

INTRODUCCIÓN

El proceso de voladura es la acción de fracturar o fragmentar la roca, el suelo duro, el hormigón o de desprender algún elemento metálico, mediante el empleo de explosivos. Las mismas se realizan para lograr un objetivo predeterminado, pueden ser controladas, o no, puede ser a cielo abierto, en galerías o debajo del agua.

En dicho proceso intervienen determinadas variables que, en algunos casos son controlables y en otros casos no se pueden controlar que afectan e intervienen directamente con el proceso antes descrito.

En atención a lo expuesto, el objetivo general está dirigido a determinar y analizar cuáles son las variables controlables y no controlables que intervienen en el proceso de voladuras de rocas.

A los fines de alcanzar el objetivo de este estudio se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Identificar y describir las variables controlables que intervienen en el proceso de voladura de rocas.
- ✓ Identificar y describir las variables no controlables que intervienen en el proceso de voladura de rocas.
- ✓ Realizar tabla descriptiva donde se detalle la labor y los resultados obtenidos en las 13 salidas de campo.

Las limitaciones encontradas durante en desarrollo de este trabajo, se centraron en la falta de investigaciones previas referentes a las variables no controlables, en vista que estas no son descritas en la mayoría de los textos dedicados a la materia. Por tal razón, el presente trabajo representara un beneficio a los estudiantes de ingeniería de minas que buscan investigar en nuevas áreas relacionadas con voladuras de diferentes tipos.

CAPÍTULO I RESEÑA HISTÓRICA

La empresa, INVERSIONES LAS GEMELAS, C.A., fundada en el año 2006, es una empresa dedicada a prestar servicios en las áreas de perforación, voladura y asesoría técnica, sus oficinas administrativas y talleres se ubican en el sector Patanemo del municipio Puerto Cabello del Estado Bolivariano de Carabobo, actualmente la empresa cuenta con profesionales en el área de las ciencias de la tierra (geología y minas), con amplia experiencia en las áreas campo, diseño, planificación, inspección, supervisión y ejecución de obras donde se hace necesario llevar a cabo voladuras controladas a cielo abierto como método fiable y seguro para la fragmentación de rocas con durezas que superan la calidad de medias (>80MPa).

INVERSIONES LAS GEMELAS, C.A., se encuentra debidamente inscrita ante la Dirección General de Armas y Explosivos (DAEX), del Ministerio del Poder Popular para la Defensa (MPPD), con número de registro N°0142-EE-CA y número de serial N° 002118, registro vigente a la fecha, el cual le acredita como empresa autorizada para el Uso y Manejo de Materiales Explosivos en labores civiles (Obras a cielo abierto en minas, canteras, obras civiles), según lo establecido en el Artículo 324 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela y lo establecido en la Ley sobre Armas y Explosivos publicado en Gaceta Oficial N° 5.486 del 31 de agosto de 2.000. Se anexa con este Addendum, copia de este registro y síntesis curricular de la empresa.

Misión de la Empresa

INVERSIONES LAS GEMELAS, C.A., tiene como misión la prestancia de servicios de perforación, maquinaria pesada y asistencia técnica especializada en el área de minas, mediante equipos diseñados y en plena capacidad operativa, para satisfacer las necesidades de nuestros clientes en el área de la minería de los no metálicos, voladuras civiles, obras, demoliciones de estructuras.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Las actividades consistieron en participar periódicamente en labores de voladuras a cielo abierto con la empresa Inversiones Las Gemelas C.A.; durante nuestra participación se realizaron un total de 13 voladuras, de las cuales, 6 voladuras fueron de producción en Canteras, 6 voladuras tuvieron el fin de adecuar el terreno terraceandolo para el paso del tramo ferroviario Tinaco-Anaco, ubicado en el sector Dos Caminos del estado Guárico y una demolición controlada con el uso de explosivos industriales con el objetivo de demoler el puente de Santa Cecilia, ubicado en la Autopista Francisco Fajardo de la Capital del País.

Las voladuras con fines de producción se realizaron en las siguientes canteras:

A.- Cantera Mar Azul. Ubicada en Puerto Cabello, estado Carabobo.

B.- Cantera Tacarigua. Ubicada en Puerto Cabello, estado Carabobo.

C.- Cartera El Turpial, Ubicada en Las tejerías, estado Miranda.

D.- Cantera Urama. Ubicada en Puerto Cabello, estado Carabobo.

E.- Cantera Clarines. Ubicada en Clarines, estado Anzoátegui.

F.- Cantera Miranda. Ubicada en Miranda, estado Carabobo.

Las voladuras destinadas al paso del tramo ferroviario Tinaco-Anaco, se realizaron en la localidad de Dos Caminos, estado Guárico, para el INSTITUTO DE FERROCARRILES DEL ESTADO (IFE).

Para cada uno de los trabajos de voladura se realizó la siguiente metodología de trabajo:

1.- Se realiza un viaje el día anterior a la actividad, esto con el objetivo de realizar las actividades propias de la voladura a tempranas horas de la mañana.

2.- Una vez en el frente de trabajo se inician las labores de descargar el material desde el vehículo que lo transporta. En los casos cuando el frente no permite el paso directo del vehículo, es necesario descargar el material en otros medios que permitan llevarlo hasta el frente.

3.- Con el material en el frente, se inician las labores de distribución del material, de tal manera que cada barreno cuente con la cantidad de explosivo necesaria para su correcta carga.

4.- Con el material distribuido, se procede a cargar cada barreno con el material explosivo, siguiendo la siguiente metodología:

A.- Liberar el detonador de su envoltura e introducirlo en el booster de pentolita.

B.- Bajar el booster hasta el fondo del barreno con mucho cuidado para evitar cortes en el tubo de choque o cualquier iniciación repentina del detonador.

C.- Amarrar con una roca el tubo de choque.

D.- Introducir la cantidad de emulsión necesaria en el barreno hasta cumplir con la carga de fondo calculada.

E.- Abrir la cantidad de sacos de ANFO que sean necesarios para cumplir con la carga de columna calculada.

F.- Verificar con una vara de pvc que el taco tiene la longitud calculada.

G.- Realizar el taqueo del barreno, procurando no realizar cortes en el tubo de choque.

5.- Una vez realizada la carga, se procede a realizar las conexiones, respetando la secuencia de detonación calculada.

