

Pasantía Industrial

Diseño para la Fusión de las Canteras Agua Viva II y El Samán, considerando los Planes de Voladura a Mediano Plazo

Informe de Pasantía

Br. María Alejandra Labrador

Escuela Geología, Minas y Geofísica

Facultad de Ingeniería

Universidad Central de Venezuela

Caracas, 9 de febrero de 2014

Pasantía Profesional

Diseño para la Fusión de las Canteras Agua Viva II y El Samán, considerando los Planes de Voladura a Mediano Plazo.

Tutor Acadmico: Ing Jose Luis de Abreu

Tutor Industrial: Ing.(a) Orianna Nieves

María A. Labrador P.

DISEÑO PARA LA FUSIÓN DE LAS CANTERAS AGUA VIVA II Y EL SAMÁN, CONSIDERANDO LOS PLANES DE VOLADURA A MEDIANO PLAZO.

Tutor Académico: Ing. José Luis de Abreu, Minería de Campo 2015. Caracas, U.C.V.

Facultad de Ingeniería Escuela de Geología, Minas y Geofísica

La planificación es un conjunto de estrategias a seguir para lograr una meta en un tiempo determinado, dentro de este concepto está centrado este trabajo, en donde la base del problema es una fusión de dos canteras proyectada para un plan quinquenal, pero a través de las distintas variables que acarrea una planificación a 5 años, como lo son las pistas, la carga, los ciclos de transporte, patrones de voladura entre otros factores que irán desarrollando a lo largo del trabajo. A partir de esto se tiene el objetivo Principal de este trabajo como lo es “Diseñar la fusión de las Canteras Agua Viva II y El Samán, considerando los planes de voladura a mediano plazo.”.

Para ello se cuentan con diversas herramientas a utilizar, estas van desde tomar datos en campo hasta programas de dibujo asistido para los diseños finales, básicamente una metodología sigue los siguientes pasos

- 1.- Reconocimiento de la Zona de Trabajo
- 2.- Recolección de Datos
- 3.- Estructuración del Plan de Trabajo
- 4.- Diseño Computarizado

De manera que la planificación y estructuración de trabajo fue llevada a cabo conjunto con el departamento de topografía, se proyecta una fusión de las canteras para los próximos 2 años, siguiendo los planes de voladura y la planificación de manera eficiente. Teniendo en cuenta diseño de rampas, pistas y nuevos frentes de trabajo. Sin embargo una de las grandes limitantes, y se podría decir que la mayor de todas es la falta de estudio geológico en la zona, por lo tanto se recomienda en la brevedad posible un plan de certificación de reservas, que esté dispuesto para unificar los lineamientos y realizar proyecciones certificadas de la vida útil de la mina.

Agradecimientos

Inicialmente el agradecimiento principal es dirigido a Dios, quien hace todo lo posible por enseñarme cada día, que amar lo que haces es fundamental para vivir una plena y feliz. Seguidamente a mis padres Xiomara y Alejandro quienes creen en mi todos los días, y me impulsan a ser mejor persona en todos los ámbitos en los que me desarrolle. Mi hermano quien admiro inmensamente por ser tan ambicioso y creativo

A mi equipo de trabajo en la Cantera Agua Viva II y El Samán, en especial a Mi tutora Orianna Nieves, y a los topógrafos Cesar Piedemonte y Luis Silva, quienes con raciones de trabajo duro y enseñanza diaria, me dieron las herramientas para lograr el trabajo en conjunto como un equipo

A mi tutor el Prof. José Luis de Abreu, quien con una inagotable paciencia me proporcionó las ideas y el entendimiento, para comprender que una palabra sobre el papel tiene valor cuando lo hacer de la mejor manera posible.

Finalmente pero no menos importante a la Universidad Central de Venezuela, a el Gran Departamento de Minas, lleno de profesoras y profesores, llenos de sabiduría y ganas de transmitir el conocimiento, sabiduría, paciencia, y calidad humana. A ellos mis más grandes Gracias.

Índice

Introducción	2
Capítulo I: Generalidades de la Empresa	3
Capítulo II: Planteamiento del problema	5
Capítulo III: Marco teórico	7
Geología Regional	7
Bases Teóricas	9
Capítulo IV: Marco metodológico	21
Capítulo V: Proceso de análisis y calculo	24
Datos	24
Cálculos	26
Capítulo VI: Resultados	36
Capítulo VII: Análisis de Resultados	41
Capítulo VIII: Conclusiones	43
Capítulo IX: Recomendaciones	44
Capitulo X: Referencias Bibliográficas	45

Introducción

La unidad de Voladura debe ser considerada una de las más importantes dentro de la minería, ya que sus procesos involucra tener en cuenta las variables controlables de la voladura y cómo puedes eso afectar el resultad de la misma y así sucesivamente deteriorar y disminuir la eficiencia del ciclo minero que empieza desde el arranque hasta el descargue del material. Así mismo las voladuras no solo representan producción, estas también existen como voladuras de avance, que marcan procesos en el cual las minas o canteras realizan las voladuras para un beneficio futuro de comodidad, mejoramiento de las terrazas, nivelación de las cotas entre otras utilidades que pueden optimizar los procesos.

Por lo tanto el trabajo realizado esta netamente ligado a reducir los costos de inversión inicial de las canteras, esta fusión aumenta la producción en un 20% , ya que si se unifican las canteras solo se tendrán cálculos y trabajos para una cantera, lo que reduce aspectos externos a la cantera como factores económicos, operacionales, ambientales y de permisología, que ofrece esta optimización de los recursos disponibles de la empresa, con una mejor distribución y organización. Siendo Agua Viva II la cantera que produce en términos de material, lleva con ella grandes costos, lo que nos indica que esta fusión, no solo ayuda a su mejor operatividad sino en un ahorro general de la empresa que está contenida por minas y canteras alrededor del estado Aragua.

Sin embargo los estudios geológicos representan una etapa que previa a todo lo relacionado con el plan de explotación, sin ello es arriesgado seguir excavando en la zona, ya que solo se puede observar el contacto estéril material de forma visual. Pero con un estudio de prospección geológica se pueden hacer planes de voladura a largo plazo, que proporciona ayudas técnicas al desarrollo de la vida útil de la mina.

Capítulo I

Generalidades de la Empresa

Nombre: Aragua Minas y Canteras S.A – ARAMICA S.A.

Breve reseña histórica

ARAMICA S.A. es una empresa perteneciente a la gobernación del estado Aragua, que conforma todas las minas y canteras ubicadas en el estado Aragua, teniendo su sede Principal en Maracay Estado Aragua y las canteras alrededor del estrado Aragua, las más representativas están ubicadas en San Sebastián de Los Reyes, Sur del estado Aragua y Presidida por el Dr. Pedro Maldonado desde el 1 de Abril de 2014

Esta empresa nace por las necesidades prioritarias de la nación, previamente llamada MINARSA, pero luego de reuniones entre PDVSA y la Fuerza Armada Nacional el 26 de octubre del año 2013, el Gobernador del Estado Aragua Tareck El Aissami , firmó el decreto de intervención de todas las minas y canteras para ponerlas a la orden de la Gran Misión Vivienda Venezuela.

ARAMICA S.A. al ser una empresa nueva está compuesta por

Presidencia y Vicepresidencia

Administración y Secretaria

Departamento de Talento Humano

Gerencia de Ingeniería

Unidad de Mantenimiento

Personal de Entrenamiento

Gerencia de Operaciones Mineras

Unidad de Voladura

Unidad de Geología y Topografía

Gerencia de Seguridad e Higiene Laboral

Gerencia de Seguridad

Gerencia Producción

Gerencia de Planificación

Logo

ARAMICA
Aragua Minas y Canteras S.A

Capítulo II

Planteamiento del Problema

La extracción de los minerales no metálicos se ha desarrollado como un industria de muchas variables en todos los aspectos, por ello es de suma importancia se eficientes en cada una de las operaciones a realizar. Dentro de estas operaciones se tiene el ciclo básico minero que empieza desde la carga de los explosivos para la voladura hasta la carga de ese material producto hasta una planta de procesamiento. Pero esto solo viene siendo un inicio, el desarrollo de las actividades mineras está constituido por el “día a día” de la mina y es así como el laboreo de la misma, bien sea de avance o de producción, constituyen variables importantes a considerar al momento de establecer una planificación,

Sin embargo al tener que trabajar con dos canteras que aunque se obtiene el mismo material, están ubicadas cercanas geográficamente, y en donde las plantas de procesamiento, el patrón de voladura, y el ciclo de carga y acarreo son similares, se hace uso ineficiente del tiempo y trabajo de planificación y producción. En otras palabras para las canteras, Agua Viva II y el Samán, se realiza la misma planificación casi en todos los aspectos, pero se presenta dos veces tanto a la directiva de la empresa como a las distintas entidades correspondientes.

Es por ello que la proyección de una fusión de ambas canteras, es viable desarrollando un diseño a mediano plazo, que lleve consigo no solo este diseño, si no los planes de voladura bien sean de avance o producción, con su cálculo de explosivos correspondientes. Tomando como iniciativa de esta fusión, la reducción de costos, desarrollando, rampas y pistas adecuadas para las canteras, optimizando así los tiempos emplear para el ciclo básico minero.

Objetivo General

Diseñar la fusión de las Canteras Agua Viva II y El Samán, considerando los planes de voladura a mediano plazo.

Objetivos Específicos

- Definir las áreas de voladura de las Canteras Agua Viva II y El Samán, considerando los requerimientos del Departamento de Planificación de Minas.

- Desarrollar los planes de voladura para cada cantera, especificando el consumo de explosivos y accesorios de voladura.
- Realizar el Diseño de la explotación minera ya fusionadas ambas canteras.

Justificación e Importancia

La fusión de las Canteras está ligada a un gran avance en la distribución de los recursos de la empresa, y dentro de cada organización existe un plan, una estrategia que consta de un trabajo en equipo, pero con unos lineamientos iniciales, es de allí de donde se parte para realizar el trabajo de unificación. Basados en lo antes descrito la empresa necesita un desarrollo eficiente de las operaciones, ya que el mínimo retraso podría significar un costo que puede que no esté contemplado dentro de los gastos de empresa, adicional a esto se tiene el plan de producción establecido. A partir de esto se tendrá la base para que los trabajos de fusión de las canteras Agua Viva II y El Samán.

De esta manera con una estrategia exacta, no solo se beneficia la empresa, sino que esta al pertenecer a un sistema estatal de impulso del desarrollo de las minas y canteras del estado Aragua decretado en 2009, contribuye a los lineamientos de un plan estratégico de la nación. Dicho esto estamos siendo limitados por una falta de estudios geológicos y falta de una certificación de reservas, no pudiendo extender proyecciones a más de 6 o 7 años.

