológico verificado en reservas geomíneras aptas a ser aprovechables con un buen desarrollo minero.

## **3.2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS**

### **3.2.1. Clima:**

En el área, los aspectos climatológicos que intervienen son principalmente los relacionados al relieve y la acción de los vientos alisios del noreste.

Se registra una temperatura media anual de 30°C para los 250 m.s.n.m. y responde al tipo de clima Awi, con una pluviosidad que sigue el régimen de las zonas de clima tropical de sabana (seco en verano y lluvioso en invierno); las lluvias máximas se producen en Junio, Julio y Agosto, siendo la media anual de 700 mm.

### **3.2.2. Aguas:**

En general, la escorrentía se genera de este hacia el oeste y finalmente el agua es recogida por una pequeña quebrada, afluente de la Quebrada de Miguel, en el extremo oriental de la propiedad, la cual drena hacia el norte, a la cuenca del río Tuy.

En el sur-este de la propiedad existe una pequeña laguna artificial de (sedimentación) que recoge las aguas de la mitad sur de la cantera.

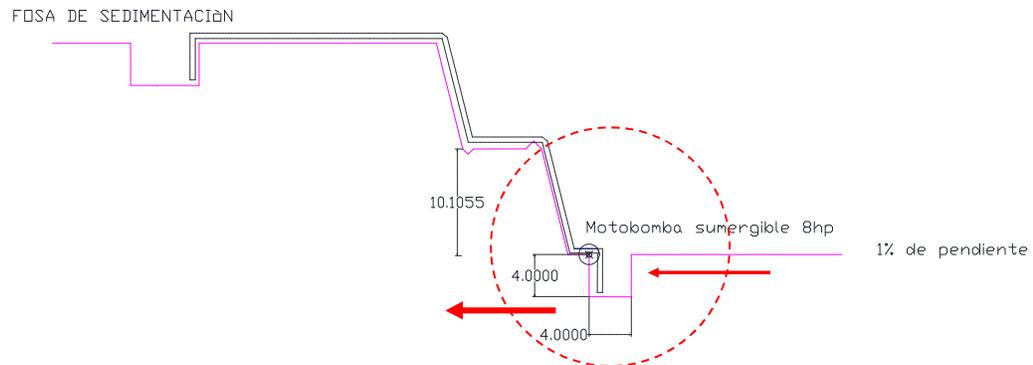


Figura 16. Diseño de manejo de aguas de libre escorrentía.

Fuente: Diseño final de excavación de Cantera San Bernardo, (F.N.C. 2010).

El buen manejo de las aguas de libre escorrentía y nivel freático, depende básicamente del diseño de los parámetros finales de la excavación, por este motivo, se adopta una pendiente del 1% del banco principal de explotación, con la finalidad de direccionar las aguas de lluvia, así como liberación de presión hidrostática del sector de excavación, hasta la parte más baja de la cantera como lo indica la figura 3., la cual mediante la construcción de un pozo colector o sumidero de 4x4m, servirá de captación de las aguas, inicialmente.

Este diseño es aplicable desde el nivel +150 al nivel +70. En la actualidad no está construido, motivado a que el desagüe de la cantera es propiciado por las pendientes naturales de la topografía drenando por gravedad.

### 3.2.3. Suelos:

En el área se ha identificado principalmente la existencia de un tipo de suelo transportado, producto de la actividad extractiva, que tiende a homogeneizar la superficie del terreno de las inmediaciones de la cantera.

#### **3.2.4. Vegetación:**

En el área central baja de la cantera predomina una vegetación de mediana altura y baja densidad, caracterizada por el predominio de cují, algunos alcornoques y escasa guayaba sabanera.

En las partes altas de la cantera, donde ha habido la intervención minera, la escasa vegetación pre-existente ha desaparecido y sólo se observan pequeñas concentraciones de cují y gramíneas de nueva generación.

#### **3.2.5. Fauna:**

La fauna de la zona se limita a la presencia de roedores, algunos reptiles y a una variada población de pájaros.

### **3.3. CONCEPTOS BÁSICOS**

#### **3.3.1. Caliza:**

La caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), generalmente calcita. También puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, entre otros, que modifican (a veces sensiblemente) el color y el grado de coherencia de la roca. El carácter prácticamente monomineral de las calizas permite reconocerlas fácilmente gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita: es menos dura que el cobre (su dureza en la escala de Mohs es de 3) reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido clorhídrico y su densidad esta entre 2.2 a 2.7 t/m<sup>3</sup>. Cerca del 75% de la superficie de la tierra está compuesta por rocas sedimentarias, de la cual 20% esta compuesta o a su vez por calizas y dolomitas (Surface Mining, 1990).

La caliza es una roca que de acuerdo a su composición química (%CaCO<sub>3</sub>) y, propiedades físicas pueden tener varios usos, como agregados para la construcción, pinturas, agricultura, procesos químicos y metalúrgicos, elaboración de cemento, entre otros. Debido a su estructura generalmente se presenta en capas, acompañada a veces por dolomitas, lo cual puede ser perjudicial para su uso como materia prima en la elaboración de cemento. Por otro parte, sus propiedades químicas determinan su uso en la industria de procesos de productos manufacturados, mientras que sus propiedades físicas determinan el uso en la industria de la construcción.

Venezuela posee importantes depósitos de calizas ubicadas a lo largo de su geografía, los cuales se asocian con las extensas cuencas que cubrieron a Venezuela desde el Cretáceo Medio hasta el Pleistoceno.

Los depósitos venezolanos de calizas sustentan importantísimas industrias tales como: construcción, fertilizantes, alimentos para animales, marmolería, cal, siderurgia, pintura, fibras sintéticas, caucho y papel, tanto en el centro como en las zonas orientales y andinas. Los depósitos de calizas del país se asocian con diferentes niveles estratigráficos, pero fue en el Cretáceo y el Mioceno cuando la depositación se hizo intensa. Esto se evidencia con los enormes depósitos comerciales asociados con el Grupo Cogollo en el occidente y la Formación El Cantil en el oriente del país.

Ambas formaciones tipifican al cretáceo y quizás poseen las reservas más importantes de Venezuela, tanto por su extensión como por su calidad.

Con relación al Mioceno, enormes depósitos de calizas de óptima calidad afloran extensamente a lo largo de Falcón septentrional y oriental, constituyendo la materia prima de varias fábricas de la construcción.

En la región Central, Distrito Federal, estado Miranda, Carabobo, desde Petare hasta Valencia, existen grandes yacimientos de calizas cristalinas, pertenecientes a las Formaciones Antímano, Las Mercedes, Las Brisas (Grupo Caracas), encontrándose en explotación en las zonas de Baruta, El Encantado, Macaracuay, La Vega, Carayaca, Cagua, Bárbula, La Victoria, Los Guayos, Valencia y Taguayguay, a fin de suministrar material a la industria de la construcción.

En el estado Aragua existen depósitos de los denominados Morros que van desde Villa de Cura hasta Ocumare del Tuy, siendo los principales: Morros de San Juan, Morros de San Sebastián.

### **3.3.2. Métodos de Explotación a Cielo Abierto:**

En función de las características del yacimiento (morfología, topografía, profundidad, dimensión, entre otros) y su relación con la superficie, Ortiz y Urbina (1989), definen los métodos mineros a cielo abierto, como el conjunto ordenado de sistemas, procesos y máquinas que en forma ordenada, repetitiva y rutinaria, extraen el mineral del yacimiento.