6.- Se procede a preparar la mecha lenta de seguridad en longitud y número, para adorsarle en un extremo el detonador corriente # 8, y en el otro extremo el encendedor rápido de mecha.

7.- Se coordina con el personal de seguridad industrial, el cierre del perímetro de seguridad establecido, una vez este perímetro este liberado se da la señal de inicio del encendido de mecha.

8.- Finalmente se enciende la mecha lenta de seguridad y el testigo de mecha, se hace la evacuación del personal designado para esta actividad hasta el límite del perímetro de seguridad y se espera el tiempo de detonación.

9.- Una vez detonen las cargas y se da paso a la voladura, se espera un tiempo prudencial para la disipación de los gases tóxicos que pueden haberse generado en la voladura y el despeje del área del polvo generado, para ingresar al área y efectuar el chequeo y revisión de seguridad preestablecido en las normas internacionales.

CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO

3.1 Explosivos

Es un medio físico para disponer de una energía bajo unas características químicas concentradas y muy particulares, se alojan en cantidades de unidades de peso adecuadamente distribuidas en el interior del macizo rocoso de tan manera que al ser liberada esta energía de forma controlada en espacio y tiempo pueden lograr la fragmentación de dicho macizo.

3.2 Deflagración

Es un proceso exotérmico en el que la transmisión de la reacción de descomposición se rige bajo el principio de conductividad térmica, se trata de un fenómeno superficial en el que el frente de deflagración se propaga por la superficie del explosivo en capas paralelas a una velocidad baja que por lo general no supera los 1.000m/seg.

3.3 Detonación

Es un proceso físico-químico caracterizado por su gran velocidad de reacción y formación de gases en grandes cantidades a temperaturas elevadas, que adquieren una gran fuerza expansiva. La cesión por conductividad del calor generado en una detonación por las moléculas gasificadas de un explosivo al alcanzar su velocidad máxima, no es posible, sino que es transmitida a las demás moléculas por choque a la zona inalterada de carga, deformándola y produciendo su calentamiento y explosión adiabática con generación nuevos gases.

La energía de iniciación en los explosivos deflagrantes o pólvoras puede ser una llama, mientras que en los explosivos detonantes, se requiere de una energía en forma de onda de choque, una vez iniciado el explosivo, se genera una onda de choque a presión que se propaga a través de su masa, esta onda da la energía necesaria para activar las moléculas de la masa del explosivo alrededor del foco iniciador de energizado, provocando así una reacción en cadena.

El explosivo que reacciona produce una gran cantidad de gases a altas temperaturas, esta actúa sobre la masa que aún no ha detonado en forma de una presión secundaria, su efecto se suma al de la onda de presión primaria, pasando de un proceso de deflagración a otro de detonación, en el caso en que la onda de presión de los gases actúe en sentido contrario a la masa del explosivo sin detonar, se produce un régimen de deflagración lenta, de tal manera que al ir perdiendo energía la onda de detonación primaria llega en casos a ser incapaz de energizar al resto de la masa de explosivo produciéndose la detención de la detonación, en estos casos los barrenos quedan cargados siendo un peligro para la seguridad de las demás actividades en la mina o cantera, incluso en obras civiles.

3.4 Propiedades de los Explosivos

3.4.1 Potencia y Energía

Es la cantidad de energía disponible para la generación de un efecto mecánico. Existen diferentes formas de expresar la potencia de un explosivo, cuando la dinamita era el explosivo base, la potencia se media de acuerdo al porcentaje de Nitroglicerina (NG), con la sustitución parcial de esta por otros productos y la ejecución de ensayos de laboratorio se dio origen a la expresión Potencia Relativa en Peso (Relative Weight Strength o RWS) y Potencia Relativa por Volumen (Relative Bulk Strength o RBS), para lo cual se toma como patrón al ANFO, al cual se le asigna el valor 100.

3.4.2 Velocidad de Detonación

Es la velocidad a la que la onda de detonación se propaga a través del explosivo y por lo tanto es el parámetro que define el ritmo de liberación de energía. Dentro de los factores que podemos mencionar que afectan la VOD, tenemos:

- ✓ Densidad de la Carga
- ✓ El Diámetro
- ✓ El Confinamiento
- ✓ La Iniciación
- ✓ El Envejecimiento del Explosivo

3.4.3 Densidad

La densidad de la gran mayoría de los explosivos varía entre (0,80 – 1,60) gr/cm³, y al igual que con la VOD, mientras mayor es, mayor es el efecto rompedor del explosivo. En los explosivos tipo agentes la densidad puede ser un factor crítico, puesto que al ser bajas son sensibles al cordón detonante que los comienza a iniciar antes de la detonación del multiplicador o cebo, pero si esta es muy alta pueden hacerse insensibles y no detonar (Densidad de Muerte). La densidad de un explosivo es muy necesaria para poder desarrollar el cálculo de las cantidades de explosivo a utilizar en una voladura, por regla general en el fondo del barreno que es donde se requiere mayor concentración de energía para el arranque de la roca, se emplean explosivos más densos, como los booster y las emulsiones encartuchadas, mientras que en la columna de carga se requieren explosivos menos densos como el ANFO.

3.4.4 Presión de Detonación

Es función de su densidad y del cuadrado de su VOD y se mide en el plano C-J, de la onda de detonación cuando se propaga a través de la columna de explosivo, los explosivos industriales tienen una PD que varía de 500 a 1500 MPa. Para la fragmentación de rocas duras y competentes, el empleo de un explosivo con alta PD, efectúa el trabajo más fácilmente, debido a la relación de esta y los mecanismos de rotura de la roca.

3.4.5 Estabilidad

Es una de las propiedades que se encuentran íntimamente relacionados con el tiempo de fabricación y almacenamiento, para que las demás propiedades no se vean mermadas al ser empleadas en los trabajos de voladura, los explosivos deben ser químicamente estables y no descomponerse en condiciones ambientales normales.

3.4.6 Resistencia al Agua

Es la capacidad de resistir durante cierto tiempo a la exposición en un medio acuoso sin perder sus características, esta varía de acuerdo a la composición química de los explosivos y por regla general guardan relación con la proporción de Nitroglicerina o aditivos especiales que contengan, por lo que podemos encontrar productos como las

emulsiones que son muy resistentes al agua, mientras que la propiedad higroscópica de las sales oxidantes como el Nitrato de Amonio (NA) en el ANFO, lo hacen fácilmente alterable en presencia de agua.