Capítulo III

Marco Teórico

Geología Regional

Para la zona consideraremos el grupo Villa de Cura conformado por

- Formación El Chino
- Formación el Carmen
- Formación Santa Ines

Formación el Chino

Ubicación: Estado Aragua

Descripción Litológica: la Formación El Chino se caracteriza por contener un 50% de metatobas gradadas, ricas en clinopiroxeno, en una matriz de albita, estilopmetano y algo de sericita y clorita. En las porciones media y superior, se hallan filitas clorítico-glaucofánico-lawsoníticas y filitas y ftanitas negras. Se describe a la unidad como formada por metatobas, filitas negras y esquistos de glaucofano y lawsonita. En el tope de la sección, predominan lavas porfíricas compuestas por anfíbol verde, glaucofano, albita y clorita. Se describen metatobas de cenizas y lapilli, aglomerados volcánicos con intercalaciones de lavas piroxénicas granofel, esquistos cuarzo-feldepáticos, meta-diabasas, filitas grafitosas y meta-ftanitas. De sus estudios petrográficos se desprende que esta Formación fue afectada por un metamorfismo de bajo grado en la zona de la lawsonita - albita y en menor proporción de la zona de la pumpellita - actinolita. Otros autores redefinen esta formación como constituida por metatobas espesas y metasedimentos de arco, intercalados con una minoritaria cantidad de metalavas, almohadilladas o no, con tendencia de arco de islas.

Edad: Mesozoico sin diferenciar

Espesor: Le asigna a la formación, un espesor aproximado de 1.500 m.

Extensión Geográfica: La formación aflora en la Serranía del Interior, en los estados Carabobo, Aragua, norte del Guárico y Miranda central.

Contactos: En la localidad tipo, la Formación El Chino está en contacto concordante sobre la Formación El Caño. En el tope, pasa transicionalmente, al parecer, a la Formación El Carmen

Formación El Carmen

Ubicación: Estado Aragua

Descripción litológica: En su descripción original señala metalava basáltica espilítica de color verde - azulado, sub-maciza a esquistosa con grandes fenocristales de augita de color verde aceituna, así como albita, actinolita y plagioclasa sausuritizada. al describir su Unidad de Metalavas señala que la metalava piroxénica se caracteriza por la presencia de fenocristales de piroxeno (augita diopsídica) en una matriz constituida principalmente por microlitos de plagioclasa o de sus productos de la transformación metamórfica (lawsonita, pumpellita, epidoto). Dicha matriz presenta en muchos casos, textura de flujo y afieltrada. Intercalándose con la metalava hay granofel, metaftanita, filita grafitosa y metatoba, que mayormente es de cenizas, aunque localmente pueden presentarse fragmentos líticos que en algunos caso pueden alcanzar el 50% del total de la roca. Las asociaciones mineralógicas indican que esta unidad estuvo sometida a condiciones metamórficas de las zonas de la lawsonita - glaucofano y epidoto - (zoicita/clinozoicita) - glaucofano. Las rocas volcánicas almohadilladas e intercaladas con metasedimentos pelágicos (como las que afloran en el río Pao, al oeste de Santa Rosa, Aragua) deben asignarse a una secuencia ofiolítica equivalente a la Formación El Carmen.

Espesor: Se estima un espesor de 1.200 m.

Extensión geográfica: La unidad aflora desde Aragua central, hasta el sur de Carabobo y norte de Guárico.

Geoquímica y paleoambiente: Las lavas corresponden a basaltos de cadenas centro oceánicas (MORB). Además se indica que los metabasaltos tienen afinidad tholeítica, habiéndose formado probablemente en un borde divergente de placas. El contenido de elementos de la tierras raras y los patrones de distribución de otros elementos, no

aportan información inequívoca, pero no es inconsistente con un magmatismo de cuencas oceánicas profundas.

Contactos: Han sido descritos como concordantes (y transicionales) con las formaciones El Chino y Santa Isabel, adyacentes.

Fósiles: No se han encontrado.

Edad: Representan nueve edades K/Ar de metalavas del Grupo Villa de Cura (mayoritariamente de la Formación El Carmen), con valores que van desde 77 a 107 m.a. (Cretácico).

Bases Teóricas

Construcción de una Mina a Cielo Abierto

Los frentes se van construyendo en avances sucesivos laterales y en profundidad. A medida que se va profundizando en la mina se requiere ir expandiendo para mantener la estabilidad de sus paredes, creciendo y cambiando su forma constantemente. De este modo se genera una pared inclinada escalonada con bancos y caminos especialmente diseñados para el tránsito y la operación de todos los equipos. Cada banco va cortando hacia abajo, generando la pared de los frentes. En la mayoría de los casos la altura de los bancos varía entre 13 m y 18 m.

La estabilidad de los taludes es muy importante, ya que de eso depende la seguridad de la operación, siendo este una parte importante en la rentabilidad del negocio.

Configuración de una pista de transporte

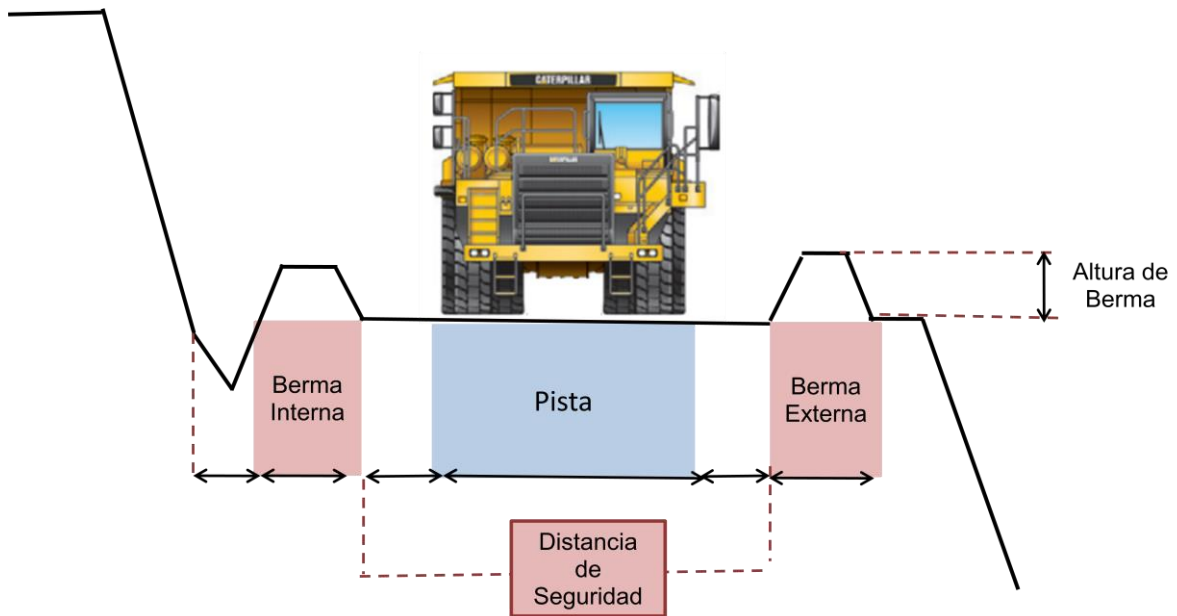


Figura 1 - Diseño de una Pista de Transporte. Extraído de “Manual General de Minería y Metalurgia”

Zanjas: Se construye con el fin de canalizar las aguas de drenaje. Al no canalizar dichas aguas se corre el riesgo de que se dañen y corten los caminos. Las zanjas por lo general tienen un ancho de 1 metro de profundidad de 50 cm

Las Bermas: Se construyen para contener los vehículos en caso de emergencia; por ello la berma externa debe ser más alta, de modo que pueda detener efectivamente a cualquier vehículo en una emergencia sin que caiga. Por otro lado la altura de la Berma Interna generalmente es la Mitad de la rueda de los camiones más grandes que transiten por esa pista

La Distancia de Seguridad: Es la Distancia entre la pista y las bermas en el caso de una sola vía, y entre dos camiones en el caso de una doble vía. Considera el Efecto Visual que considera manejar un equipo de gran tamaño

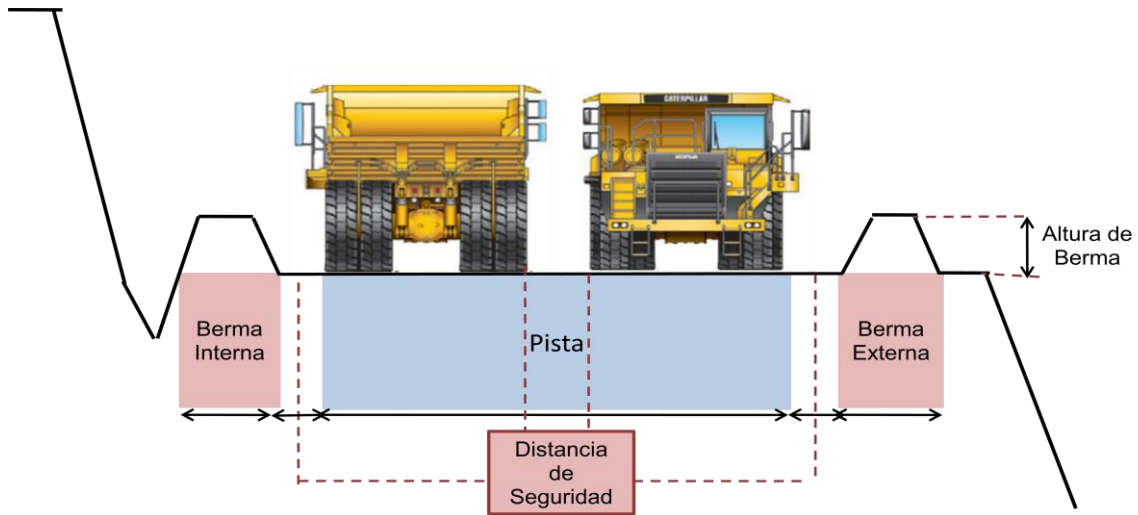


Figura 2 - Configuración de Pista para 2 Camiones. Extraído de “Manual General de Minería y Metalurgia”

Según Dwyane 2001, las pistas se van a diseñar según el camión más grande en dimensiones que transite por la vía, por lo tanto el ancho mínimo de la superficie para las secciones rectas de caminos individuales y de varios carriles puede ser determinado a partir de la siguiente expresión:

$$W = (1,5 L + 0,5)X \quad (1)$$

Donde

W (width=Ancho) = Ancho de la Vía

L (Line=Carril)= Número de Carriles

X= Ancho del Camión con más dimensiones que transiten por esa vía

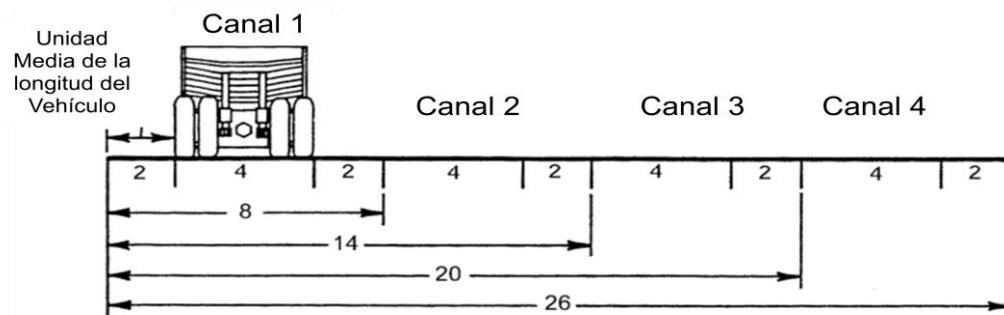


Figura 3 - Ejemplo de ancho de vías, para pistas con hasta 4 canales, para camiones de 4 m de ancho. Extraído de “Guidlines for Mine Haul Road Desing”

Bermas de Seguridad o de Contención de Derrames

Estas Bermas se diseñan en función de la probabilidad de que ocurra un siniestro geomecánico, como el desplazamiento de una cuña o volcamiento de alguna roca. El ángulo de talud final de la zona estudiada, que en definitiva se traducirá en beneficio económico, dependerá de la berma recomendada, cabe destacar que este ancho varia depende de las zonas y de las características geomecánicas, su ancho varía entre 8 y 12 metros

Construcción de accesos y rampas

En una mina a cielo abierto se requiere coordinar las actividades productivas habituales con las actividades que dicen relación con la construcción de accesos, las cuales tendrán que satisfacer las siguientes condiciones:

- Permitir el acceso libre y seguro a la zona determinada
- Permitir el acceso a tiempo a la zona determinada, de acuerdo al programa de producción
- Cumplir con las restricciones geomecánicas del sector
- Permitir la extracción de todo material relacionado con el sector
- Permitir la realización de las actividades paralelas con completa seguridad

Considerando que se realizan varias actividades en un mismo sector de forma simultánea y continua (tránsito de vehículos, equipos cargando, equipos operando, etc), la construcción de accesos deberá programarse de tal forma que se genere el menor impacto negativo en el resto de la operación, considerando que es una actividad clave dentro de la operación misma

Además, se deben construir los accesos donde no exista peligro de inestabilidad, ya que no se puede arriesgar a ningún siniestro que pueda detener las operaciones y lo mas importante la vida humana.