Entre los factores determinantes para la elección del método minero son fundamentales los costos de remoción de estéril y los costos de producción de mineral, involucrados tanto para la minería a cielo abierto como para la minería subterránea.

Los mismos están incluidos en una relación, que establece un límite para el empleo económico de uno de estos dos (2) sistemas de explotación, expresado como una proporción de cantidad estéril/mineral. Esta relación se conoce como la relación de remoción límite de explotación superficial y permite delimitar la parte del yacimiento que será explotada a cielo abierto o subterráneo.

La minería a cielo abierto se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que se deben mover. Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (I.T.G.E), entre los métodos más comunes empleados en la minería a cielo abierto están:

- Tajo Abierto (Open Cut Mining).
- Fosa Abierta (Open Pit Mining).
- Explotación en Tiras (Strip Mining).
- Canteras (Quarry Mining).
- Glory Hole.

Para el desarrollo de la cantera San Bernardo, se utiliza una combinación de los métodos de Fosa Abierta (Open Pit) y el método de Canteras (Quarry Mining).

### **3.3.2.1. Método Cantera:**

Cantera es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales y ornamentales. Se trata por lo general, de pequeñas explotaciones próximas a los centros de consumos, debido al valor relativamente pequeño que poseen los materiales extraídos, que pueden operarse mediante los métodos de banco único de gran altura o bancos múltiples (ITGE, 1992).

Este último es el más adecuado, ya que permite realizar los trabajos con mayores condiciones de seguridad y posibilita la recuperación ambiental de los terrenos afectados con mayor facilidad.

Las canteras pueden subdividirse en dos grandes grupos: el primero, donde se desea obtener un todo-uno fragmentado, apto para alimentar a la planta de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción, en forma de áridos, o para la fabricación de cemento; el segundo, dedicado a la explotación de rocas ornamentales,

que se basa en la extracción cuidadosa de grandes bloques paralelepípedicos que posteriormente se cortaran y procesaran en delgadas laminas.

La altura de los bancos va a depender del alcance de los equipos de excavación, así como de las condiciones geotécnicas de los materiales que lo conforman. La profundidad a la cual se va a llegar en el total de la excavación, va a depender de las características del yacimiento y de los costos de producción.

La explotación puede llevarse simultáneamente en varios bancos, siempre y cuando, las labores en el banco superior se lleven con avance suficiente para no interferir con las labores del banco inferior.

Entre los bancos se establecen rampas que sirvan como vías de acarreo a los camiones de producción y acceso para los vehículos de servicio. Por lo tanto, se debe procurar que las vías sean de recorridos lo más cortos posibles.

### **3.3.2.2. Método de Fosa Abierta (Open Pit):**

El método de cortas (Open Pit) es un método convencional de minería por banqueo descendente que consiste en la conformación de bancos sucesivos más o menos circulares,

cada uno de los cuales tiene un diámetro menor que el inmediatamente superior, construyendo una especie de tajo circular o arco de círculo (Surface Mining, 1990).

Es utilizado debido a su profundidad y porque esencialmente es una explotación tridimensional con un cierto número de bancos descendentes, donde se requieren mayores tecnologías de planificación, diseño, operación, entre otros.

La extracción, en cada nivel, se realiza en un banco con uno o varios frentes de avance. Debe existir un desfase entre bancos a fin de disponer de unas plataformas de trabajo mínimas para que operen los equipos a su máximo rendimiento y en condiciones de seguridad. Las vías de transporte se adaptan a los taludes finales, o en actividad, permitiendo el acceso a diferentes cotas.

Este método es usualmente utilizado para explotaciones en yacimientos que se encuentran cerca de la superficie de la tierra o en los que hay afloramientos, además de aquellos que poseen un bajo ratio entre estéril y mena. Es necesario en el uso de este método la inversión de un elevado capital, pero esto se traduce en una alta productividad, bajos costos operativos y buenas condiciones de seguridad.

Existen tres variantes de este método (ITGE, 1992): cuando se está explotando un filón, un estrato o una capa. Ellos son.

1. Método Longitudinal: Consiste en llevar la operación en bancos paralelos al rumbo de las capas, iniciando el desmonte en las cotas superiores, atacando a dichas capas en toda su longitud y progresando de techo a muro.

2. Método Transversal Normal: consiste en la apertura de una serie de bancos a distintos niveles, que conforman el talud general de trabajo con una dirección perpendicular al rumbo de las capas.

3. Método Transversal Diagonal: semejante al anterior, pero con el talud de trabajo formando un ángulo, frecuentemente de 45° con el rumbo de las capas.

### **3.4. ETAPAS DE EXTRACCIÓN DEL MINERAL**

Las minas a cielo abierto, o también minas a tajo abierto, son las explotaciones mineras que se desarrollan en la superficie del terreno, a diferencia de las subterráneas,

que se desarrollan bajo ella. El ciclo de explotación minera se puede definir como una sucesión de fases u operaciones básicas aplicadas tanto al material estéril como el mineral. Según las condiciones del proyecto que se esté llevando a cabo, existirán o no otras operaciones auxiliares o de apoyo cuya misión es hacer que se cumplan con la mayor eficiencia posible las operaciones básicas pertinentes. Las fases que engloba el ciclo minero a cielo abierto son, generalmente, las siguientes:

- Perforación.
- Tronadura.
- Carguío y transporte.
- Servicios.

#### **3.4.1. Perforación**

La perforación de las rocas dentro del campo de las voladuras es la primera operación que se realiza y tiene como finalidad abrir unos huecos, con la distribución y geometría adecuada dentro de los macizos, donde alojar a las cargas de explosivo y sus accesorios iniciadores.

A pesar de la enorme variedad de sistemas posibles de penetración de la roca, en minería y obra pública la perforación se realiza actualmente, de una forma casi general, utilizando la energía mecánica.

En el caso de la Cantera San Bernardo las perforaciones se realizan a través de dos perforadoras: Atlas Copco e Ingersoll Rand (inoperativa), estas juegan un papel importante, debido a que estas permiten determinar la potencia del yacimiento (volumen útil a explotar) y la ley del material (calidad expresada como contenido de carbonato de calcio). Esta operación se realiza antes de extraer la piedra del yacimiento haciendo una evaluación a la perforación y al material testigo extraído. Luego se analiza para disponer de un mapa que tenga toda la información de análisis químico del yacimiento para conocer en todo momento la composición del material que se va a extraer de la cantera. Con esta información se programa la explotación de los yacimientos.



Figura 17. Perforadora Hidráulica XCMG KTS11S

Fuente: Propia

### 3.4.2. Arranque

La operación de arranque se realiza de tres maneras: con herramientas, con máquinas y con explosivos. Los dos primeros métodos sólo son rentables cuando las rocas a explotar son relativamente blandas, tales como el carbón o los fosfatos. Cuando las rocas son duras es necesario acudir al arranque mediante explosivos. En el caso de las rocas ornamentales (mármol, granitos, pizarras, entre otras) empleadas en arquitectura y construcción se utilizan herramientas de corte de diamante y voladuras muy cuidadosas con muy poca cantidad de explosivo.