3.4.7 Sensibilidad

3.4.7.1 Sensibilidad a la iniciación

Un iniciador adecuado debe ser suficiente para iniciar un explosivo sensible, esta capacidad varía de acuerdo al tipo de producto, en este orden los explosivos gelatinosos deben ser sensibles a la iniciación con detonadores, mientras que los agentes explosivos como el ANFO requieren por lo general de un multiplicador o cebo de mayor presión y VOD. De esta manera se clasifican los explosivos de acuerdo al detonador que los inicia en:

- A.- Explosivos sensibles al detonador # 8 (Cap. sensitives) y
- B.- Explosivos No sensibles al detonador # 8 (No Cap sensitives)

3.4.7.2 Sensibilidad al choque y a la fricción

Existen explosivos sensibles al efecto de estímulos subsónicos, como el choque por fricción, por seguridad es preciso conocer el grado de sensibilidad frente a estas acciones, especialmente durante su manipulación y transporte. El ensayo de resistencia al choque se realiza con un martillo de caída (Kast), que consiste en colocar sobre un Yunque una muestra de 0,10 gr de explosivo y dejar caer sobre él un peso de acero de 0,50 a 10 kg desde diferentes alturas y observar si explota o no.

3.4.7.3 Sensibilidad del Calor

Un explosivo al ser sometido a calentamiento de forma gradual alcanza una temperatura en la que se descompone repentinamente con desprendimientos de gases, aumentando estos hasta un punto donde se produce la deflagración o bien una pequeña explosión, a esa temperatura se le llama Punto de Ignición.

3.4.8 Transmisión de la detonación

La transmisión por simpatía es el fenómeno que se produce cuando un cartucho al detonar induce en otro próximo a su explosión. Una buena transmisión dentro de los barrenos es garantía para conseguir la completa detonación de las columnas de explosivo, pero cuando esos barrenos se encuentran próximos a las cargas dentro de ellos se diseñan espaciadas, se puede producir la detonación por simpatía por medio de la transmisión de la onda de tensión a través de la roca, por la presencia de aguas subterráneas y discontinuidades estructurales o por la propia presión del material inerte del retacado intermedio entre las cargas

3.4.9 Resistencia a las Bajas Temperaturas

Si la temperatura ambiente es de -8°C , los explosivos a base de Nitroglicerina tienden a congelarse, por lo que se les añade una porción de Nitroglicol que hace bajar el punto de congelación unos -20°C .

3.4.10 Humos

La detonación de un explosivo produce vapor de agua, nitrógeno, dióxido de carbono y eventualmente sólidos y líquidos, entre los gases inocuos también existen siempre un porcentaje de gases tóxicos como el monóxido de carbono y los óxidos nitrosos, al conjunto de estos productos resultantes se les denomina humos. Los explosivos tienen a balancearse en oxígeno, reduciendo de esta forma la generación de gases tóxicos, un exceso de O_2 redundaría en la formación de óxidos de nitrógeno, mientras que una deficiencia genera monóxido de carbono. Los principales factores generadores de humos son:

- A.- Balance de Oxígeno en la formulación química.
- B.- Cebado inadecuado.
- C.- Ataque del agua.
- D.- Diámetro de carga cercano al diámetro crítico.
- E.- Mala carga del barreno generada por cavidades en la columna de explosivos.
- F.- Deflagración del explosivo (por reacción incompleta).

3.5 Explosivos de Aplicación minera

Dividiremos los explosivos comerciales en dos grandes grupos

3.5.1 Explosivos con Nitroglicerina (NG)

Son sin duda los más potentes de los dos, esta cualidad no es siempre la mejor, ya que en ocasiones se prefieren explosivos menos potentes, con el fin de conseguir una granulometría grande. Son explosivos más delicados, necesitan mejores condiciones de almacenamiento.

3.5.1.1 *Dinamitas*

Son aquellas mezclas sensibles al detonador entre cuyos ingredientes figura la nitroglicerina. Su número y clase es extremadamente variado según países y marcas, variando también sus componentes adicionales.

3.5.2 Explosivos sin Nitroglicerina (NG)

Son menos potentes que los contentivos de NG. Esta cualidad le da características de mayor seguridad en el manejo y almacenamiento, pero los hacen explosivos menos potentes, entre estos tenemos:

3.5.2.1 *Booster de Pentolita*

Los iniciadores de alta presión de detonación formulados con Pentrita (PETN, 40%) y Trinitrotolueno (TNT, 60%), están diseñados para desarrollar la iniciación requerida para generar la máxima energía que los explosivos iniciados solicitan. Su sensibilidad se limita a la generada por un detonador No.8, tienen un comportamiento excelente ante el ataque químico del agua por altos periodos de tiempo. Su aplicación fundamentalmente es como carga de fondo de barrenos de mediano y gran diámetro en voladura de rocas de consistencia de dura a muy dura, utilizando como carga de columna los ANFOS.

3.5.2.2 *Agente Explosivo de Baja Densidad: ANFO, ANFOAL, Nagolitas*

Se conocen con el nombre de explosivos polvulentos, siendo conocidos como Nagolitas en los países del cono Sur y España. Empezaron a emplearse en la década de los setenta, llegando su consumo a ser el 75% de los explosivos utilizados en el mundo.

Es un explosivo con unas características individuales muy malas, (hidroscópico, poco potente, mala conservación, sensible al agua), sin embargo su precio lo hace el más utilizado hoy en día en minas a cielo abierto. Se trata en esencia de una mezcla de Nitrato de Amonio (NA) más Fuel Oil (FO).

3.5.2.3 *Emulsiones*

Este grupo de explosivos es el de más reciente aparición en el mercado, mantiene las propiedades de los Hidrogeles, pero a su vez mejora dos características muy importantes como son la potencia y la resistencia al agua. Las emulsiones son del tipo explosivos con bases en aceites, en las que la fase acuosa está compuesta por sales inorgánicas oxidantes disueltas en agua y la fase aceitosa por un combustible líquido inmiscible con el agua del tipo hidricarbonatado.