Dentro de la geometría de los accesos y los espacios geométricos a considerar en el diseño de una mina se puede destacar:

- Ancho de Bermas
- Ancho de Zanjas

- Pendiente
- Angulo de Pared Máximo
- Ancho Máximo de Expansión
- Desfase entre pala
- Ancho Mínimo de operación, perforación, carguío y transporte
- Cruce de camiones o doble vía

Las Rampas son los caminos en pendiente que permiten el transito de equipos desde la superficie a los diferentes bancos de extracción . Generalmente, tiene un ancho útil de 25 m, de manera de permitir la circulación segura de los camiones de gran tonelaje en ambos sentidos

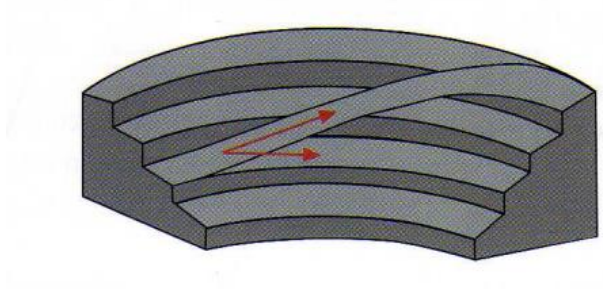


Figura 4 - Diseño de Rampa, representando con la línea roja el sentido. Extraído de “Manual General de Minería y Metalurgia”

La pendiente, el ancho y los radios de curvatura de cada tramo deben permitir que los equipos que circulan por la rampa puedan alcanzar sus rendimientos productivos sin sufrir deterioros en funcionamiento o estructura ni tampoco producir riesgos en la operación.

Ángulos de talud

El Angulo de talud es el plano inclinado que se forma por la sucesión de caras verticales de los bancos en bermas respectivas. Este plano representa una inclinación de 45° a 58° respecto a la horizontal, dependiendo de la calidad de las rocas que conforman la mina

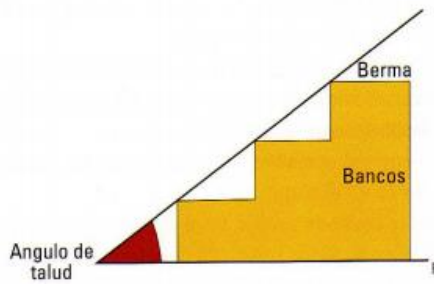


Figura 5 - Angulo de Talud. Extraído de “Manual General de Minería y Metalurgia”

El ángulo de talud es uno de los parámetros geomecánicos más significativos en la explotación, ya que una de las restricciones operativas más relevantes es garantizar la estabilidad de cada roca en los sectores involucrados. Para esto se requiere mantener una geometría de diseño que permita un máximo beneficio económico y un mínimo factor de riesgo geomecánico. Cualquiera de la Variación de los ángulos de talud generara los efectos directos

Cambios en la Estabilidad del Talud

Cambios en los beneficios económicos de la explotación

Al aumentar el ángulo de talud, disminuye la cantidad de estéril a remover para la extracción de la misma cantidad de mineral. Además se podrán extraer reservas minerales que antes no era posible extraer. Por lo tanto se genera un aumento en los beneficios económicos de la explotación. Pero ese incremento solo es viable en caso de que las condiciones geomecánicas lo permitan. Puede darse el caso contrario al parecer una nueva información geomecánica que obligue a aumentar el ángulo del talud lo que genera mayor cantidad estéril a remover

Ancho Mínimo de la Operación

En el caso de la perforación, el ancho mínimo de operación es la suma del área sometida a perforación y el ancho necesario para el tránsito de equipos de perforación y voladura, área que queda satisfecha al considerar el ancho mínimo de carguío.

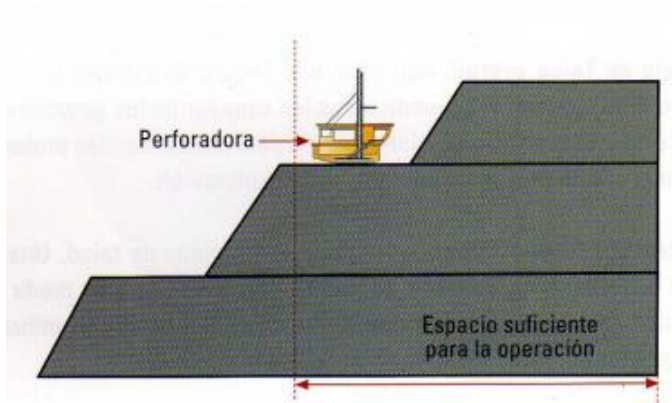


Figura 6 - Ancho Mínimo de Carga. Extraído de “Manual General de Minería y Metalurgia”

Para el caso del ancho mínimo se determina de la Siguiete Forma

$$AM = BS + 2 \times DS + AC + 2 \times RG + DM \quad (2)$$

Donde

AM=Ancho Mínimo

AC= Ancho del Camión

BS=Berma de Seguridad

DS=Distancia de Seguridad

RG= Radio de Giro de Carguío

DM= Derramo de Materia

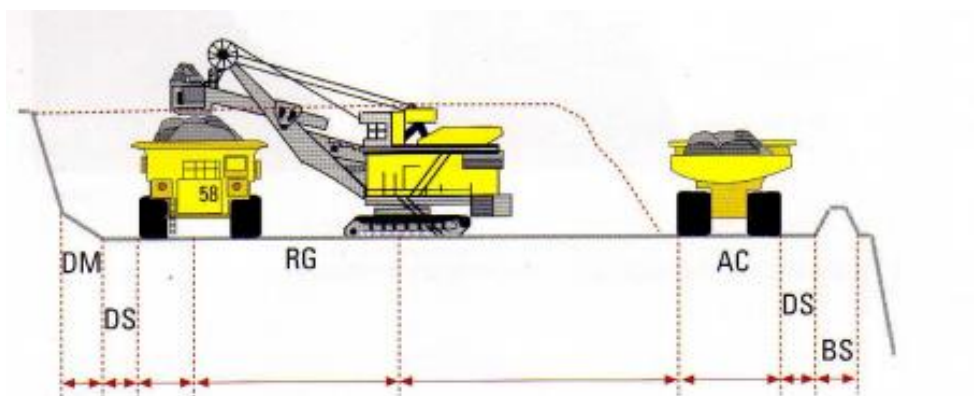


Figura 7- Variables del Ancho mínimo de carguío. Extraído de “Manual General de Minería y Metalurgia”

Planificación de Mina

La planificación minera entrega las bases para asegurar que la explotación sea eficiente y confiable en todas sus operaciones. Para esto se define la porción de yacimiento que se explotara de acuerdo con la ley de corte, que no es necesariamente constante, asegurando el beneficio económico. Por lo general dependiendo de la explotación, la planificación abarca los siguientes periodos

Planificación a Corto Plazo Periodos, días, semanas, meses, trimestres y semestres

Planificación a Mediano Plano Periodos Trimestrales, semestral, anual o bianuales

Planificación a Largo Plazo Periodos anuales, bianuales, 10 años, 15 años

Diseño de Voladuras

El Diseño de Voladura debe alcanzar los conceptos fundamentales del diseño de voladura ideal, los cuales son modificados cuando es necesario para compensar las condiciones geológicas específicas del lugar. Konya 1998 nos habla de que l diseñar un plan de voladura se deben tomar en cuenta cada parte y cada variable, estos planes deben diseñarse y evaluarse paso a paso.

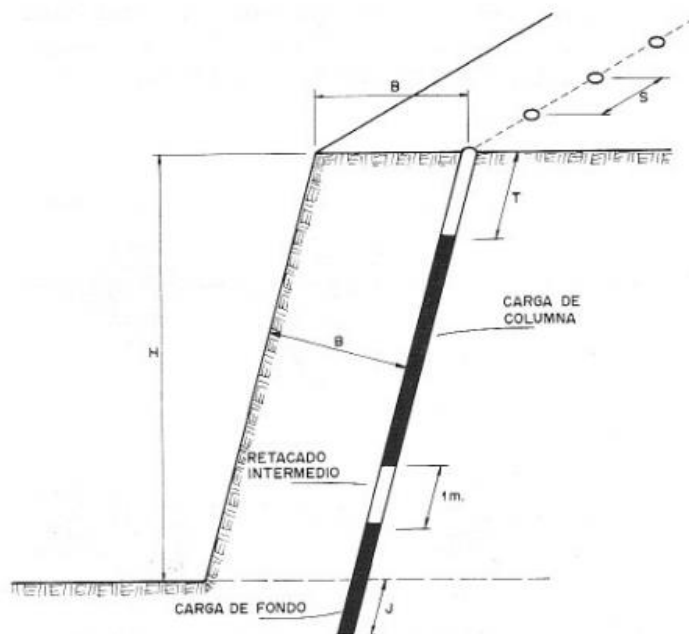


Figura 8 – Esquema de Voladura en Banco. Extraído Manual de Perforación y Voladura de Rocas, López de Jimeno

Bancos: Superficie en el terreno, generalmente horizontal con características geométricas tales, que facilitan las operaciones de perforación, están dispuestas en una altura en metros definida en el plan de mina y en forma escalonada.

Altura de Banco (H): corresponde a la cota topográfica definida por los estudios geotécnicos y avalados en el plan de minas por los entes reguladores (Ministerio de Energía y Minas)

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

Diámetro del Barreno (\emptyset_b): definido por el diámetro de la broca de perforación, diseñado según las características del macizo rocoso, el grado de fragmentación deseado, la altura del banco, configuración del as cargas y por el equipo de perforación seleccionado.