En minería a cielo abierto los equipos más utilizados son:

- Dragalina
- Pala excavadora
- Rotopala
- Mototrailla

- Tractores

En general, estas máquinas arrancan la roca utilizando elementos móviles cortantes: picas, rodets, cuchillas o discos.

En el caso específico de la cantera el arranque se realiza en una primera etapa mediante explosivos siguiendo un patrón de voladura, una vez volado el material se dispone de equipos tales como palas excavadoras, para cargar y arrancar el material que queda, para luego ser volcado en los camiones.

### **3.4.3. Carga**

Existen diferentes tipos de equipos de carga que se adecuan a los diversos sistemas de excavación que pueden presentarse en el proceso de minería. Dada variedad de equipos se hace necesario conocer sus características y aplicaciones, así como también las técnicas de operación.

En Cantera San Bernardo existen para este proceso excavadoras de orugas, una vez volado el material estas los descargan en los distintos camiones para ser llevado a la planta de trituración.

El rendimiento del equipo de carga se encuentra afectado por los siguientes factores:

- Clase de material a ser cargado.
- Profundidad del corte.
- Angulo de oscilación.
- Condiciones administrativas de la obra.
- Tamaño de las unidades de acarreo.
- Habilidad del operador.
- Condiciones físicas de la pala.



Figura 18. Retroexcavadora KOMATSU PC-600

Fuente: Propia

### **Fases del Ciclo de Carga:**

El ciclo de carga o excavación puede dividirse en cuatro fases: Excavación, rotación, descarga y retorno.

### **Excavación**

La fase de excavación se inicia con la penetración del balde en el frente de trabajo, y finaliza con el llenado de dicho balde; los primeros pases se realizan en la mitad superior de la cara del talud, evitando así socavar excesivamente el pie del talud. Es importante tener en cuenta que la profundidad de la penetración incidirá en el tiempo de llenado del cucharón, de manera que una penetración profunda del cucharón en el banco de trabajo evitará el remanejo de material o la carga parcial del cucharón, lo cual incrementará los

tiempos de operación. Es importante durante esta fase mantener limpio el piso de la pala, cargando cada cierto tiempo el material que se va depositando en el frente, de manera de preservar el área útil del frente y visualizar mejor la horizontalidad del avance.

Cuando el equipo de carga está próximo a un límite de excavación, la penetración del cucharón debe realizarse de manera más controlada, lo cual se conoce como reperfilamiento, por lo que inevitablemente se verán incrementados los tiempos de esta fase. Es de vital importancia para el proceso global que la operación de reperfilamiento se realice de manera adecuada, para minimizar las posibles variaciones con los volúmenes estimados en la planificación.

### **Rotación**

Consiste en el giro que debe realizar el equipo de carga para posicionar el cucharón sobre la tolva del equipo de acarreo. Las variables más importantes a controlar en esta fase son la posición y la altura del cucharón durante la trayectoria del giro. Es importante que el arco de trayectoria de la rotación sea lo más próximo a 90°, ya que a este ángulo es el que acerca la producción a un 100% de rendimiento, ángulos superiores incrementarán el tiempo y disminuirán el rendimiento y viceversa. Los tiempos de esta fase resultan primordiales, ya que significan la mayor fracción del total del ciclo de carga.

La limpieza del área de trabajo resulta un requisito fundamental para que la operación sea segura y eficiente, ya que permitirá un giro limpio, si necesidad de maniobras para evitar posibles obstáculos.

### **Descarga**

La descarga se inicia cuando el balde pasa por el primer extremo del camión, y finaliza cuando empieza el giro de retorno o regreso. Para amortiguar la carga de bloques grandes y preservar la tolva del camión, la primera carga se realiza con material suelto, generando así una cama o superficie que minimiza el impacto de las rocas contra la tolva. Otra característica importante de una carga bien realizada es la posición y la cantidad de carga en la tolva, pues una carga no uniforme o desproporcionada en el área afectará el sistema de suspensión del camión. En el caso de que el camión este sobrecargado se pondrá en riesgo tanto la suspensión como los cilindros de levante, los cuales se fatigarán.

## **Retorno**

El giro de retorno debe ser limpio y finaliza cuando se inicia la penetración del balde en la cara del talud de trabajo. Como medida de seguridad es importante tener en cuenta que el balde nunca debe pasarse sobre la cabina del camión, otros equipos o personal que se encuentre en el área, no importa que dicho balde este o no cargado.

## **Mantenimiento de Frentes**

El mantenimiento de frente de trabajo garantiza una operación segura y eficiente, por lo que es importante que durante la jornada, la pala mantenga el frente en buen estado: limpiando el pie del talud y evitando los bloques salientes en la cara del mismo. Es importante recalcar que nunca se debe utilizar el brazo o el balde para realizar un barrido del piso.

La entrada de otro equipo diferente al de carga para realizar el mantenimiento del frente involucra un gasto de tiempo que debe ser el mínimo posible, aunque en ciertas condiciones (frentes húmedos o estrechos) se hace necesaria la presencia de equipos tales como tractores o motoniveladoras. Como medida de seguridad el operador de la pala es el único que puede autorizar el acceso de otro equipo al área del frente. El mantenimiento además debe garantizar la geometría del diseño que se desea plasmar en campo, de manera de minimizar las diferencias que se generan entre los volúmenes calculados durante la etapa de planificación y los volúmenes excavados. Esto resulta importante ya que los presupuestos se realizan sobre la base de la planificación.

### **3.4.4. Acarreo**

El transporte es la operación por la que se traslada el mineral arrancado hasta el exterior de la mina.

El transporte dentro de una mina puede ser continuo, discontinuo o una mezcla de ambos. El transporte continuo utiliza medios de transporte que están continuamente en funcionamiento. Dentro de este tipo de transporte se utilizan cintas transportadoras, transportadores blindados y el transporte por gravedad.

En el transporte discontinuo los medios de transporte realizan un movimiento alternativo entre el punto de carga y el de descarga. En este grupo se utiliza el ferrocarril y los camiones.

En San Bernardo el transporte se realiza de manera discontinua utilizando camiones que se encargan de trasladar la materia proveniente de los distintos frentes a las trituradoras o escombreras. Igualmente se utilizan camiones que trasladan el material desde la cantera hasta la planta.



Figura 19. Camión Articulado BELL B25E

Fuente: Propia

### **Equipos de Acarreo**

Los diferentes sistemas de acarreo de acuerdo a la distancia de desplazamiento del material:

0 a 100 mts: los tractores son los equipos más indicados para el movimiento de materiales por empuje y arrastre, para distancias mayores los costos se incrementan muy fuerte.

100 a 1000 mts: Es usual la operación con mototrillas en estas distancias, generalmente apoyadas con tractores para la escarificación del material y empuje para carga de las traíllas.

100 a 3000 mts: Lo de mas apropiado para estas distancias es la operación con camiones acarreo.

Mayores a 3000 mts: Eventualmente se utilizan camiones cuando los volúmenes son pequeños o discontinuos, pero en grandes volúmenes se utiliza ferrocarril, cintas transportadoras y mineraductos.