3.6 Accesorios de Voladura de Aplicación Minera

3.6.1 Detonador no eléctrico (No Electrical – NONEL™)

Es producto de la invención del detonador con fulminato de mercurio de Alfredo Nobel, que en 1867 logró que la iniciación de todos los explosivos fuera más segura y eficiente. Los detonadores de uso civil han sido desarrollados todos de ideas básicas de Nobel. Los detonadores no eléctricos tienen características que se resumen a:

3.6.1.1 *Carga explosiva*

El extremo inferior del detonador contiene una carga base de PETN y una carga primaria de Azida de Plomo lo que le confiere una potencia equivalente a fuerza N° 12.

3.6.1.2 Cushion Disk

Está diseñado para otorgar una gran resistencia al impacto y a la detonación por simpatía.

3.6.1.3 Tren de retardo

Formado por uno, dos o tres elementos pirotécnicos.

3.6.1.4 Delay Ignition Buffer

Acelerador de energía, permite una mayor precisión y evita el problema de reversión de la onda de choque.

3.6.1.5 Sello antiestático

Elemento fundamental para eliminar el riesgo de iniciación por descargas estáticas accidentales.

3.6.2 Tubo de Choque

Diseñado por Per Anders Persson (Nitro Nobel) en 1960, consta de un tubo plástico con un contenido de octógeno aluminizado (HMX) adherido al tubo en su parte interior (adherencia > 95%). La carga del tubo es próxima a 0,015 gramos por 1 metro de tubo o equivalentes a 0.15 gramos por 10 metros. La velocidad de detonación del tubo de choque es de alrededor 2000 m/s (2 m por ms). El tubo plástico tiene un diámetro externo de 3mm y por dentro lleva una capa fina de material reactivo que transmite la onda de choque a una velocidad aproximada de 2000 m/s. El plástico no se afecta por la onda de choque y consecuentemente no inicia ninguna columna de explosivo que atraviese, En el sistema NONEL™, la reacción es contenida en el tubo y no afecta a nada externamente, mientras que el cordón detonante explota y puede iniciar el explosivo que atraviesa o matarlo por presión.

3.6.3 Detonador No Eléctrico (Exel™ Handidet™ Detonador)

Este es un detonador compuesto por dos cápsulas y un tubo de choque NONEL™. Una de las cápsulas se utiliza en superficie para iniciar tubos no eléctricos,

mientras que la otra se usa en el interior de los pozos tanto para iniciar boosters como explosivos encartuchados. Los detonadores no eléctricos Exel™ Handidet™ están compuestos principalmente por 4 elementos:

A.- Cápsula de baja potencia (Fuerza 1), ensamblada al interior de un conector de superficie, diseñado para iniciar hasta seis tubos no eléctricos.

B.- Cápsula potencia 12, cuya función es iniciar la carga explosiva que va al interior del barreno.

C.- Tubo de choque NONEL™ de color naranja, componente que transmite la señal a la cápsula de retardo. En el momento que el tubo es iniciado, transmite interiormente una onda de choque de baja energía la cual inicia los retardos de ambas cápsulas.

D.- Etiqueta de retardo, elemento que indica el tiempo de retardo nominal de ambas cápsulas y el largo del detonador.

3.6.4 Conector No Eléctrico (Exel™ Conectadet™)

Es un dispositivo de conexionado con tiempos de iniciación cortos que se emplea entre las líneas troncales de la voladura, provisto de un detonador alojado en un conector plástico eClip™, que se conecta al detonador que viene del hoyo, se usa por lo general en conjunto con el detonador Exel™ Handidet™ o con el detonador Exel™ MS, el cual se ensambla al tubo de choque de este. Exel™ Conectadet™ le provee flexibilidad al diseño de la voladura y es de fácil uso. Se emplea en voladuras en canteras, operaciones de carbón en superficie, Open Pit y en minas subterráneas y en proyectos de obras civiles donde se requieran tiempos exactos en superficie.

3.6.5 Mecha de Seguridad

Formada principalmente por un núcleo de pólvora negra, rodeada de varias capas de hilados encerrada en una envoltura e algodón revestida de un textil impermeable; su característica principal es ser de baja velocidad, debe poseer un tiempo de combustión bastante controlado, debiendo evitarse el

contacto de la mecha con aceite, petróleo (kerosén), y gasolina, ya que el material circundante puede disolverse y producir daño en el núcleo de la pólvora. Al unir la mecha y el detonador de serse cuidadoso, ya que la carga del detonador es susceptible a la humedad, por lo tanto la unión de la mezcla debe ser de forma que no penetre agua, ni humedad al detonador.

3.6.6 Detonador Corriente #8

Es uno de los componentes del sistema tradicional de voladura, está conformado por un casquillo cilíndrico de aluminio sellado en uno de sus extremos, en cuyo interior lleva una carga primaria de un explosivo sensible y otra carga secundaria de alto poder explosivo, su diseño permite que la carga primaria sea activada por la chispa de la mecha de seguridad, la cual inicia la carga secundaria y esta a su vez al iniciador de la columna de explosivos. En su desarrollo se ha tenido cuidado especial en la compatibilidad del funcionamiento que debe existir con la mecha de seguridad. El fulminante corriente No. 8, tiene todas las garantías para el buen funcionamiento, siempre y cuando, se cumplan con las recomendaciones de un adecuado engargolado a la mecha de seguridad, controlando principalmente la impermeabilidad en el punto de contacto, se usa completamente con el fulminante corriente No. 8 y al momento de quemarse la potencia de la chispa tiene la capacidad suficiente para activarlo sin restricciones de ninguna naturaleza, siempre que se cumplan con las recomendaciones de la forma correcta al fijar el fulminante a la mecha de seguridad.

3.7 Clasificación de Voladuras en Banco

3.7.1 Voladuras de Pequeño diámetro

Entre (65 - 165) mm, en este tipo de voladuras se puede seguir la técnica sueca desarrollada por Langefors y Kihlström. De relevante importancia, podemos mencionar que el Ingeniero de Minas Venezolano Roberto Ucar desarrollo una fórmula para estos casos.

3.7.2 Voladuras de gran diámetro

Entre (180 - 450) mm, en este tipo de voladuras se puede seguir la técnica del cráter desarrollada por Livingston o criterios americanos.

CAPITULO IV MEMORIA DESCRIPTIVA

4.1 Técnicas de recolección de información

Para recolectar la información referente a las variables no controlables, se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de información en campo:

4.1.1 Observación

Consistió en hacer un registro sistemático de la ejecución de las voladuras para recolectar datos.