Burden o retiro (B): Distancia más corta a la cara libre, en una malla de perforación, esta variable depende del diámetro de la perforación, de las propiedades de la roca, de los explosivos a utilizar, de la altura del banco y el grado de fragmentación y desplazamiento del material deseadoroca a la altura del banco y lograr una fragmentación y desplazamiento adecuado que permita al equipo de carga alcanzar la cota de excavación prevista.

$$B = \left(\frac{\emptyset_b}{33}\right) \sqrt{\frac{\rho_{exp} \times RWS}{c \times f \times \left(\frac{S}{B}\right)}} \quad (2)$$

Donde

B= burden

\emptyset_b =Diámetro del Barreno en mm

ρ_{exp} = Densidad del Explosivo

RWS=Potencia Relativa en Peso del explosivo

c=Constante para la roca

f= Grado de fractura (fijación). Del taladro

S/B= Radio de espaciamiento a Burden

Espaciamiento (S): Distancia más larga entre barrenos de una misma fila en una malla de perforación, así como en el cálculo del Burden, esta variable depende del retiro y se calcula en función al retiro, el tiempo de retardo de los barrenos y entre barrenos y de la secuencia de encendido.

$$S = 1,25 \times B \quad (3)$$

S= Espaciamiento

B= Burden

Retacado (T): Volumen del barreno relleno de material inerte generalmente en superficie y que esta definido por la relación de carga del barreno y el diámetro del mismo, por regla general al aumentar el diámetro del barreno, aumenta el retacado, guarda relación con este mediante la forma ($T/\varnothing b < 60$). Tiene la misión de confinar y retener los gases producidos durante la explosión para permitir que se desarrolle por completo el proceso de fragmentación de la roca.

$$T = 0,7 \times B \quad (4)$$

Sobreperforación (J): Es la longitud del barreno por debajo del nivel del piso que se necesita para romper la roca a la altura del banco y lograr una fragmentación y desplazamiento adecuado que permita al equipo de carga alcanzar la cota de excavación prevista.

$$J = 0,3 \times B \quad (5)$$

Longitud o Profundidad de la Perforación (L): La longitud de taladro tiene marcada influencia en el diseño total de la voladura y es factor determinante en el diámetro, burden y espaciado. Es la suma de altura de banco más la sobreperforación necesaria por debajo del nivel o razante del piso para garantizar su buena rotura y evitar que queden lomos o resaltos (toes), que afectan al trabajo del equipo de limpieza y deben ser eliminados por rotura secundaria.

$$L = H + J \quad (6)$$

Columna Explosiva: Es la parte activa del taladro de voladura, también denominada “longitud de carga” donde se produce la reacción explosiva y la presión inicial de los gases contra las paredes del taladro. Es importante la distribución de explosivo a

lo largo del taladro, según las circunstancias o condiciones de la roca. Usualmente comprende de (1/2) a (2/3) de la longitud total y puede ser continua o segmentada. Así pueden emplearse cargas sólo al fondo, cargas hasta media columna, cargas a columna completa o cargas segmentadas (espaciadas, alternadas o Deck charges) según los requerimientos incluso de cada taladro de una voladura

Carga de Fondo (Qf): Es la carga explosiva de mayor densidad y potencia requerida al fondo del barreno para romper la parte más confinada y garantizar la rotura al piso, para, junto con la sobreperforación, mantener la rasante, evitando la formación de resaltos o lomos y también limitar la fragmentación gruesa con presencia de bolones.

$$Qf = hf \times qf \quad (7)$$

Donde

$$hf = 1,3 \times B \quad (7)$$

$$qf = \frac{\rho_{exp} \times (\Phi_b)^2}{1276} \quad (8)$$

hf= Altura de Carga de Columna

qf= concentración de carga de columna

Por otra parte se ha desarrollado otra fórmula para reducir el costo de las cargas de fondo, que incluye el peso de la caja, el numero piezas, entre otras constantes, a partir de esto se

$$Qf = \frac{hf}{0,4} \times (1,47 \text{ kg/m}) \quad (9)$$

Carga de Columna (Qc): Se ubica sobre la carga de fondo y puede ser de menos densidad, potencia o concentración ya que el confinamiento de la roca en este sector del taladro es menor, empleándose normalmente ANFO convencional, ANFO Pesado en relaciones de 10/90 a 20/80 o Mezclas (Emulsión/ANFO). La altura de la carga de columna se calcula por la diferencia entre la longitud del taladro y la suma la carga de fondo más el taco

$$Qc = hc \times qc \quad (10)$$

Donde

$$hc = L - hf - T \quad (11)$$

$$qc = \frac{\rho_{exp} \times (\phi_b)^2}{1276} \quad (12)$$

hf= Altura de Carga de Columna

qf= concentración de carga de columna

Carga Total (Qt): La carga total, o carga de columna explosiva representa la suma entre la Carga de Columna y la Carga de Fondo

$$Qt = Qc + Qf \quad (13)$$

Metros lineales de explosivo por banco (Mlcc): no es más que un cálculo entre el explosivo producido por cada metro cubico de barreno

$$Mlcc = hc \times \#Barrenos \quad (14)$$

Nota: Las unidades de las fórmulas son exigencias de los Autores de las mismas, las constantes que aparecen representan factores de conversión calculadas por los mismos.

Capítulo IV

Marco Metodológico

Tipo y Diseño de la Investigación

La investigación utilizada para el trabajo es de tipo exploratoria y descriptiva, ya que a partir de esto se determinó con mayor eficiencia las variables de la planificación a mediano y largo plazo para los planes de voladura de la unidad de voladura de la empresa. Así mismo se obtendrá una guía de procedimientos para atacar paso a paso cada etapa de voladura siguiendo requerimientos de producción por un lado y por el otro respondiendo a las variables técnicas correspondientes al tema.

En efecto la investigación busca tener los pasos correctos a seguir con el fin de abordar cada objetivo de forma eficiente, aplicando técnicas adecuadas para la ejecución de la metodología de investigación, para esto el diseño de la investigación se basó en el diseño de campo en donde se obtuvieron datos directamente en campo sin ser alterados, es decir, al obtener la información en las condiciones originales de los datos, siendo estos los datos primarios o iniciales para atacar los objetivos específicos, de allí nos aseguramos que esta investigación no es experimental.

Identificación de variables

El método exacto para abordar los objetivos planteados se basa en la identificación de la variable principal, tomando como palabra central o clave “fusión”, la idea del diseño se basa en una unión de las canteras, que inicialmente se nos hace directo ya que las variables geotécnicas nos permiten dicha unión, y además la cercanía geográfica de ambas canteras nos proporciona una viabilidad de la fusión. Dicho esto existen diversos procedimientos a seguir con el fin de aprovecharse de las ventajas operacionales y geomecánicas de la zona, colocando la recolección de los datos como prioridad para iniciar los trabajos de diseño. Dicho esto entran como variables de laboreo el diseño de las pistas, las rampas, los cruces y el diseño en general del plan de explotación, que contenga todas las necesidades sin entorpecer ciclo básico de minería.

Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Para la recolección de datos se realizó la observación directa, la cual estuvo dentro de la realización de un esquema de trabajo basado en lo obtenido en campo, y así tomar en cuenta todas las facetas del trabajo. Esta planificación se guio por un tiempo de 8 semanas, distribuyendo las actividades en orden de importancia para desarrollar el diseño. Este plan de trabajo tiene 4 grandes direcciones:

- 1.- Reconocimiento de las Áreas de trabajo de la Empresa
- 2.- Investigación y Recolección de Datos Topográficos y Fotográficos
- 3.- Estructuración de un plan de trabajo siguiendo planes de producción (diseño de plan de perforación y voladura y consideraciones ambientales)
- 4.- Diseño Computarizado de los planes previos y posteriores a las Voladuras hasta llegar a una unión satisfactoria entre las dos canteras cumpliendo con los parámetros de vialidad establecidos por la empresa

Cada una de estas etapas estuvo distribuida entre los distintas unidades de la empresa, y en cada semana había una actividad que iba dirigida a cumplir con los objetivos específicos uno a uno, y a su vez llevar a cabo el Objetivo general.

Para el reconocimiento de las áreas de tomaron aproximadamente 2 semanas, estas dos semanas estuvieron distribuidas entre los departamentos de las oficinas principales ubicadas en Maracay y las unidades de las Canteras en San Sebastián de los Reyes (unidad de voladura, unidad de topografía, unidad de geología). Cada área de trabajo cumple con una planificación que trata de unificar y lograr los objetivos de la empresa, además de la familiarización del equipo de trabajo y los instrumentos a utilizar, se realizó una instrucción en cuanto al uso de las herramientas informáticas AutoCad y CivilCad , así como el GPS, Estación Topográfica y Equipo de Recolección de Datos topográficos con coordenadas REGVEN.

Recolección de datos estuvo conformada por actividades netamente de campo, y con ayuda del equipo de la unidad de topografía y geología, desempeñando las siguientes actividades:

- Calculo de Tiempo aproximado de las perforaciones, a partir del reconocimiento de los equipos de perforación en funcionamiento.
- Recorrido de las Canteras, tomando datos como:

Vías, Áreas de Voladura, límites entre el estéril y el material de interés, rampas.

- Charla Informal con los trabajadores de la unidad de voladura y al supervisor de campo

Patrón de Voladura, El Buen uso de las perforadoras, días efectivos de voladura, cantidad de barrenos por día.

Para el diseño del plan de trabajo se tomó en cuenta los planes de producción y su proyección en los próximos años para tomarlos en cuenta en el diseño de los planes de Voladura, además del requisito de la empresa de un plan quinquenal de explotación. Siguiendo el orden

- Se evaluó el área de afectación de las canteras
- Charla informal con los trabajadores de beneficio mineral y la unidad de producción
- Se estableció una producción con un porcentaje de 15% de aumento para la producción y tener una proyección aproximada de dicha producción

Finalmente el diseño computarizado se basó en las proyecciones de producción y manuales de vida útil de las máquinas de Caterpillar, usando las herramientas informáticas previamente mencionadas

Capítulo V

Proceso de Análisis y Cálculos

Dentro de los planes de ejecución del diseño tendremos las variables, para las voladuras a mediano plazo, para ello tenemos la figura # que nos muestra la vista de planta de las canteras, en ella podremos observar la cercanía geográfica de ambas canteras

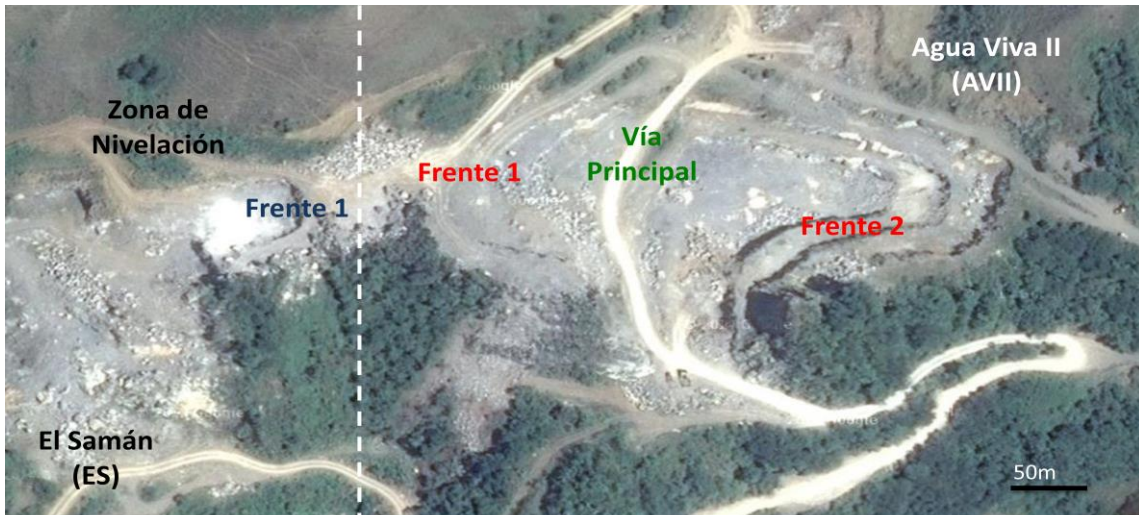


Figura 9 - Vista de planta de las Canteras Agua Viva II y El Samán, con sus frentes de explotación y su vía de acceso principal desde la Cantera Agua Viva II. Extraído de Google Maps.