### **3.4.5. Equipos Auxiliares:**

La cantera cuenta con equipos auxiliares las cuales son todas aquellas máquinas y equipos complementarios que se requieren para el mantenimiento de las vías de acceso a la mina, los botaderos, planta y otros, también se incluyen en esta parte el equipo necesario para el equipamiento de la maquinaria pesada de combustibles y lubricantes y los vehículos necesarios para el transporte del personal y para fiscalización y control de actividades.

En algunos casos estos han llegado a suplir la función de algunos de los equipos principales o básicos.

En algunos casos se alquila un martillo hidráulico para fragmentar las rocas de sobretamaño que quedaron después de realizar las voladuras.

## **3.5. BENEFICIO MINERAL**

Proceso o conjunto de procesos por el cual o cuales se separan la mena y la ganga (Según el Servicio Geológico Mexicano,2017).

- **Lavado.** Se elimina el lodo y material orgánico presentes en algunos minerales.
- **Trituración.** Disminución del tamaño de los trozos de roca provenientes de la mina.

- **Molienda.** Reducción del tamaño de partículas relativamente gruesas dejadas por la trituración.
- **Homogenización.** Mezcla de la molienda para compensar las variaciones de la granulometría y composición química.
- **Clasificación.** Separación de una mezcla en dos o más fracciones en base al tamaño.
- **Concentración.** Separación del mineral o metal útil de la ganga.

Actualmente la industria de la construcción depende de forma directa o indirecta de las actividades mineras, ya que los materiales que usan para las edificaciones son agregados de la minería (entre ellos piedra picada, arenas, polvillos, otros), es por ellos que para la venta de estos materiales se debe realizar clasificaciones en sus tamaños, por lo tanto cuando el mineral es extraído del frente de explotación el mismo viene de distintos tamaños y es necesario procesarlo un conjunto de maquinarias que constituyen una planta de beneficio mineral para sacar los tamaños necesarios para su venta.

Contamos con procesos como:

### **3.5.1. Reducción de tamaño:**

En la construcción de carreteras, edificios, presas y demás obras de ingeniería civil, así como escolleras y vías de ferrocarril, e incluso en la industria del vidrio y la cerámica, se emplean áridos que con unas granulometrías adecuadas que intervienen para la fabricación de productos resistentes mediante su mezcla con aglomerados. Sin embargo, los áridos salen de las canteras con unos tamaños muy diferentes a los deseados para cada situación, lo que hace necesario, o no, su reducción de tamaño.

Para solventar este problema se utilizan los procesos de trituración y molienda. En ellos se dan los fenómenos de reducción de tamaño y en muchos casos también se le da una cierta forma a la roca (cubicidad).

Para efectos de este trabajo solo será tomado en cuenta el proceso de trituración que se efectúa en las instalaciones de la cantera. Evidenciándose dos procesos de trituración,

primaria y secundaria debido a que es imposible obtener, granos que en su totalidad sean de volumen igual y uniforme.

### **3.5.2. Trituración Primaria:**

La trituración primaria se lleva a cabo normalmente en quebrantadoras de mandíbulas o en quebrantadoras giratorias. Las quebrantadoras de mandíbulas constan normalmente de dos planchas de acero al manganeso o mandíbulas, colocadas una frente a la otra, de las cuales una es fija y la otra es móvil y puede girar sobre un eje situado en su parte superior o inferior.

Mediante un dispositivo adecuado, se comunica a la mandíbula móvil un movimiento de oscilación alternativo hacia adelante y hacia atrás de corto recorrido. El mineral se carga en el espacio comprendido entre las mandíbulas, y de ellas, la móvil, en su recorrido hacia adelante, aplasta los trozos contra la fija. Al retroceder la mandíbula móvil, el mineral triturado cae por la abertura que en la parte inferior forman las mandíbulas.

Las quebrantadoras giratorias constan de una masa trituradora de forma cónica que gira en el interior de una carcasa troncocónica fija, abierta por su parte superior e inferior. El mineral que se va a triturar se carga en la quebrantadora por su parte superior, y el mecanismo por el que se realiza la trituración se basa es la misma acción de aplastamiento de las quebrantadoras de mandíbulas.

### **3.5.3. Trituradora Secundaria:**

En la trituración secundaria, el tamaño e las partículas se reduce a un valor comprendido entre 3" y 2", dejándolo en condiciones de poder pasar a las operaciones de molturación o concentración preliminar. Las quebrantadoras utilizadas en esta fase son por lo general e tipo giratorio o cónico. Estas quebrantadoras son similares a las utilizadas en la trituración primaria, diferenciándose solamente en que trabajan a velocidades relativamente altas (aproximadamente 500 r.p.m.) y en que la abertura de salida de los productos triturados es mucho menor.

## CAPITULO IV

### 4. MARCO METODOLÓGICO

Según Arias (2005) explica el marco metodológico como el “Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas”. Este método se basa en la formulación de hipótesis las cuales pueden ser confirmadas o descartadas por medios de investigaciones relacionadas al problema.

#### 4.1. Nivel de la Investigación

Según Arias (2005) “Se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno”. Aquí se indicará si se trata de una investigación exploratoria, descriptiva o explicativa. En cualquiera de los casos es recomendable justificar el nivel adoptado.

Según el nivel, la investigación se clasifica en:

- ✓ **“Investigación Exploratoria:** *es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto poco conocido o estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto”* (Arias, 2005 pag.23)

#### 4.2. Diseño de la Investigación

La investigación que se realizó en la cantera San Bernardo es de tipo Investigación de Campo “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna”. (Arias, 2005)

#### 4.3. Sujeto de Estudio

La presente investigación tienes como objeto de estudio la cantera San Bernardo perteneciente a la FABRICA NACIONAL DE CEMENTO.

SE REALIZA INVESTIGACION EXPLORATORIA, NO EXPERIMENTAL.

#### 4.4. Procedimiento Experimental

Dentro de la investigación, se usaron herramientas en el área de campo como lo fueron, calculadoras, libreta de campo bolígrafos, teléfonos para tomar fotografías, otros.

Se tomaron fotos y videos de las actividades que se realizaban en mina.