4.1.2 Entrevistas informales a expertos en voladura

Consistió en elaborar preguntas referidas a la ejecución de la voladura para generar la discusión de los resultados.

4.2 Sistematización de las experiencias

La sistematización de las experiencias se encuentra en la tabla 1, que se encuentra en el apéndice A, en la cual se puede observar la fecha y el lugar donde se realizó cada voladura, así como, el objetivo principal de la actividad, las características más resaltantes del terreno de trabajo, los problemas e inconvenientes que se presentaron durante la experiencia y por último se menciona si se cumplió con los objetivos planteados.

CAPITULO V RESULTADOS

5.1 Identificación de las variables controlables que intervienen en el proceso de voladura de rocas

Las variables controlables se definen como aquellos parámetros de diseño que es posible controlar, de tal forma que se obtenga el resultado deseado de una voladura. Las variables controlables se clasifican de forma muy general como variables de tipo geométricas, químico-físicas de los explosivos y como variables de tiempo.

Algunas de las variables controlables más importantes se explican a continuación:

5.1.1 Altura de Banco (H)

Corresponde a la cota topográfica definida por los estudios geotécnicos y avalada en el plan de minas por los entes reguladores, en el caso venezolana esta función corresponde al Ministerio de Petróleo y Minería (MENPET) y al Ministerio del Ambiente (MINAMB).

5.1.2 Longitud del Barreno (L)

Longitud de perforación realizada en el área a volar definida por la altura del banco.

5.1.3 Área a Volar

Denominación que recibe el sector previamente seleccionado para ser volado.

5.1.4 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 las cargas y por el equipo de perforación seleccionado.

5.1.5 Retiro o Burden (B)

Es la distancia más corta al punto de alivio al momento de detonar un barreno, el alivio es considerado como la cara original del banco o bien como una cara interna creada por una hilera de barrenos que han sido detonados previamente con un retardo anterior. La selección del Burden apropiado, es quizás la decisión más importante para el diseño de una voladura.

Si el Burden es muy pequeño, puede generar:

- A.- Que la roca al ser detonada puede ser expelida a grandes distancias (Fly Rock),
- B.- Niveles de golpe de aire son altos.
- C.- Fragmentación puede resultar demasiado fina.

Por el contrario si el Burden es muy grande, dará como resultado:

- A.- El rompimiento trasero y daños en la pared final de la voladura, generando paredes inestables.
- B.- Produciendo también el soplado de los barrenos (perdida de energía por la boca del pozo).
- C.- Niveles de golpe de aire altos.
- D.- La formación de cráteres producto del alivio de los barrenos solo por arriba, causando un exceso de confinamiento de los barrenos lo que resulta en niveles de vibración demasiado altos por unidad de peso del explosivo.

E.- Fragmentación de la roca puede ser demasiado gruesa.

F.- Desniveles en la parte baja del banco (Pata de Banco).

5.1.6 Espaciamiento (S)

Es la distancia entre perforaciones de una misma fila que se disparan con un mismo retardo o con retardos diferentes y mayores en la misma fila. Se calcula en relación con la longitud del burden, a la secuencia de encendido y el tiempo de retardo entre taladros. Al igual que con el burden, espaciamientos muy pequeños producen exceso de trituración y craterización en la boca del taladro, lomos al pie de la cara libre y bloques de gran tamaño en el tramo del burden. Por otro lado, espaciamientos excesivos producen fracturación inadecuada, lomos al pie del banco y una nueva cara libre frontal muy irregular.

5.1.7 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 rasante 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.

5.1.8 Longitud de Taco o Retaqueo (T)

El Barreno no se llena en su parte superior o collar, la que se rellena con material inerte que tiene la función de retener a los gases generados durante la detonación, sólo durante fracciones de segundo, suficientes para evitar que estos gases fuguen como un soplo por la boca del Barreno y más bien trabajen en la fragmentación y desplazamiento de la roca en toda la longitud de la columna de carga explosiva.

Si no hay taco los gases se escaparán a la atmósfera arrastrando un alto porcentaje de energía, que debería actuar contra la roca. Si el taco es insuficiente, además de la fuga parcial de gases se producirá proyección de fragmentos, craterización y fuerte ruido por onda aérea.

Si el taco es excesivo, la energía se concentrará en fragmentos al fondo del taladro, dejando gran cantidad de bloques o bolones en la parte superior, especialmente si el fisuramiento natural de la roca es muy espaciado, resultando una fragmentación irregular y poco esponjada y adicionalmente se generará fuerte vibración.

5.1.9 Retacado (T)

Volumen del barreno relleno de material inerte generalmente en superficie y que está definido por la relación de carga del barreno y el diámetro del mismo, por regla general al aumentar el diámetro del barreno, aumenta el retacado. 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. Si este es insuficiente se produce un escape prematuro de los gases generando problemas de onda aérea y riesgo de proyecciones, si este es excesivo se obtienen grandes cantidades de bloques, poco esponjamiento de la pila de material y altos niveles de vibración.

5.1.10 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. Si la sobreperforación es pequeña, no se producirá el corte a la rasante proyectada, dando como resultado la aparición de repiés, pero si esta es excesiva se producirá:

A.- Aumento de los costos de perforación y voladura.

B.- Incremento de los niveles de vibraciones.

C.- Fragmentación excesiva en la parte alta del banco inferior, que provocara problemas en la perforación del mismo y afectara en las zonas finales de cota a la estabilidad de los taludes.

5.1.11 Angulo de Inclinación del Barreno (β)

Corresponde al ángulo que se le da a la perforación respecto a la vertical y que se encuentra relacionado con los parámetros geotécnicos de la roca, mientras la perforación esté inclinada se presentan ventajas a saber:

A.- Mejora la fragmentación, desplazamiento y esponjamiento de la pila de material, ya que el valor B se mantiene uniforme, aumentando el ángulo de la trayectoria de la proyección.

B.- Mejoran los problemas de cortes en las líneas de iniciación y por consiguiente los fallos en las voladuras.

C.- Taludes con paredes más sanas, estables y seguras en los nuevos bancos creados.

Por el contrario existen inconvenientes en la perforación inclinada a saber:

A.- Desviación de los barrenos cuando estos tienen grandes profundidades. +

B.- Aumento de la longitud de perforación.