Figura 10 – Contacto de Caliza con Estéril para la cantera “El Samán”. Fotografías tomadas en Campo

Tabla 1 - Requerimientos de producción para el Quinquenal Agua Viva II 2015-2019.
 Datos proporcionados por el departamento de planificación

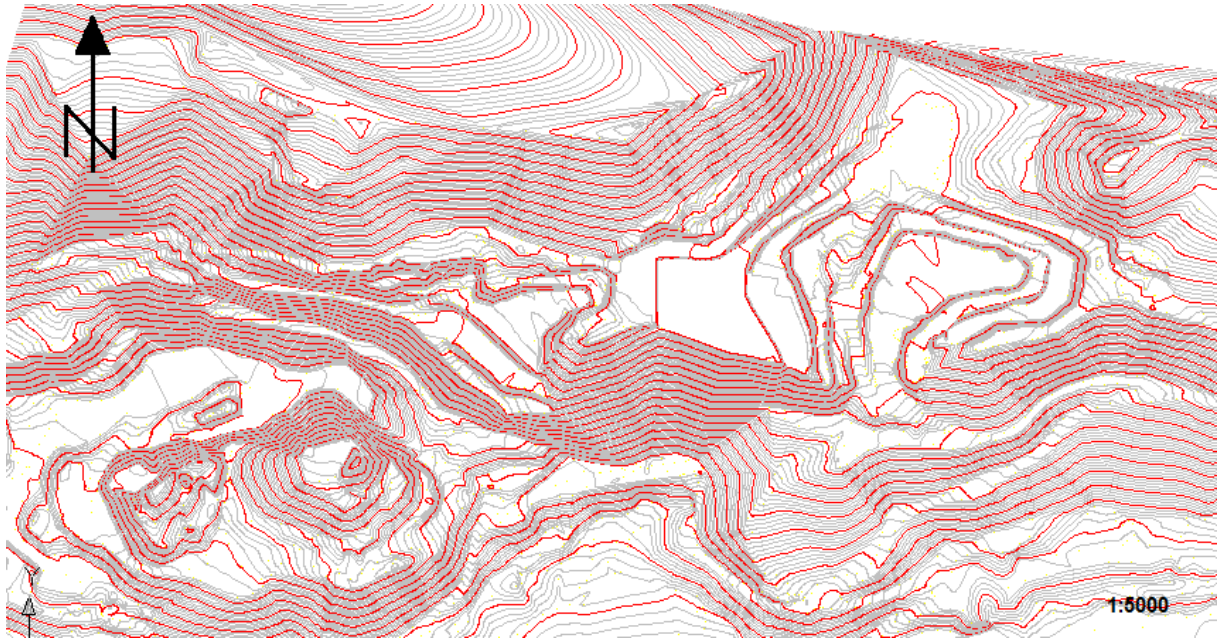
		Factor de esponjamiento	1,5	
Mes	Total Estimado	Caliza Suelta (m ³)	Caliza en banco	Aumento del 20%
	de Caliza por mes		(m ³)	(m ³)
	(m ³)			
Enero	8763			
Febrero	8763	26288	17525	21031
Marzo	8763			
Abril	9227,15			
Mayo	10252	30871,08	20581	24697
Junio	11392			
Julio	10480			
Agosto	9683	31298	20866	25039
Septiembre	11135			
Octubre	12588			
Noviembre	13556	34277	22851	27422
Diciembre	8134			
Total		122734,66	81823,1	98187,72

Tabla 2 - Requerimientos de producción para el Quinquenal El Samán 2015-2019.

Datos proporcionados por el departamento de planificación

		Factor de esponjamiento	1,5	
Mes	Total Estimado	Caliza Suelta (m ³)	Caliza en banco (m ³)	Aumento del 20%
	de Caliza por mes			(m ³)
	(m ³)			
Enero	7308,61			
Febrero	7308,61	21926	14617	17541
Marzo	7308,61			
Abril	7695,96			
Mayo	8551,07	25748	17165	20599
Junio	9501,19			
Julio	8741,09			
Agosto	8076,010183	26105	17403	20884
Septiembre	9287,41			
Octubre	10498,81			
Noviembre	11306,41	28589	19059	22871
Diciembre	6783,85			
Total		102367,63	68245,09	

Otros datos obtenidos en campo, están relacionados con los datos topográficos, los cuales están compuestos en una parte proporcionados por la unidad de topografía, y la otra parte obtenidos en campo



Mapa Topográfico 1 - Punto de Partida para la Fusión de las Canteras. Extraído de la Herramienta AutoCAD 2009.

Cálculos

Pistas

Para el diseño de la pista usamos la formula (1) donde

$$L = 2 \text{ Carriles}$$

$$X = 4,5 \text{ m}$$

$$W = (1,5(2) + 0,5) \times 4,5m$$

$$W = 15,75 \text{ m}$$

Rampas

Para la construcción de rampas se desarrollo un criterio de que las mismas tuviesen una pendiente de máximo 7° , para que los camiones operen con mayor facilidad y eficiencia

Patrón de Voladura

La unidad de voladura por experiencia previa, se emplea como base del patrón un retiro o burden de 3 m y un espaciamento de 3,5. de Igual forma con la formula (3) podemos ver este patrón en donde:

$$\phi_b = 4'' \rightarrow 102 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{exp}} = 1,18 \text{ Kg/cm}^3$$

$$\text{RWS} = 0,96$$

$$c = 1,15$$

$$f = 1$$

$$S/B = 1,25$$

$$B = \left(\frac{102 \text{ mm}}{33} \right) \sqrt{\frac{1,18 \text{ kg/cm}^3 \times 0,96}{1,15 \times 1 \times 1,25}} \quad (2)$$

$$B = 2,74 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

Así el **espaciamento (S)**

$$S = 1,25 \times 3 \text{ m} \quad (3)$$

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

Retacado (T)

$$T = 0,7 \times 3 \text{ m} \quad (4)$$

$$T = 2 \text{ m}$$

Sobreperforación (J)

$$J = 0,3 \times 3 \text{ m} \quad (5)$$

$$J = 1 \text{ m}$$

Sabiendo que tendremos Bancos como máximo de 10 m, es decir $H = 10 \text{ m}$. Tenemos:

$$L = H + J \quad (6)$$

L = 11 m

Para la columna Explosiva tendremos los siguientes datos

Tabla 3 – Datos de los explosivos a utilizar en la voladura. Extraído de los catálogos de los Explosivos y accesorios, cortesía de CAVIM y Orica Mining Services.

Explosivos	ρ explosivo (gr/cm³)	RWS	Unid. Empq	Peso Unid (Kg)	N°. Pz
ANFO	0,80	100	Saco	20	1
Emulsion Senatel Ultrex 65x400	1,18	96	Caja	25	17
Booster Pentex 450Gr	1,60	80	Pieza	0,45	1
Accesorios de Voladura	Unid. Empq	N°. Pz/Caja	Long (ft)		Long (ft)
Det-Conect Handidet	Pieza	50	50		60
Conect Exel	Pieza	50	30		40
Detonador Corriente # 8	Pieza	1	-		-
Mecha Lenta de Seguridad	Metro	1	-		-

Para la Carga de Fondo, tenemos:

B = 3 m

$$hf = 1,13 \times 3 \text{ m} \quad (7)$$

hf = 3,1 m

$$Qf = \frac{3,1 \text{ m}}{0,4} \times (1,47 \text{ kg/m}) \quad (9)$$

Qf = 11 Kg

Para la Carga de Columna:

L = 11 m

hf = 3,1 m

T = 2m

$$hc = 11 \text{ m} - 3,1 \text{ m} - 2 \text{ m} \quad (11)$$

$$h_c = 6 \text{ m}$$

$$\phi_b = 102 \text{ mm}$$

$$q_c = \frac{0,80 \text{ gr/cm}^3 \times (102 \text{ mm})^2}{1276} \quad (12)$$

$$q_c = 6,5 \text{ kg/m}$$

$$Q_c = 6 \text{ m} \times 6,5 \text{ kg/m} \quad (10)$$

$$Q_c = 37,8 \text{ Kg}$$

Carga total

$$Q_t = 11 \text{ kg} + 37,8 \text{ Kg} \quad (13)$$

$$Q_t = 49,2 \text{ Kg / Barreno}$$

Metros lineales de explosivo por banco (Mlcc)

Tomando como dato 224 Barrenos

$$h_c = 6 \text{ m}$$

$$Mlcc = 6 \text{ m} \times 224 \quad (14)$$

$$Mlcc = 1324 \text{ Kg / m}$$

Los accesorios de Voladura

Para cada voladura Se tendrá

- Booster Pentex 450Gr, Uno por cada Barreno → 224 piezas
- Det-Conect Handidet, Uno por barreno → 224 piezas
- Detonador Corriente # 8 → 1 pieza por Voladura
- Conect Exel → Aproximadamente 4 pieza por Voladura
- Mecha Lenta de Seguridad → 1 m de mecha por Voladura

*Estos datos fueron proporcionados por la unidad de Voladura

(Estos datos para el cálculo fueron tomados de la I Etapa de Voladura para la cantera Agua Viva II en el año 2015)

Calculo para la Cantera Agua Viva II

Tabla 4 – Cálculo de los parámetros de Voladura para el año 2015

		2015							
		I		II		III		IV	
		Frente 1	Frente 2	Via	Frente 2	Frente 1	Via	Frente 1	Via
H	m	10	8	6	10	10	5	10	6
B	m	3	3	3	3	3	3	3	3
S	m	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
J	m	1	1	1	1	1	1	1	1
T	m	2	2	2	2	2	2	2	2
L	m	11	9	7	11	11	6	11	7
qc	Kg/cm	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
hc	m	6,0	4	2	6,0	6,0	1	6,0	2
Qc	Kg	39	26	13	39	39	7	39	13
qf	Kg/cm	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
hf	m	3	3	3	3	3	3	3	3
Qf	Kg	11	11	11	11	11	11	11	11
Q _r	Kg	50	37	24	50	50	18	50	24
Volumen en Banco	m ³	23540	11665	12019	35518	24157	16251	33303	11307
Nº de Barrenos	Nº	224	139	191	338	230	310	317	179
MIcc	kg/m	1344	556	382	2028	1380	310	1902	358
MIcc/ANFO	Kg	8736	3614	2483	13182	8970	2015	12363	2327
ANFO	saco	437	181	124	1318	897	100,75	1236	116
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Caja	13,2	8,2	11,2	19,9	13,5	18,2	18,6	10,5
Detonador Excel Handidet	Nº	224	139	191	338	230	310	317	179
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	224	139	191	338	230	310	317	179
Conector Excel Conectadet	Nº	4	4	4	4	4	4	4	4
Detonador Electrico	Nº	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 5 - Cálculo de los parámetros de Voladura para el año 2016