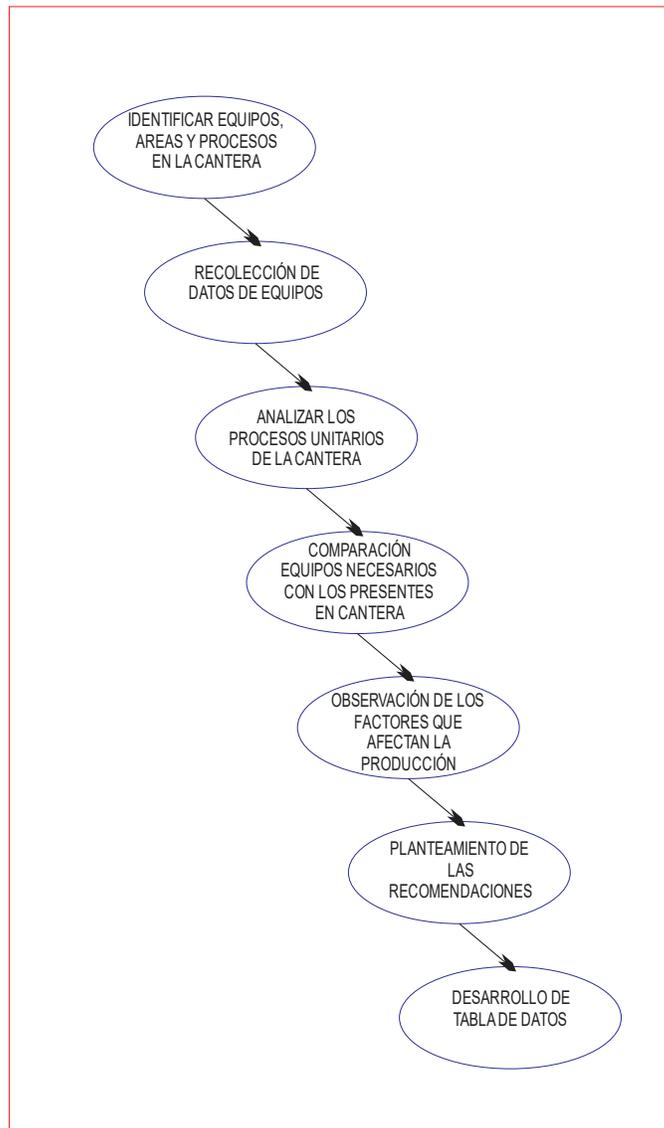


Figura 20. Proceso Experimental realizado en el sitio de estudio.

Fuente: Propia.

## CAPITULO V

### 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo, se presentan los resultados de la investigación, aquellos conseguidos mediante la recolección de datos en campo, los cuales se muestran de manera sencilla para exponer lo obtenido en el trabajo y analizar la información conseguida para reconocer si satisface las exigencias de la problemática de la investigación planteada anteriormente.

#### **5.1. Cálculo de equipos necesarios de acuerdo a la meta planteada en el plan de producción:**

##### **5.1.1. Equipos de Perforación:**

El diámetro de los barrenos es la primera consideración a tomar en cuenta en cualquier diseño de patrón de voladura. El diámetro de los barrenos, junto con el tipo de explosivo a utilizar, determinan el retiro, espaciamiento y profundidad del barreno, obteniendo de esta manera la cantidad de material que se obtendrá al producirse la voladura en el mismo. Se trabajará con brocas de 4,5 pulgadas de diámetro. El patrón de perforación será a tres bolillos.

Calculando la producción por diámetro de brocas quedaría como sigue:

**En caso de perforar con brocas de 4,5”** el retiro será de 3,6 metros y espaciamiento de 4,1 metros, perforando un total de 12 barrenos de (10 metros de profundidad) por día para alcanzar el volumen requerido de 4.714 ton, para lo cual se necesitan 128 metros de perforación lineal por día.

Los barrenos serán inclinados con pendientes de 1:3, de acuerdo a la pendiente de los taludes, debido a que con ello se consigue un mayor aprovechamiento de los gases producidos por los explosivos.

Los cálculos realizados para determinar el número de perforadoras; tomando en consideración una fiabilidad promedio del 75%, así como su rendimiento se presentan a continuación:

- Rendimiento Perforadora Hidráulica: 100 ml/día; por ende; 10 barr/día.
- Requerimiento mensual de caliza: 90.000 ton/mes.
- Nº de días hábiles por mes: 21 días/mes.
- Parámetros de perforación (Espaciamiento-Retiro): 3.6mx4.1m.
- Densidad en banco de la caliza (banco): 2.5 ton/m<sup>3</sup>.
- Toneladas por barreno: 369 ton/barr.
- Nº Barrenos requeridos por mes: 250 barr/mes.
- Nº Barrenos requeridos por día: 12 barr/día.
- Nº Perforadoras Requeridas: 1.2 aproximamos (2 Equipos).

Analizando los cálculos y premisas anteriormente descritas, tenemos; para alcanzar nuestras metas de producción es necesario tener la disposición de (02) equipos de perforación en Cantera San Bernardo, los cuales luego de analizar las especificaciones se consiguieron las siguientes:

- Dos (02) Perforadoras hidráulicas DTH-XCMG; Modelo KTS11S, acopladas cada una a un compresor marca KAISHAN modelo LGCY-26/10, con capacidades mayores a 750 CFM. Se toma como referencia esta perforadora y compresor ya que existe uno de cada uno en la cantera sin operar por falta de mantenimiento.

### **5.1.2. Voladura:**

Las fórmulas utilizadas para el cálculo del patrón de voladura son las fórmulas clásicas del autor (Roberto Ucar N. 1972 U.L.A.). Los cálculos se realizaron de acuerdo a las estimaciones de seguridad impuestas en la Ley para la protección de edificaciones.

Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 6.

PARAMETROS	VALOR	VALOR	VALOR
	3,5"	4,0"	4,5"
altura del banco	10m	10m	10m
diámetro barreno	88,9mm	101,6mm	114,3mm
retiro	3m	3,2m	3,6m
espaciamiento	3m	3,6m	4,1m
retacado	3m	3,5m	3,0 - 3,5m
sobre perforación	0m	0m	0m
perforación total barreno	10m	10m	10m
concentración carga fondo	8,67 Kg/m	9,91 Kg/m	10,31 Kg/m
concentración carga columna	5,1 Kg/m	7,1 Kg/m	8,5 Kg/m
altura carga columna	5m	6m	7 - 6,5m
carga columna	37,27 Kg	42,6 Kg	59,5-55,25 Kg
factor carga (gr/ton)	130 a 160	130 a 160	130 a 160
factor carga (Km/m3)	0,4	0,4	0,4

Tabla 6. Parámetro de voladura

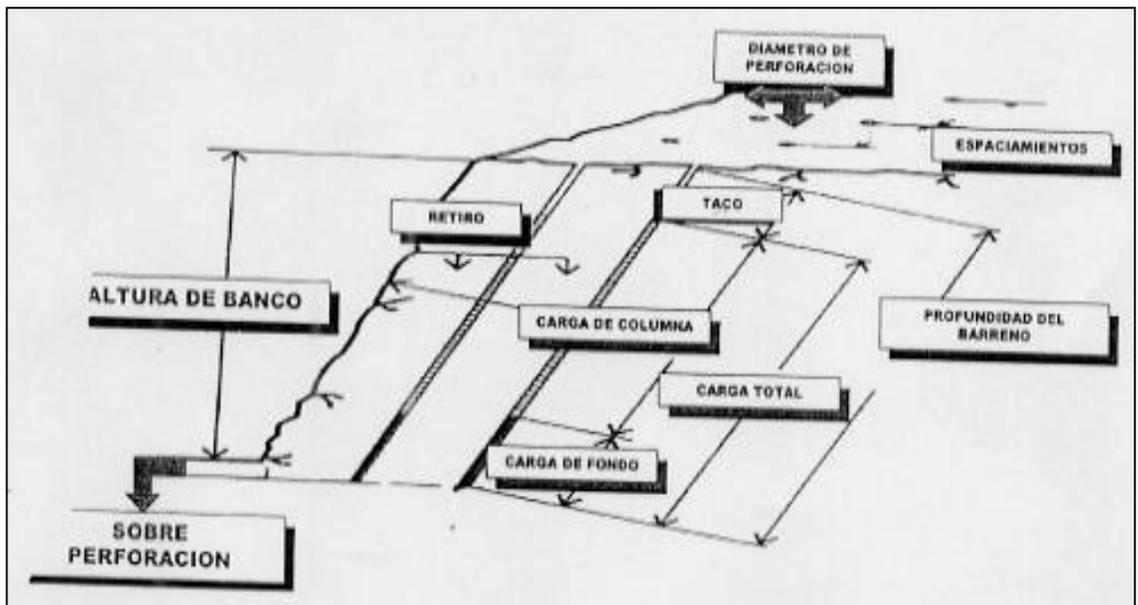


Figura 21. Diagrama de un banco de voladura

Se tiene que los explosivos proporcionados a la cantera, están contenidos en un polvorín que cumple con los estándares de seguridad requeridos para el almacenamiento de los distintos explosivos. Además, se observó que no hay problemas en el abastecimiento de

los explosivos por parte de la Guardia nacional Bolivariana, por tanto, este material no da ningún tipo de problemas o retrasos en la planificación anual de explotación.