C.- Maniobras de posicionamiento de los equipos de perforación más exigentes.

D.- Mayor supervisión repercutiendo en los tiempos de producción.

E.- Disminución de la energía de empuje de las perforadoras, por lo que en rocas duras el avance está limitado al ángulo de inclinación de la torre de la perforadora.

F.- Mayor desgaste de los elementos de corte en las perforadoras, lo que se traduce en una menor disponibilidad mecánica de los equipos.

G.- Mayor dificultad en la evacuación del detritus de perforación, requiriendo mayor caudal de barrido.

H.- Dificultades en la carga de los barrenos con explosivo en especial en barrenos con presencia de agua.

5.1.12 Malla de Perforación

Representa la disposición de los barrenos en el terreno definida por el burden y el espaciamiento.

5.2 Identificación de las variables no controlables que intervienen en el proceso de voladura de rocas

Las variables no controlables se pudieron identificar de la siguiente manera:

5.2.1 Geología

La geología es la variable de mayor peso en la planificación y ejecución de una voladura, siendo los siguientes factores los más frecuentes:

5.2.1.1 Presencia de agua

La presencia de agua en los barrenos es habitual en las voladuras, la cual afecta directamente a las labores de carga del material, en vista que el ANFO pierde totalmente sus propiedades en contacto con el agua, causando que los barrenos no contengan la energía de gases necesaria para fragmentar debidamente la roca.

5.2.1.2 Presencia de fracturas

Las fracturas se presentan en menor proporción en las voladuras, sin embargo, cuando existe presencia de fracturas, las labores de carga de material sufren un retardo considerable, debido a que se debe proceder a colocar el explosivo en mangas (tubo flexible de poliuretano de alta resistencia, empacado en presentación de bobinas según el diámetro seleccionado), para evitar la del material en el barreno, lo cual convierte un proceso de 2 hora en unas 5 horas.

5.2.1.3 Barrenos colapsados

Los barrenos colapsados ocurren con mayor frecuencia en zonas que tengan una litología con abundante agua, lo cual afecta directamente a la malla de perforación, debido que al tener barrenos sin carga explosiva, se producen repiés (desniveles) en el piso del banco, representando problemas para los equipos de carga.

5.2.2 Clima

El clima representa la variable más impredecible de todas, aunque si bien es posible estimar las condiciones climáticas del día, pueden cambiar de un momento a otro. Un día con abundante lluvia puede imposibilitar totalmente las labores de carga del material, en vista que explosivos como el ANFO, en presencia de abundante agua y humedad, pierde en cierta medida sus propiedades.

Un mal estado del clima no solo puede afectar a los explosivos, también dificulta las condiciones de trabajo, debido que afecta las vías de acceso al frente de trabajo, genera lagunas en las zonas de carga y aumenta los riesgos de accidente en los trabajadores.

5.2.3 Estado del explosivo

Dentro del estado de los explosivos se puede resaltar lo referente a la fabricación de los explosivos, debido a que las propiedades del explosivo son usadas como base fundamental para los cálculos de la carga explosiva del barreno, en tal sentido, si las propiedades del explosivo al salir de la fábrica, no cumplen con las propiedades teóricas, se ve comprometido directamente el resultado de la voladura.

Igualmente se puede mencionar lo referente al almacenamiento de los explosivos, debido que estos deben ser resguardados con gran cantidad de controles de temperatura, humedad y tiempo de almacenamiento, de tal manera que no sean afectadas las propiedades de los mismos.

5.2.4 Despacho de los explosivos

El despacho de los explosivos afecta a las labores de carga del material en los casos que los explosivos no son despachados en la cantidad necesaria para cumplir con la planificación, esto afecta directamente a la distribución del material, causando que el material explosivo tenga que ser redistribuido a las zonas de vital importancia y sacrificando el volumen total de material volado.

5.2.5 Errores humanos

Los errores humanos pueden afectar en cualquiera de las etapas de una voladura, los cuales se encuentran más frecuentemente en las labores de:

5.2.6 Perforación

Los errores relacionados con la perforación se encuentran mayormente relacionados con la profundidad y el número de barrenos.

5.2.7 Carga

Los errores de carga se encuentran relacionados con el descuido del personal que se encuentra en las labores de carga, debido que frecuentemente se carga con mayor cantidad de explosivo y no se cumple con el taco calculado, generando que los gases escapen sin fracturar de manera correcta la roca.

5.2.8 Amarre

Los errores durante el amarre son de los más frecuentes, sin embargo, en la mayoría de los casos no presentan mayores complicaciones, debido a que se procede a detonarlos con el material sobrante.

CAPITULO VI DISCUSIÓN DEL APRENDIZAJE

El desarrollo del presente informe enseñó a utilizar todas las experiencias vividas durante un periodo de campo, para desarrollar un nuevo conocimiento, en la búsqueda que el trabajo sirva como apoyo para el desarrollo de nuevas investigaciones en el área de perforación y voladura.

La experiencia no solo deja valiosos conocimientos, sino que permite desenvolvemos con profesionales de la ingeniería de minas, los cuales brindan tanto su amistad, como sus experiencias de vida, con el fin de que no cometamos sus mismos errores y poder sacar adelante una profesión tan valiosa como esta.

La participación en 13 labores de voladura sirvió como complemento a todos los conocimientos adquiridos durante los primeros años de carrera, obteniendo así, una visión completa del campo laboral y cerrando la brecha que existe entre la teoría y las experiencias vividas en el campo.

Adquirir dichas experiencias representa no solo una gran enseñanza, sino que también representa la obtención de una serie de habilidades que permiten ver el campo laboral de una nueva forma, donde cada conocimiento que se adquiriera de ahora en adelante tiene una nueva dimensión, ya que la experiencia representa un cambio en nuestras metas, aspiraciones y proyectos por venir.

CAPITULO VII CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió determinar y analizar las variables controlables y no controlables que intervienen en el proceso de voladura de rocas, a través de la realización de los siguientes objetivos:

- ✓ Se logró identificar y analizar las diversas variables controlables que intervienen en el proceso de voladura de rocas tales como:

- A.- Espaciamiento
- B.- Retiro
- C.- Altura de banco
- D.- Sobreperforación, entre otras

- ✓ Se logró identificar cinco variables no controlables que afectan el resultado de una voladura, las cuales son:

- A.- Estado de los explosivos
- B.- Despacho del material
- C.- Errores humanos
- D.- La Geología
- E.- El clima

- ✓ Se realizó una tabla descriptiva la cual tuvo como finalidad la explicación detallada de cada salida de campo, así como los resultados obtenidos en cada una de ellas.