		2016			
		I	II	III	IV
		Via	Frente 1	Frente 1	Frente 1
H	m	10	10	10	10
B	m	3	3	3	3
S	m	3,5	3,5	3,5	3,5
T	m	2	2	2	2
J	m	1	1	1	1
L	m	11	11	11	11
qc	Kg/cm	6,5	6,5	6,5	6,5
hc	m	6,0	6,0	6,0	6,0
Qc	Kg	39	39	39	39
qf	Kg/cm	9,6	9,6	9,6	9,6
hf	m	3	3	3	3
Qf	Kg	11	11	11	11
Q _r	Kg	50	50	50	50
Volumen en Banco	m ³	25754	30186	30806	32963
Nº de Barrenos	Nº	245	287	293	314
MIcc	kg/m	1470	1722	1758	1884
MIcc/ANFO	Kg	9555	11193	11427	12246
ANFO	sacos	478	560	571	612
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Caja	14,4	16,9	17,2	18,5
Detonador Excel Handidet	Nº	245	287	293	314
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	245	287	293	314
Conector Excel Conectadet	Nº	4	4	4	4
Detonador Electrico	Nº	1	1	1	1

Tabla 6 - Cálculo de los parámetros de Voladura para el año 2017

		2017			
		I	II	III	IV
		Frente 1	Nivelación	Frente 2	Frente 2
H	m	10	5	10	10
B	m	3	3	3	3
S	m	3,5	3,5	3,5	3,5
T	m	2	2	2	2
J	m	1	1	1	1
L	m	11	6	11	11
qc	Kg/cm	6,5	6,5	6,5	6,5
hc	m	6,0	1	6,0	6,0
Qc	Kg	39	7	39	39
qf	Kg/cm	9,6	9,6	9,6	9,6
hf	m	3	3	3	3
Qf	Kg	11	11	11	11
Q _T	Kg	50	18	50	50
Volumen en Banco	m ³	24600	23224	23589	30332
Nº de Barrenos	Nº	234	442	225	289
Mlcc	kg/m	1406	442	1348	1733
Mlcc/ANFO	Kg	9137	2875	8761	11266
ANFO	Sacos	914	144	876	1127
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Cajas	13,8	26,0	13,2	17,0
Detonador Excel Handidet	Nº	234	442	225	289
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	234	442	225	289
Conector Excel Conectadet	Nº	4	4	4	4
Detonador Electrico	Nº	1	1	1	1

Tabla 7 - Cálculo de los parámetros de Voladura para el año 2018

		2018			
		I	II	III	IV
		Nivelación	Nivelación	Nivelación	Frente 1
H	m	5	5	5	10
B	m	3	3	3	3
S	m	3,5	3,5	3,5	3,5
T	m	2	2	2	2
J	m	1	1	1	1
L	m	6	6	6	11
qc	Kg/cm	6,5	6,5	6,5	6,5
hc	m	1	1	1	6,0
Qc	Kg	7	7	7	39
qf	Kg/cm	9,6	9,6	9,6	9,6
hf	m	3	3	3	3
Qf	Kg	11	11	11	11
Q _T	Kg	18	18	18	50
Volumen en Banco	m ³	23591	25076	23150	23167
Nº de Barrenos	Nº	449	478	441	221
Mlcc	kg/m	449	478	441	1324
Mlcc/ANFO	Kg	2921	3105	2866	8605
ANFO	Sacos	146	155	143	860
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Cajas	26,4	28,1	25,9	13,0
Detonador Excel Handidet	Nº	449	478	441	221
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	449	478	441	221
Conector Excel Conectadet	Nº	4	4	4	4
Detonador Electrico	Nº	1	1	1	1

Tabla 8 - Cálculo de los parámetros de Voladura para el año 2019

2019					
		I	II	III	IV
		Frente 1	Frente 1	Frente 1	Frente 1
H	m	10	10	10	10
B	m	3	3	3	3
S	m	3,5	3,5	3,5	3,5
T	m	2	2	2	2
J	m	1	1	1	1
L	m	11	11	11	11
qc	Kg/cm	6,5	6,5	6,5	6,5
hc	m	6,0	6,0	6,0	6,0
Qc	Kg	39	39	39	39
qf	Kg/cm	9,6	9,6	9,6	9,6
hf	m	3	3	3	3
Qf	Kg	11	11	11	11
Q _T	Kg	50	50	50	50
Volumen en Banco	m ³	23558	26863	25121	24067
Nº de Barrenos	Nº	224	256	239	229
Mlcc	kg/m	1346	1535	1435	1375
Mlcc/ANFO	Kg	8750	9978	9331	8939
ANFO	Sacos	875	998	933	894
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Cajas	13,2	15,0	14,1	13,5
Detonador Excel Handidet	Nº	224	256	239	229
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	224	256	239	229
Conector Excel Conectadet	Nº	4	4	4	4
Detonador Electrico	Nº	1	1	1	1

Cálculo para la Cantera El Samán

Tabla 9 - Cálculo de los parámetros de Voladura para el año 2015

2015							
		I			II	III	IV
		Frente 1	Nivelacion	Nivelacion	Frente 1	Frente 1	Frente 1
H	m	13	5	3	10	10	10
B	m	3	3	3	3	3	3
S	m	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
J	m	1	1	1	1	1	1
T	m	2	2	1	2	2	2
L	m	14	6	4	11	11	11
qc	Kg/cm	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
hc	m	9,0	1	1	6,0	6,0	6,0
Qc	Kg	59	7	7	39	39	39
qf	Kg/cm	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
hf	m	3	3	1	3	3	3
Qf	Kg	11	11	4	11	11	11
Q _T	Kg	70	18	10	50	50	50
Volumen en Banco	m ³	17516	3327	586	32432	21093	22978
Nº de Barrenos	Nº	191	192	193	194	195	196
Mlcc	kg/m	1719	192	193	1164	1170	1176
Mlcc/ANFO	Kg	11174	1248	1255	7566	7605	7644
Sacos de ANFO	saco	1676	62	31	757	761	764
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Caja	22,5	11,3	11,4	11,4	11,5	11,5
Detonadores Handidet	Nº	191	192	193	194	195	196
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	191	192	193	194	195	196
Conector Excel Conectadet	Nº	4	4	4	4	4	4
Detonador Electrico	Nº	1	1	1	1	1	1

Tabla 10 - Cálculo de los parámetros de Voladura para el año 2016

2016					
		I	II	III	IV
		Frente 1	Frente 1	Frente 1	Frente 1
H	m	10	10	10	10
B	m	3	3	3	3
S	m	3,5	3,5	3,5	3,5
T	m	2	2	2	2
J	m	1	1	1	1
L	m	11	11	11	11
qc	Kg/cm	6,5	6,5	6,5	6,5
hc	m	6,0	6,0	6,0	6,0
Qc	Kg	39	39	39	39
qf	Kg/cm	9,6	9,6	9,6	9,6
hf	m	3	3	3	3
Qf	Kg	11	11	11	11
Q _T	Kg	50	50	50	50
Volumen en Banco	m ³	20929	23410	26043	23188
Nº de Barrenos	Nº	199	223	248	221
Mlcc	kg/m	1196	1338	1488	1325
Mlcc/ANFO	Kg	7176	8026	8929	7950
ANFO	sacos	718	803	893	795
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Caja	11,7	13,1	14,6	13,0
Detonador Excel Handidet	Nº	199	223	248	221
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	199	223	248	221
Conector Excel Conectadet	Nº	4	4	4	4
Detonador Electrico	Nº	1	1	1	1

Tabla 11 - Cálculo de los parámetros de Voladura para el año 2017

2017					
		I	II	III	IV
		Frente 1	Frente 1	Frente 1	Frente 1
H	m	10	10	10	10
B	m	3	3	3	3
S	m	3,5	3,5	3,5	3,5
T	m	2	2	2	2
J	m	1	1	1	1
L	m	11	11	11	11
qc	Kg/cm	6,5	6,5	6,5	6,5
hc	m	6,0	6,0	6,0	6,0
Qc	Kg	39	39	39	39
qf	Kg/cm	9,6	9,6	9,6	9,6
hf	m	3	3	3	3
Qf	Kg	11	11	11	11
Q _T	Kg	50	50	50	50
Volumen en Banco	m ³	19126	23009	21893	25931
Nº de Barrenos	Nº	182	219	209	247
Mlcc	kg/m	1093	1314	1254	1482
Mlcc/ANFO	Kg	1093	8541	8151	9631
ANFO	Sacos	109	854	815	963
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Cajas	10,7	12,9	12,3	14,5
Detonador Excel Handidet	Nº	182	219	209	247
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	182	219	209	247
Conector Excel Conectadet	Nº	4	4	4	4
Detonador Electrico	Nº	1	1	1	1

Tabla 12 - Cálculo de los parámetros de Voladura para el año 2018

		2018			
		I	II	III	IV
		Frente 1	Frente 1	Frente 1	Frente 1
H	m	10	10	8	8
B	m	3	3	3	3
S	m	3,5	3,5	3,5	3,5
T	m	2	2	2	2
		1	1	1	1
L	m	11	11	9	9
qc	Kg/cm	6,5	6,5	6,5	6,5
hc	m	6,0	6,0	4	4
Qc	Kg	39	39	26	26
qf	Kg/cm	9,6	9,6	9,6	9,6
hf	m	3	3	3	3
Qf	Kg	11	11	11	11
Q _T	Kg	50	50	37	37
Volumen en Banco	m ³	27283	25660	24516	21475
Nº de Barrenos	Nº	260	244	292	256
MIcc	kg/m	1560	1464	1168	1024
MIcc/ANFO	Kg	9360	8784	4672	4096
ANFO	Sacos	936	878	234	205
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Cajas	15,3	14,4	17,2	15,1
Detonador Excel Handidet	Nº	260	244	292	256
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	260	244	292	256
Conector Excel Conectadet	Nº	4	4	4	4
Detonador Electrico	Nº	1	1	1	1

Tabla 13 - Cálculo de los parámetros de Voladura para el año 2019

		2019			
		I	II	III	IV
		Frente 1	Frente 1	Frente 1	Frente 1
H	m	10	10	10	10
B	m	3	3	3	3
S	m	3,5	3,5	3,5	3,5
T	m	2	2	2	2
J	m	1	1	1	1
L	m	11	11	11	11
qc	Kg/cm	6,5	6,5	6,5	6,5
hc	m	6,0	6,0	6,0	6,0
Qc	Kg	39	39	39	39
qf	Kg/cm	9,6	9,6	9,6	9,6
hf	m	3	3	3	3
Qf	Kg	11	11	11	11
Q _T	Kg	50	50	50	50
Volumen en Banco	m ³	28431	26250	26175	25632
Nº de Barrenos	Nº	271	250	249	244
MIcc	kg/m	1625	1500	1496	1465
MIcc/ANFO	Kg	10560	9750	9722	9521
ANFO	Sacos	1056	975	972	952
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Cajas	15,9	14,7	14,7	14,4
Detonador Excel Handidet	Nº	271	250	249	244
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	271	250	249	244
Conector Excel Conectadet	Nº	4	4	4	4
Detonador Electrico	Nº	1	1	1	1

Capítulo VI – Resultados

Una vez hecho los cálculos correspondientes se tiene la Planificación para la cada cantera desde el año 2015 – 2019, como representación del plan quinquenal propuesto por la cantera.