### 5.1.3. Carga:

Para efectos de la operación de carga en cantera San Bernardo, se efectúa actualmente por una retroexcavadora marca KOMATSU modelo PC-600 con capacidad de balde de 3,5 m<sup>3</sup>.

Tomando en cuenta los equipos ya presentes se puede tener que:

- KOMATSU modelo PC-600:

Básicamente la producción horaria del equipo consiste en la relación existente entre la capacidad de la pala o balde expresada en m<sup>3</sup> (banco) y los tiempos de ciclo de carga; por los factores de corrección pertinentes.

Producción Horaria Excavadoras		
191	239	478
m3/Hr (Banco)	m3/Hr (Suelto)	ton/Hr

Tabla 7. Producción Horaria Excavadoras

### Rendimiento Horario Excavadora PC-600 KOMATSU: 478 ton/hora

Si tenemos una producción anual de 1080000 tn, se requiere cumplir una meta de 90000 ton mensuales. Al trabajar 21 días al mes se tiene una producción diaria de 4285 ton día. Si se trabaja 8 horas diarias con una jornada efectiva del 80%, se tienen 6,4 horas laborables diarias. Por tanto:

$$478 \text{ ton/hr} \times 6,4 \text{ horas} = 3059 \text{ ton día por excavadora.}$$

$$4285 \text{ ton/día} / 3059 \text{ ton/día} = 1,4 \text{ equipos} = 2 \text{ equipos.}$$

## DIMENSIONES DE LA MAQUINA

PC600-6

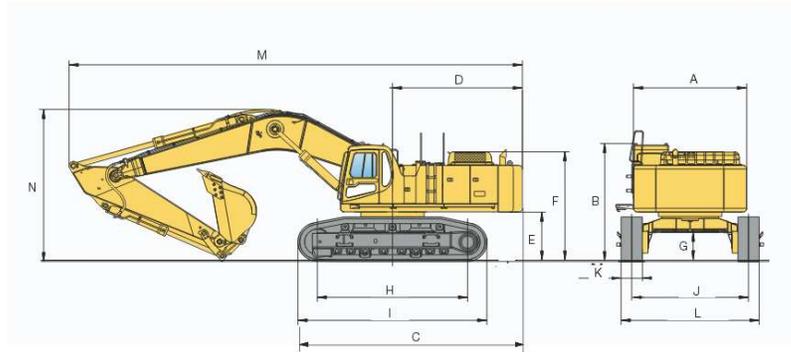


Figura 22. Especificaciones técnicas Retroexcavadora KOMATSU PC-600

### 5.1.4. Acarreo:

Debido a que actualmente en la cantera solo se encuentra un camión articulado marca BELL modelo 25E, se analizará los parámetros de dicho camión para calcular los equipos necesarios:

#### ➤ CAMION BELL 25E:

Dimensiones del camión: A continuación, se detalla las dimensiones básicas del camión articulado BELL-25E, el cual será utilizado para el acarreo de calizas y remoción planificada de estéril. Este tipo de camión por sus características, se adapta muy bien a las condiciones de Cantera San Bernardo, (Agua de libres escorrentías y subterráneas, pisos irregulares, plasticidad de las arcillas y alto contenido de humedad).

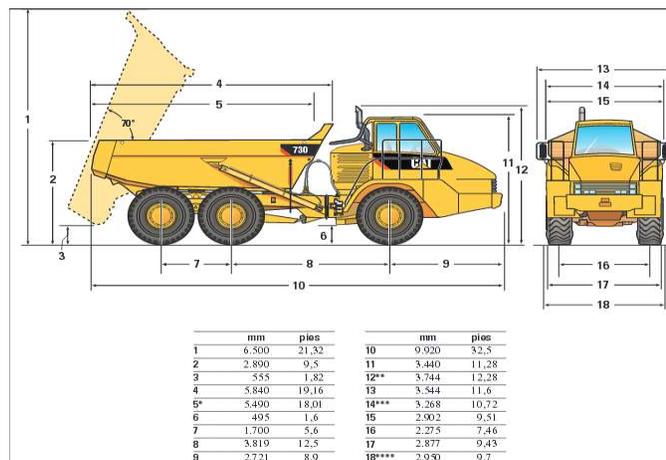


Figura 23. Especificaciones técnicas camión articulado BELL 25E

- Perfil de acarreo: A continuación, se muestra croquis utilizado para el cálculo de rendimientos horarios y el N° de camiones requeridos; indicando el perfil de acarreo requerido para el transporte de calizas desde el frente hasta la tolva de alimentación de la línea de trituración; para un recorrido promedio de 622 m con pendientes oscilantes de 13 a 6 %.

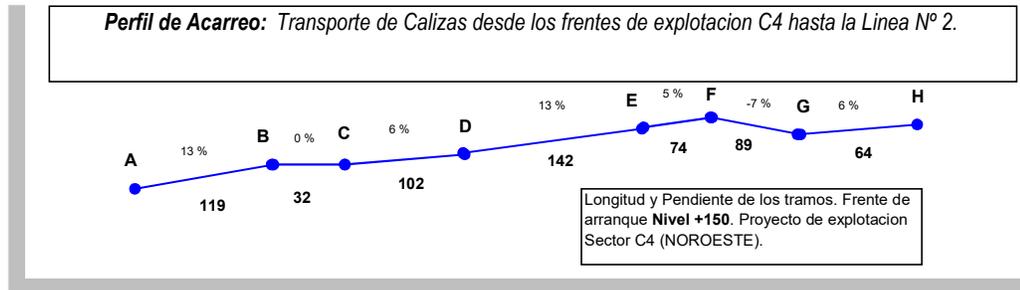


Figura 24. Distancia y pendientes entre tramos.

- Distancia y pendiente de los tramos:

TRAMO	Distancia Horizontal (m)	Cota inicio	Cota final	$\Delta$ Cota	Pendiente %
AB	119,00	150	166	16	13
BC	32,00	166	166	0	0
CD	102,00	166	172	6	6
DE	142,00	172	190	18	13
EF	74,00	190	194	4	5
FG	89,00	194	188	-6	-7
GH	64,00	188	192	4	6

<b>Total (m)</b>	<b>622</b>
------------------	------------

Tabla 8. Distancia y Pendiente entre tramos.

- Rendimientos horarios calculados:

m <sup>3</sup> /hr	ton/hr	ton/día	ton/mes
90	181	1160	24360

Si por camión se tienen 24360 ton al mes, se requieren para una producción de 90000 ton/mes un total de 3,69 camiones = 4 camiones.