CAPITULO VIII RECOMENDACIONES

- ✓ Seguir realizando estudios de campo que permitan identificar nuevas variables no controlables, que puedan afectar la planificación, ejecución y resultado de una voladura.
- ✓ Diseñar medios de recolección de información en campo, que permitan evaluar de forma más detallada el resultado de las voladuras.
- ✓ Diseñar nuevas metodologías de trabajo en campo, con el fin de reducir las variables referentes a los errores humanos.
- ✓ Probar en campo con nuevos patrones de voladura que reduzcan el efecto de las variables geológicas en el proceso de voladura de rocas.

CAPITULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ✓ Kaliyn J Konya, Manual de Diseño de Voladuras, Ediciones Cuicatl, Primera Edición, D.F. México, 270pp. 1.998.

- ✓ José Luis Contreras, Manual de Perforación y Voladuras de Rocas. 2012.

- ✓ Instituto Geológico y Minero de España. (2010). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid: editorial Etimsa.

- ✓ Bernaloa, J y Catilla, J. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

APENDICE A

Tabla 1: Sistematización de las experiencias

Lugar	Objetivo de la actividad	Características del terreno	Inconvenientes durante la actividad	Resultado de la voladura
Cantera “Mar Azul”	La actividad tuvo el fin de realizar una voladura de producción en roca del tipo caliza con alto grado de metamorfismo, buscando generar bloques para la producción de baldosas decorativas.	La roca caliza se encuentra en contacto con un esquisto que no posee ningún valor comercial, sin embargo es necesario fracturarlo para disminuir la altura del banco. El terreno se caracteriza por tener una pendiente pronunciada y de difícil acceso para vehículos. Las perforaciones fueron de 9 a 15 metros, siendo todas verticales, sin presencia de agua y sin fracturas.	Las estimaciones de ANFO no se pudieron cubrir ya que el cálculo con el que se solicitó el Informe Favorable que emite el MENPET, estuvo incompleto, esto se debió a un error humano en el cálculo del material requerido durante el periodo de vigencia del Permiso, lo que obligo a redistribuir el material hacia las zonas de mayor interés.	El resultado cumplió con los objetivos propuestos por la empresa y sin inconvenientes de gran importancia.
Frente 1, Ortiz	La actividad tiene la finalidad de disminuir el nivel del terreno para el paso del tramo ferroviario Tinaco-Anaco.	El terreno se caracteriza por ser capaz de arenisca y lutitas, alternadas de manera continua con espesores aproximados de 6 metros y con ángulo de buzamiento de 45°. Las perforaciones presentan profundidades de 9 metros para los barrenos del banco y de 3 metros para los barrenos de los zapateros. Los barrenos del banco son en su totalidad verticales, mientras que los barrenos de los zapateros están inclinados a 45°. No se observó presencia de agua ni de fracturas en los barrenos.	El primer inconveniente en la actividad se presentó debido a que el material fue despachado con un día de retraso, lo que obligó al equipo a permanecer un día más en la localidad. Posterior al disparo se presentó un segundo inconveniente al ver que la mitad del disparo no salió, producto a un desperfecto de fábrica en uno de los conectores, lo cual obligo a reformular el disparo. Una vez reformulado el disparo, se presentó el inconveniente de que el material sobrante fue	El resultado cumplió con los objetivos planteados, sin embargo se produjeron grades inconvenientes producto de los retrasos en la ejecución del disparo.

			quemado minutos antes del primer disparo, lo que nos dejó sin material para poder encender el segundo.	
Cantera "Tacarigua"	La actividad tuvo el fin de realizar una voladura de producción en roca caliza para un primer banco. Igualmente se realizó un disparo separado para crear una rampa y hacer voladura secundaria a unas rocas de gran tamaño de voladura anteriores.	El banco de producción posee una litología homogénea, con pocas fracturas y sin presencia de agua. El terreno donde se realiza la rampa, por el contrario se caracteriza por ser un terreno altamente fracturado y sin presencia de agua. Las perforaciones del banco de producción son en su totalidad verticales y de 12 metros, es importante destacar que el banco no respeta el burden en las perforaciones. Para la rampa, las perforaciones varían de 9 a 2 metros, siendo en su totalidad verticales.	El mayor inconveniente se presentó durante la carga de los barrenos de la rampa, debido a que fue necesario preparar mangas para todos los barrenos de la zona, lo cual llevó gran cantidad de tiempo y esfuerzo. En el banco de producción, el mayor inconveniente fue la gran cantidad de proyecciones que se produjeron, en vista que el burden no fue respetado al momento de perforar. En la voladura de la rampa, si bien se respetó el burden, los bloques estaban muy cerca de la zona de observación del disparo, lo que generó que los fragmentos cayeran muy cerca de los trabajadores de la empresa.	El disparo cumplió en su totalidad con los objetivos propuestos y sin ningún incidente que lamentar.
Cantera "El Turpial", Tejerías	La actividad tuvo el fin de realizar una voladura de producción en un meta gabro.	El banco posee una litología homogénea, sin fracturas y sin presencia de agua.	El disparo no presentó inconvenientes que resaltar en la ejecución del mismo, sin embargo en la comunidad cercana se presentó una situación de pánico por parte de los habitantes, debido a que pensaron que la cantera había sufrido un accidente grave.	El disparo cumplió con todos los objetivos propuestos y no se presentó ningún inconveniente.