Planificación de la Unidad de Voladura

Tomando en cuenta IV etapas de Voladura por año, pre establecido entre el departamento de Planificación y la unidad de Voladura se tiene

Tabla 14 – Áreas de voladura para la cantera Agua Viva. Las letras F, y F1 representan al frente 1, la N a los trabajos de nivelación de la cantera y V correspondiente a la vialidad

Agua Viva II (2015-2019)									
Etapa de Voladura		I		II		III		IV	
Frentes		1	2	1	2	1	2	1	2
2015	Area (m ²)	2.354	1.458	2.003	3.552	2.416	3.250	3.330	1.884
	Altura (m)	10	8	6	10	10	5	10	6
	Volumen (m ³)	23540	11665	12019	35518	24157	16251	33303	11307
	Nº de Barrenos	224	139	191	338	230	310	317	179
	Cota	475(F1)	468(F2)	460(V)	460(F2)	465(F1)	460(V)	465(F1)	450(V)
Etapa de Voladura		I		II		III		IV	
2016	Area (m ²)	2.575		3.019		3.081		3.296	
	Altura (m)	10		10		10		10	
	Volumen (m ³)	25754		30186		30806		32963	
	Nº de Barrenos	245		287		293		314	
	Cota	450(V)		455(F)		455(F)		445(F)	
Etapa de Voladura		I		II		III		IV	
2017	Area (m ²)	2.460		4.645		2.359		3.033	
	Altura (m)	10		5		10		10	
	Volumen (m ³)	24600		23224		23589		30332	
	Nº de Barrenos	234		442		225		289	
	Cota	445(F)		440 (N)		450(F2)		450(F2)	
Etapa de Voladura		I		II		III		IV	
2018	Area (m ²)	4.718		5.015		4.630		2.317	
	Altura (m)	5		5		5		10	
	Volumen (m ³)	23591		25076		23150		23167	
	Nº de Barrenos	449		478		441		221	
	Cota	440(N)		440(N)		440 (N)		435(F)	
Etapa de Voladura		I		II		III		IV	
2019	Area (m ²)	2.356		2.686		2.512		2.407	
	Altura (m)	10		10		10		10	
	Volumen (m ³)	23558		26863		25121		24067	
	Nº de Barrenos	224		256		239		229	
	Cota	435(F1)		435(F1)		435(F1)		435(F1)	

Tabla 15 – Áreas de voladura para la cantera El Samán, los movimientos de tierra pertenecen a una apertura futura de otro frente de producción

El Samán (2015 - 2019)

Etapa de Voladura		I			II	III	IV			
		1	2	3			1	Mov. Tierra		
2015	Area (m ²)	1.347	665	195	3.243	2.109	2.298	Se Establece el terreno para la limpieza		
	Altura (m)	13	5	3	10	10	10			
	Volumen (m ³)	17516	3327	586	32432	21093	22978			
	Nº de Barrenos	191	192	193	194	195	196			
	Cota	490	490 (Max)	475	475	465	465			
Etapa de Voladura		I			II		III		IV	
		1	Mov. Tierra	1	Mov. Tierra	1	Mov. Tierra	1	Mov. Tierra	
2016	Area (m ²)	2.093			2.341	El la parte superior, Cota Sup a 490	2.604	El la parte superior, Cota Sup a 490	2.319	El la parte superior, Cota Sup a 490
	Altura (m)	10			10		10		10	
	Volumen (m ³)	20929			23410		26043		23188	
	Nº de Barrenos	199			223		248		221	
	Cota	455			455		445		445	
Etapa de Voladura		I		II		III		IV		
		1	Mov. Tierra	1	Mov. Tierra	1	Mov. Tierra	1	Mov. Tierra	
2017	Area (m ²)	1913		El la parte superior, Cota Sup a 490	2.301	El la parte superior, Cota Sup a 490	2.189	El la parte superior, Cota Sup a 490	2.593	El la parte superior, Cota Sup a 490
	Altura (m)	10			10		10		10	
	Volumen (m ³)	19126			23009		21893		25931	
	Nº de Barrenos	182			219		209		247	
	Cota	235			235		235		505-490	
Etapa de Voladura		I		II		III		IV		
		1	Mov. Tierra	1	Mov. Tierra	1	Mov. Tierra	1	Mov. Tierra	
2018	Area (m ²)	2.728		En la Montaña	2.566	Terraceo	3.065	Terraceo	2.684	Terraceo
	Altura (m)	10			10		8		8	
	Volumen (m ³)	27283			25660		24516		21475	
	Nº de Barrenos	260			244		292		256	
	Cota	435			505 - 490		235		505 - 490	
Etapa de Voladura		I		II		III		IV		
2019	Area (m ²)	2.843			2625	2617	2563			
	Altura (m)	10			10	10	10			
	Volumen (m ³)	28431			26250	26175	25632			
	Nº de Barrenos	271			250	249	244			
	Cota	480			480	480	480			

Explosivos Totales por Año

Siguiendo los objetivos del trabajo, el cálculo de cada año para elemento de las Voladura por Año, basándonos en las tablas de cálculos en el capítulo anterior se obtiene

Tabla 16 - Accesorios de Voladura para el plan quinquenal, Cantera Agua Viva II

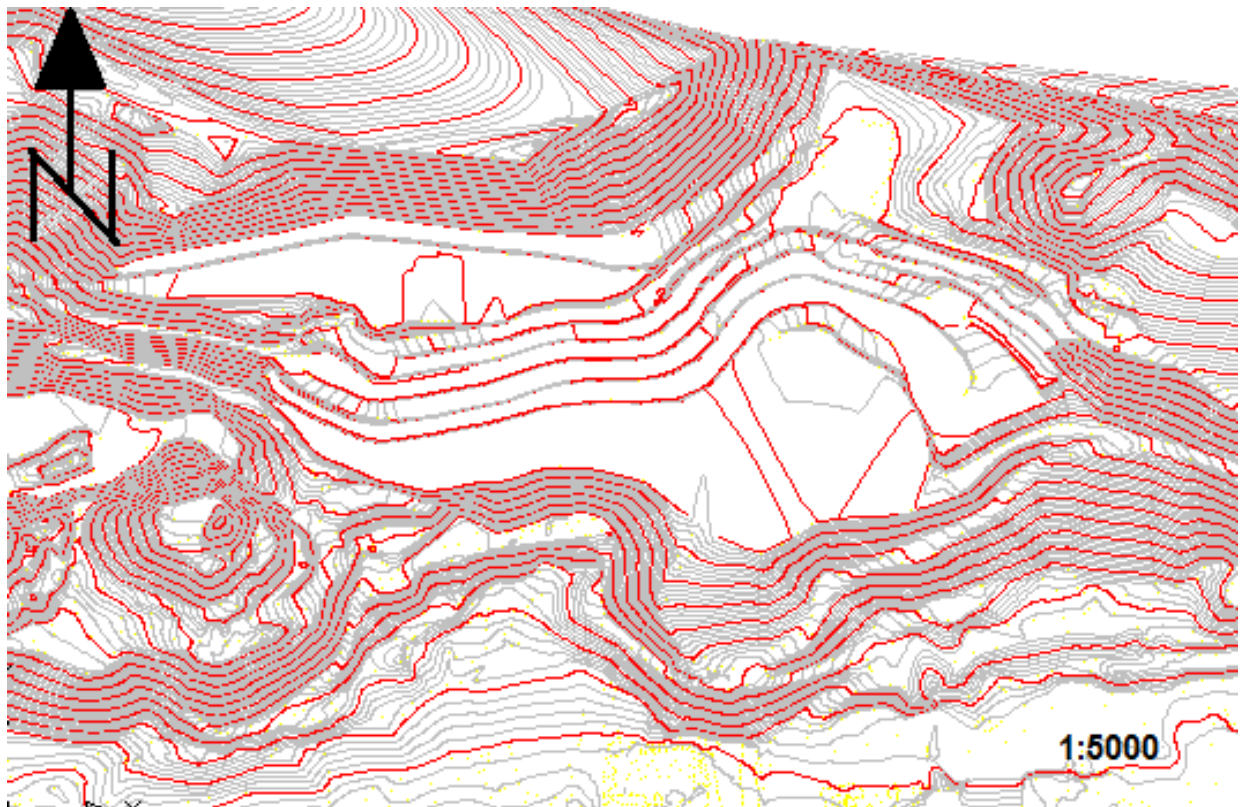
Elementos de la Voladura	Uni	2015	2016	2017	2018	2019
Volumen en Banco	m ³	167760	119710	101745	94983	99609
Nº de Barrenos	Nº	1928	1139	1190	1589	949
Mlcc	kg/m	8260	6834	4929	2692	5692
Mlcc/ANFO	Kg	53690	44421	32040	17496	36998
ANFO	Sacos	4410	2221	3060	1305	3700
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Cajas	113	67	70	93	56
Detonador Excel Handidet	Nº	1928	1139	1190	1589	949
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	1928	1139	1190	1589	949
Conector Excel Conectadet	Nº	32	16	16	16	16
Detonador Electrico	Nº	8	4	4	4	4

Tabla 17 - Accesorios de Voladura para el plan quinquenal, Cantera El Samán

Elementos de la Voladura	Uni	2015	2016	2017	2018	2019
Volumen en Banco	m ³	97932	93570	89959	98934	106488
Nº de Barrenos	Nº	1161	891	857	1052	1014
Mlcc	kg/m	5614	5347	5143	5216	6085
Mlcc/ANFO	Kg	36491	32081	27416	26912	39553
ANFO	Sacos	4051	3208	2742	2253	3955
Emulsión Senatel Ultrex 65x400 mm	Cajas	80	52	50	62	60
Detonador Excel Handidet	Nº	1161	891	857	1052	1014
Booster Minero Pentex PP450 (450 gr.)	Nº	1161	891	857	1052	1014
Conector Excel Conectadet	Nº	24	16	16	16	16
Detonador Electrico	Nº	6	4	4	4	4

Diseño de las Canteras ya fusionadas

La unificación de las canteras esta representada, como una propuesta y además una proyección. Que como se puede observar en el mapa topográfico 2, se mantiene una altura de banco de 10 m, rampas con máximo de 7% de pendiente. Sin embargo ya para el 2017, esta unificación debería de estar lista como se puede observar en el mapa topográfico 3, en donde se ve la continuidad de la vialidad de una mina a otra iniciando los procesos de unificación y/o fusión.



Mapa topográfico 2 – Diseño de las canteras ya fusionadas. Extraído de la herramienta de dibujo asistido AutoCAD.