### 5.1.5. Trituración:

Originalmente la cantera estaba provista de dos sistemas de trituración, los cuales eran suficientes para cumplir la meta anual. Actualmente, la línea de trituración 2, capaz de procesar 400 ton/h está inoperativa, debido al daño sufrido en el generador CATERPILLAR de 1800 KVA.

La reducción mecánica del material proveniente de la cantera se está llevando a cabo actualmente a través de la línea de trituración 1, la cual posee (02) sistemas de trituración conformado por una trituradora primaria de mandíbulas, en donde se realiza un primera reducción del material, pasando luego el material a un circuito cerrado de trituración conformado por una criba y una trituradora secundaria de impactos, en donde se le da el tamaño requerido al material que luego es apilado al aire libre para ser cargado y llevado a la planta en donde se almacenará en patios de planta para su posterior utilización en la mezcla de caliza necesaria para la fabricación de clinker.

La trituradora primaria de esta línea 1, posee una capacidad de admisión de 1,5 x 1,2 metros de tamaño de bloque máximo. La capacidad total de la línea 1 de trituración es de 350 ton/h.

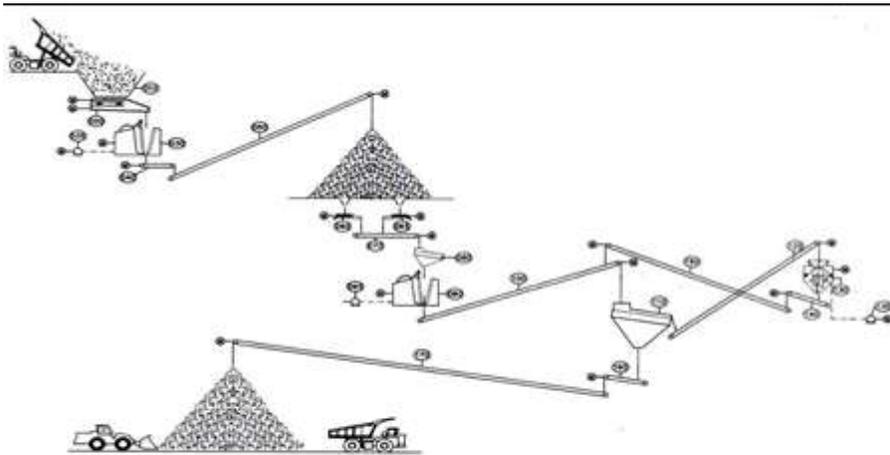


Figura 25. Flujograma de Trituración Línea 1.

Fuente: Archivo técnico Planta Ocumare, 2008.

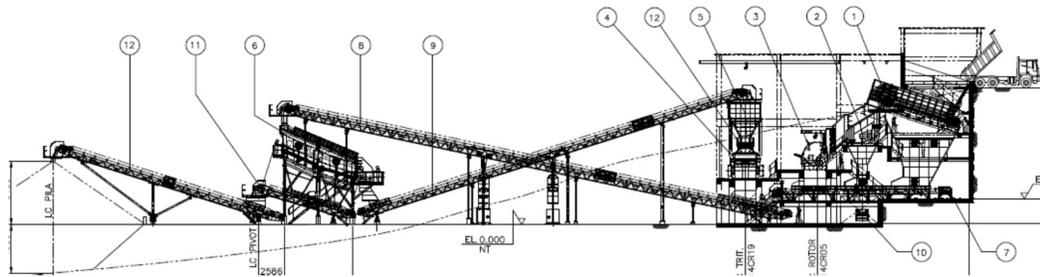


Figura 26. Flujograma de Trituración Línea 2.

Fuente: Archivo técnico Planta Ocumare, 2008.

### 5.1.6. Servicios de Mina:

Con la finalidad de mantener principalmente las vías de acceso, acareo, rampas, pilas y los niveles de trabajo en condiciones aptas para que la circulación sea lo más segura y rápida posible, se requiere contar con los siguientes equipos auxiliares:

- Un tractor de orugas T-35 marca Chetra.
- Una Motoniveladora modelo 120H marca CARTERPILLAR, y/o XCMG.
- 02 camiones cisterna para riego de las vías.
- 02 tractores frontales marca XCMG LW800K de 3 m<sup>3</sup> Capacidad.

### 5.1.7. Instalaciones auxiliares:

Las instalaciones necesarias o complementarias para esta cantera se basarán en las necesidades de la misma, siendo una de ellas la disposición de un taller mecánico para el mantenimiento y reparación de los equipos que se emplearán en la cantera.

También es necesario contar con una sala de control para las operaciones de trituración, así como en el despacho de material a la planta, la cual haga un chequeo para el buen funcionamiento de los equipos y del cumplimiento de los ciclos de operaciones.

La necesidad de un polvorín con las dimensiones y condiciones de seguridad adecuadas en donde almacenar los explosivos y accesorios que son requeridos en el desarrollo de la explotación, así como la instalación de un comedor, el cual cumpla con las condiciones de seguridad y comodidad requeridas.

Otras instalaciones necesarias son:

- Instalaciones sanitarias.
- Almacén para lubricantes, filtros y combustibles en general.
- Dispositivos para la captación de aguas que contengan grasas y aceites.

De acuerdo al plan de producción, se obtuvieron los equipos necesarios tomando en cuenta los ya existentes en la cantera y se tiene que:

EQUIPO	EXISTENTE	FALTANTE	OPERATIVA	A REPARAR
PERFORADORA	1	1	0	1
RETROEXCAVADORA	1	1	1	0
CAMION ACARREO	2	2	1	1
SISTEMA TRITURACION	2	0	1	1
TRACTOR ORUGAS	0	1	0	0
MOTONIVELADORA	0	1	0	0
CAMION CISTERNA	1	1	0	1
TRACTOR FRONTAL	1	1	0	1

Tabla 9. Disponibilidad de Equipos en Cantera San Bernardo 2018.

Fuente: Personal (meses septiembre octubre 2018)

## 5.2. Resultados obtenidos en el terreno respecto a los equipos:

De acuerdo al plan de explotación planteado y los equipos necesarios que nos permitió elaborar este cuadro, y la experiencia en las 8 semanas visitando la cantera San Bernardo, se pudo observar que la disponibilidad de los equipos está mermada por la falta de inversión en lo que respecta a la compra de equipos nuevos, así como la adquisición de repuestos e insumos que permitan el mantenimiento oportuno de los existentes.

**Se pudo Observar que:**

- ✓ Durante varias semanas, equipos de gran importancia como la retroexcavadora Komatsu Pc-600 estuvo inoperativa por falta aceite y filtro de aceite hidráulico necesario para su funcionamiento.
- ✓ Para la realización de operaciones de perforación, no hay equipos actualmente, ya que el compresor necesario para el funcionamiento de la perforadora está inoperativo, no cumpliéndose las cuotas de perforación y voladuras necesarias para cumplir las metas mensuales.
- ✓ No existen martillos hidráulicos que permitan la fractura de grandes cuerpos de material que quedan luego de la voladura, los cuales son dejados en el terreno dificultando las labores de los equipos de acarreo.
- ✓ Es necesario de manera urgente la adquisición de los camiones necesarios para cumplir la cuota mensual del plan de explotación.
- ✓ No existe un sistema de bombeo eficiente para el achique del agua alojada en la laguna encontrada en el ala este de la cantera.
- ✓ La línea de trituración 1, no es suficiente para cubrir la meta anual del plan de explotación.
- ✓ La línea de trituración 1 depende del suministro eléctrico proveniente del sistema eléctrico nacional, por ende, sufre de muchas paradas motivados a los continuos cortes de energía.
- ✓ Existe gran desgaste en las camisas de la trituradora primaria de mandíbula, lo que permite que el sistema se atasque y produzca paradas no programadas del sistema. Igualmente desgaste en las correas y poleas.

### **5.3. Resultados obtenidos en el terreno respecto a las operaciones unitarias:**

- ✓ **Perforación:** no hay actualmente perforadora disponible para realizar los barrenos.
- ✓ **Carga Voladura:** el personal encargado de la carga del explosivo, está 100% calificado para realizar este trabajo. Sin embargo, no cuentan con los mejores equipos y materiales auxiliares para la introducción del explosivo en el barreno.

- ✓ **Voladura:** hay disponibilidad de explosivos y material necesario para realizar las voladuras. Su almacenamiento es adecuado y cumple con las normas establecidas.
- ✓ **Carga:** los niveles óptimos de carga del material no se cumplen debido a falta de equipos. Además, no hay planes para limpiar los frentes de fragmentos de gran tamaño que ayuden a la carga y acarreo.
- ✓ **Acarreo:** nuevamente la falta de equipos prevalece en las fallas de la cantera. Siendo este uno de los más preocupantes ya que actualmente solo se cumple con el 25% del requerimiento para esta actividad. Se puede observar también que la vialidad está bastante descuidada, además que no cuenta con las medidas de seguridad necesarias para la maniobra de los equipos.
- ✓ **Trituración:** el sistema de trituración de la cantera, proporcionado por la línea 1, presenta bastante desgaste, además de la asistencia de cargadores frontales para alimentar el pulmón del triturador secundario, lo que lleva al retraso del proceso de trituración. Esta línea necesita la implementación de un mantenimiento intensivo en todo el equipo ya que presenta gran desgaste.
- ✓ **Carga a planta:** el traslado del material a la planta es realizado por una flota de camiones cargados en la cantera desde el patio por tractores de pala frontal. Frecuentemente llegan varios camiones los cuales deben hacer grandes paradas debido a la falta de los cargadores, que o bien son insuficientes, o bien se encuentran realizando otras actividades dentro de la cantera. Además, se requiere equipos para el control de la calidad del material triturado con el fin de evitar traslados a planta de material contaminado.

## CONCLUSIONES

Cumpliendo con los objetivos planteados para el desarrollo de esta investigación, se concluye que:

- Los equipos y maquinarias existentes no son las suficientes para cumplir las metas propuestas en el plan anual.
- La falta de mantenimiento oportuno en los equipos operacionales, es una falla que afecta la productividad, ya sea por la escasez de presupuestos o porque no hay forma de repararlos, por tener los proveedores fuera del país o por ser equipos obsoletos.
- La influencia de varios factores afecta la producción (paros no programados), como los cortes eléctricos, paralización de los trabajadores, atascamiento del material en la trituradora primaria, no disponibilidad de la maquinaria para la movilización del material en el pulmón de la trituradora secundaria, mal estado de la vía, inundación de áreas de trabajo sin bombas que ayuden a extraer el agua, etc.
- Se pudo observar la gran disposición por parte del personal para realizar el trabajo diario y resolver los problemas presentes, pero la falta de equipos básicos como los de protección o herramientas hacen cuesta arriba el desempeño óptimo de su trabajo.
- Los niveles de producción de la cantera, podrían elevarse luego de tomarse un tiempo para evaluar y crear un plan de mantenimiento preventivo en equipos operacionales existentes, con el fin de lograr su optimización y disminuir su deterioro.

- Los niveles de producción de la cantera se ven directamente afectados por las paradas no programadas realizadas frecuentemente en el sistema de trituración (línea 1), disminuyendo dichos niveles de manera considerable, al punto que hay días que no se realiza trituración de material.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una gran inversión en la adquisición de los equipos de perforación, carga y acarreo que faltan para lograr el cumplimiento de la meta anual propuesta.
- Se recomienda realizar un estudio exhaustivo de las condiciones de los equipos de carga y acarreo existentes, como también la implementación de un plan de mantenimiento en donde se pueda cuantificar el nivel de deterioro de los mismos para su inmediata recuperación o reparación.
- Se recomienda la adquisición de un amplio stop de repuestos para la realización del mantenimiento rutinario, lo cual permitirá disminuir el tiempo de las paradas de los equipos.
- Se recomienda realizar un trabajo de mantenimiento detallado de la línea de trituración 1, ya que presenta alto desgaste en sus distintas trituradoras y correas. Además, se recomienda la gran inversión para la reposición de la línea 2 al adquirir su generador y reparación de partes afectadas por el desuso.
- A la hora de realizar los reemplazos de los equipos que integran la planta de trituración, realizar un estudio de caracterización para comprar forros resistentes a la abrasión.
- Mejorar las vías de circulación de las canteras, con estas se espera alargar la vida útil de los equipos de carga y acarreo (equipos operacionales).
- Se recomienda la adquisición de un equipo de autogeneración eléctrica que permita la auto sustentación de la cantera en materia eléctrica y así no dependa del sistema eléctrico nacional el cual afecta en gran medida las operaciones de la cantera.
- Se recomienda la dotación de equipos de seguridad adecuados a los trabajadores, además de las herramientas necesarias para el cumplimiento de su trabajo, ya que la mayoría de las veces trabajan como pueden o sencillamente no realizan los trabajos por no poder hacerlo.

- De acuerdo a la evaluación obtenida y observando la deficiencia de los equipos, sistema de trituración y procesos llevados a cabo en la cantera actualmente, se recomienda plantearse metas pequeñas semanales que permitan de acuerdo a los requerimientos mínimos de la planta, mantener una operación completa y continua en ciertos días de la semana en vez de operaciones cortas todos los días. Para esto es necesario mantener un pequeño stop de repuestos, desarrollar pequeñas voladuras bimensuales o trimensuales y estar al tanto de los días que los causantes de paradas no programadas como las relacionadas al sistema eléctrico se produzcan para no operar ese día. Todo debe realizarse en coordinación con planta para una producción más eficiente.

## BIBLIOGRAFÍA

Manuel García (2015). Plan de Explotación Cantera San Bernardo.

Peláez, E., (1981) *Apuntes de Preparación y Concentración de Menas*.

Chacón (1991) *Técnicas de operaciones de minería de superficie*. Tomo 2

Errol Kelly (1990). *Introducción al procesamiento mineral*

Fidias Arias (2005). *Proyecto de investigación, introducción a la Metodología Científica*

Léxico Estratigráfico (SFDP) *Formaciones Geológicas*, Disponible en: [www.pdv.com/lexico/2edic/a330e.html](http://www.pdv.com/lexico/2edic/a330e.html) (Fecha de consulta: mayo de 2018).

Manual de Minería, Perú (2010). *Métodos de Explotación a Cielo Abierto*. (Archivo en PDF).