Patrón de Voladura:

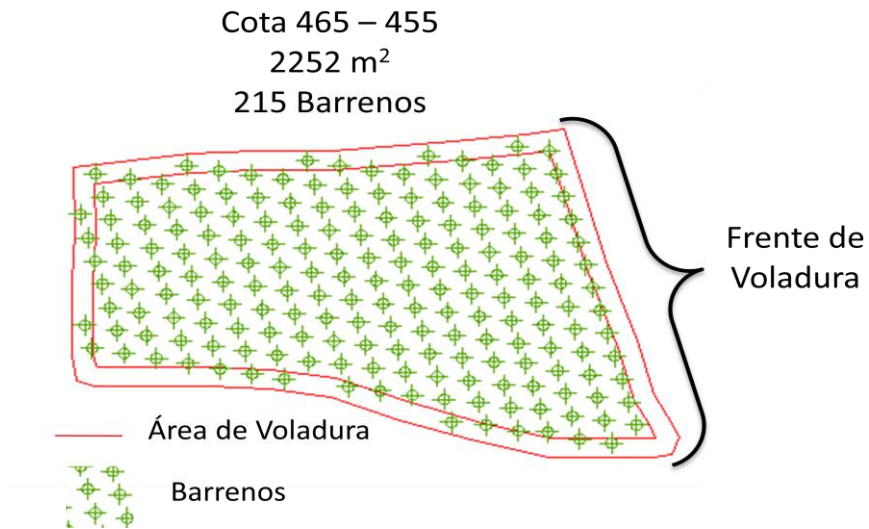
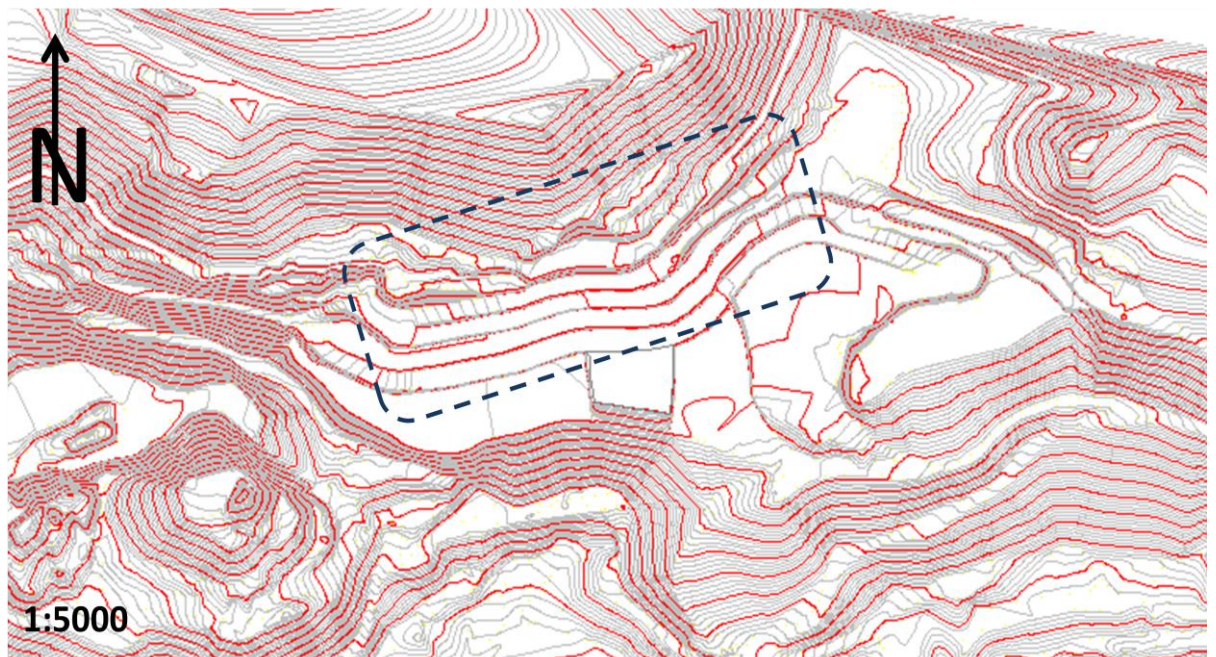


Figura 11 - Ejemplo de Patrón de Voladura para la IV Etapa de Voladura del año 2015, Cantera Agua Viva II.
Extraído de la herramienta de dibujo asistido AutoCAD.



Mapa topográfico 3 – Proyección de la unión de las canteras en el año 2017

Capítulo VII

Análisis de Resultados

Previamente se pudieron observar tablas y figuras que nos muestran las etapas iniciales y finales de cada proceso al cual se sometió este proyecto, y como sería el plano topográfico aproximado a proyectándose al 2019. Este diseño es una visualización realizada por factores como las herramientas computacionales y las bases bibliográficas. Ahora bien si nos fijamos en la tabla 1 en donde están los datos de producción de una de las canteras a estudiar la producción varía por cada etapa de voladura, además serán manejadas 4 voladuras por año tomando en cuenta un 20% adicional. Esto se maneja de tal forma que luego de evaluar qué era lo más conveniente para la producción y para la comodidad de la empresa se decidió tener 4 voladuras al año.

Una vez aclarado el sistema de voladuras al año y su porcentaje adicional, se tiene un plan completo por 5 años, que inicia en el 2015 y culmina en el 2019, para Agua Viva II se tiene en algunos casos en donde existen 2 frentes de voladura, esto sucede porque era de gran importancia demoler la vía principal, ya que esta vía tiene una rampa principal de más de 15°, y así construir vías y rampas más funcionales menores a 10° que disminuyeran el daño en las maquinarias que realizan el acarreo en la mina (Ver tabla 1). De igual forma la Cantera El Samán tiene en los primeros años áreas muy pequeñas comparadas con las demás, lo cual involucra diferentes procesos de voladura para nivelar el terreno y se ve reflejado en la tabla 8, de igual formase observa que existen recuadros dando énfasis a un movimiento de tierra, esto tiene como finalidad limpiar y terracear la parte superior de la montaña y así poder tener otro frente de voladura, es importante saber que la cantera de El Samán tiene altos problemas para tener material, inclusive se nota que desde el 2015 empiezan los trabajos de limpieza en la figura # se puede ver como esta dicha cota superior a los 500 no representa mayor producción, por lo tanto el suelo siguiendo la traza de contacto de estéril con roca caliza podemos aumentar el área superior y colocarle como área próxima a voladura.

Al momento de realizar los patrones de voladura se mantuvo el patrón manejado por la empresa ya que por experiencia previa, el patrón muestra en la figura #1 se puede observar cómo desde la herramienta AutoCAD se obtiene una vista aproximada del patrón, por efectos de geometría el patrón debe sufrir cambios, además de la onda que

genera el mismo al momento de la voladura, es por ello que los frentes se les ubico una cara libre segura con el fin de evaluar factores de seguridad.

Tomando en cuenta todos los planes de voladura reflejados en las tablas previamente citadas, están acompañados de cada una de las posteriores correspondientes a los cálculos de los patrones y accesorios de voladura, con todos estos procesos y garantizando la eficiencia del trabajo a lo largo de los planes de arranque, carga y acarreo de material, se puede proyectar una unión en los próximos 2 años, es decir, que para el 2017, en el mejor de los escenarios se esperaría una unión entre las dos canteras como se puede observar en el mapa topográfico 3. Dicho esto, la unión de las canteras está acompañada por nuevas vías, con rampas apropiadas para los camiones que transitan en las pistas, y dejando todos los parámetros de seguridad y espacio de maniobrabilidad de las operaciones.

Capítulo VIII

Conclusiones

El trabajo de fusión de las canteras Agua Viva II y El Samán no solo represento un trabajo interdisciplinario, sino también una serie de factores que involucran factores externos que no pertenecen a la unidad de voladura, como lo son los estudios geológicos previos, de los cuales solo se conoce la existencia del léxico venezolano, en decir, sin al momento de realizar una explotación minera el conocimiento del yacimiento es de carácter primordial, sin este la planificación se ve sometida a procedimientos empíricos y de ensayo y error que al momento de inversiones de cualquier índole, como lo es la minería representa un factor a tomar en cuenta primero que todo.

Seguidamente aunque el estudio geológico no exista, el departamento de planificación establece lineamientos para la extracción metros cúbico banco por cada proceso de voladura realizado, esta es llamada la planificación de la unidad de Voladura, donde las voladuras se planificaron logrando cumplir las metas de producción, de manera que al momento de realizar los planes quinquenales establecidos por planificación, se tiene un esquema diseñado para la optimización de los procesos en las canteras.

Las voladuras representan la producción de cada cantera, de lo que depende cada proceso del plan de explotación, sin una organización previamente revisada y evaluada por los directivos competentes, se puede correr el riesgo de no llegar a un límite inferior, este trabajo induce y guía la unidad de voladura a una planificación de hasta 5 años, dando planos, patrones de voladuras, calculo de explosivos, lo que no solo es positivo para esta unidad, sino para lograr como empresa metas de producción, que sigan planes nacionales y ayudan a impulsar el desarrollo minero y obrero de la zona.

Capítulo IX

Recomendaciones

- Se recomienda que en la brevedad se realice un estudio de prospección geológica, y aunque esta inversión está contemplada dentro de un departamento de geología creado por la empresa, no existen estudios geológicos previos que puedan garantizar todos los aspectos químicos y característicos del mineral de la zona
- Es importante destacar que adicional a este estudio geológico, un plan de certificación de las reservas probadas de la mina es fundamental, conociendo así la vida útil de las minas.
- Las voladuras representan una planificación a largo plazo de la fusión de las canteras, de modo que dependiendo de cada proceso pueden ir cambiando las variables, en cuanto a nivelación y/o planificación, es por ello que se podrían aumentar los patrones de Voladura si y solo si las características del material no son favorables para el fin del material. Ya que el yacimiento puede cambiar a lo largo de la extensión territorial
- Las proyecciones en las Herramientas de ayuda asistida deberían estar mas desarrolladas en la empresa, como el uso de softwares gratis que se pueden encontrar en línea, y así tener una mejor aproximación aplicada a minería
- Es recomendable una capacitación de la cuadrilla de perforación, para evitar problemas en las voladuras, siempre pensando en la eficiencia de los procesos de perforación y voladura.

Capítulo X

Referencias Bibliográficas

- Contreras J., Manual de Perforación y Voladura de Rocas, (2012), Universidad Central de Venezuela, Caracas Venezuela
- Dwayne D. Tannant, Bruce Regensburg, Guidline for Mine Haul Road Desing, (2001) University of British Columbia - Okanagan Kelowna, B.C. CANADA
- Herrera, J. Métodos de Minería a Cielo Abierto, Universidad Politecnica de Madrid (2008)
- Holdman, P. Caterpillar® Haul Road Design and Management, Big Iron University (2006)
- Kaliyn J Konya, Manual de Diseño de Voladuras, , Ediciones Cuicatl, Primera Edición, D.F. México, 270pp. 1.998
- López Jimeno Carlos, López Jimeno Emilio, Pernia Llera José María, Ortiz de Urbina Fernando Pla, Manual de Perforación y Voladura de Rocas, – Instituto Geologico y Minero de España IGME, Madrid, España. 580pp, 2006
- PDVSA, Léxico Estratigráfico de Venezuela, Petróleos de Venezuela, S.A.. PDVSA, , Caracas, Venezuela. 280pp, 1.980
- Portal Minero, Manual General de Minería y Metalurgia (2008), Gobierno de Chile