<p>Frente 3, Ortiz</p>	<p>La actividad tiene la finalidad de disminuir el nivel del terreno para el paso del tramo ferroviario Tinaco-Anaco. Igualmente se desea fragmentar una roca de gran tamaño que es producto de voladuras anteriores.</p>	<p>El terreno se caracteriza por ser capaz de arenisca y lutitas, alternadas horizontalmente con espesores aproximados de 6 metros. Las perforaciones presentan profundidades de 9 metros en su totalidad, con abundante agua y sin presencia de fracturas. Adicional a la secuencia, el terreno se caracteriza por una roca de 10 metros de alto que obstaculiza las labores de los equipos. Las perforaciones de la roca presentan una profundidad de 12 metros, siendo totalmente verticales y sin presencia de agua.</p>	<p>El disparo no presento mayores inconvenientes durante su ejecución.</p>	<p>El disparo cumplió con el objetivo principal, sin embargo, la roca de gran tamaño que se deseaba fragmentar, simplemente se partió en dos partes.</p>
<p>Cantera "Urama"</p>	<p>La actividad tuvo el fin de realizar una voladura de producción en una caliza metamorfizada.</p>	<p>El terreno se caracteriza por ser bastante inclinado, lleno de vegetación, clima de alta humedad e inaccesible para el paso de vehículos. La litología se compone de una roca caliza metamorfizada de alta calidad en un primer banco y una segunda zona que se compone de diversos bancos de estéril. Las perforaciones son en su totalidad verticales de 9 y 12 metros, con presencia de agua y sin fracturas.</p>	<p>En inconveniente principal fue la mala condición del terreno, en vista que el material tenía que ser cangado por una pendiente fuerte, sumado a que la vegetación no permitía ver los barrenos con claridad. En este caso, el agua no fue un problema, en vista que se usó un compresor para extraer el agua de los barrenos. En la etapa de carga de los barrenos de 12 metros se observó</p>	<p>El disparo cumplió en su totalidad con los objetivos propuestos para el banco de producción. Por otro lado, para los bancos de estéril los resultados no fueron claros.</p>

			que los detonadores eran también de 12 metros, lo que produjo que en gran número de barrenos los tubos de choque no llegaran a los barrenos vecinos. Por último en las etapas finales de conexión, el equipo realizó una mala conexión que dejó una zona de 12 barrenos sin detonar.	
Cantera “Clarines”	La actividad tuvo el fin de realizar una voladura de producción en una caliza.	El terreno consta de 2 bancos, un primer banco de producción y un banco más de nivelación. Las perforaciones son en su totalidad verticales, con abundantes fracturas y sin presencia de agua.	El disparo no presentó mayores inconvenientes durante su ejecución.	El disparo cumplió en su totalidad con los objetivos propuestos.
Frente 3, Ortiz	La actividad tiene la finalidad de disminuir el nivel del terreno para el paso del tramo ferroviario Tinaco-Anaco. Igualmente se busca fragmentar dos grandes fragmentos de roca de la voladura anterior.	El terreno se caracteriza por ser capaz de arenisca y lutitas, alternadas horizontalmente con espesores aproximados de 6 metros. Las perforaciones presentan profundidades de 9 metros en su totalidad, con abundante agua y sin presencia de fracturas. Los dos grandes fragmentos de roca se le realizaron perforaciones de 3 metros, algunas horizontales y otras inclinadas.	El disparo no presentó mayores inconvenientes durante su ejecución.	El disparo cumplió en su totalidad con los objetivos propuestos.
Frente 1, Ortiz	La actividad tiene la finalidad de disminuir el nivel del terreno para el	El terreno se caracteriza por ser capaz de arenisca y lutitas, alternadas de manera continua con espesores aproximados de 6 metros y con ángulo	El disparo no presentó mayores inconvenientes durante su ejecución.	El disparo cumplió en su totalidad con los objetivos propuestos. Se puede destacar que

	paso del tramo ferroviario Tinaco-Anaco.	de buzamiento de 45°. La voladura consta de 3 terrazas, dos de ellas con perforaciones de 9 metros, siendo en su totalidad horizontales, con presencia de agua y sin fracturas. Mientras que la tercera terraza consta de una serie de perforaciones horizontales más dos filas de perforaciones inclinadas en los zapateros.		aproximadamente 10 barrenos no detonaron con el primer disparo, sin embargo al día siguiente se realizó la operación sin mayor inconveniente.
Frente 3, Ortiz	La actividad tiene la finalidad de disminuir el nivel del terreno para el paso del tramo ferroviario Tinaco-Anaco.	El terreno se caracteriza por ser capaz de arenisca y lutitas, alternadas horizontalmente con espesores aproximados de 6 metros. El terreno consta de dos terrazas, en las cuales se realizaron perforaciones horizontales de 9 metros en su totalidad, con abundante agua y sin presencia de fracturas.	El disparo presento un poco de retraso en un sector con excesiva agua, lo que obligo a preparar mangas.	El disparo cumplió en su totalidad con los objetivos propuestos.
Cantera "Miranda"	La actividad tuvo el fin de realizar una voladura de producción en una caliza.	El banco posee una litología homogénea, sin fracturas y sin presencia de agua.	El disparo no presentó inconvenientes que resaltar.	El disparo cumplió con todos los objetivos propuestos y no se presentó ningún inconveniente.
Frente 1, Ortiz	La actividad tiene la finalidad de disminuir el nivel del terreno para el paso del tramo ferroviario Tinaco-	El terreno se caracteriza por ser capaz de arenisca y lutitas, alternadas de manera continua con espesores aproximados de 6 metros y con ángulo de buzamiento de 45°. El terreno cuenta con 2 terrazas y una	El disparo no presentó inconvenientes que resaltar durante el proceso de carga del explosivo.	El disparo no cumplió con los objetivos esperados en las terrazas, debido a que el ANFO deflagro por completo, ocasionando

	Anaco.	zona de zapateros. Las dos terrazas tienen perforaciones horizontales de 9 metros en su totalidad, con abundante agua y sin presencia de fracturas. Mientras que los zapateros tienen perforaciones inclinadas de 3 metros y perforaciones horizontales de 9 metros en algunas zonas.		que la voladura no se desplazara. Por otra parte, la zona de los zapateros cumplió en su totalidad con los objetivos planteados.
Demolición del puente santa Cecilia	La actividad tiene la finalidad de realizar la implosión del puente santa Cecilia, de tal manera que los escombros sean recogidos antes de las 3 am y sin ocasionar daños a las estructuras cercanas.	El puente cuenta con dos estribos, los cuales soportan gran parte del peso de la estructura. A esto se le suma una placa de concreto de aproximadamente 15 metros de largo por 6 metros de ancho y 1 metro de espesor, la cual permite el paso de las vehículos. Las perforaciones en los estribos se realizaron con una maya en tresbolillo, de forma horizontal y con aproximadamente 40 cm de profundidad. Las perforaciones de la placa, se realizaron de forma vertical y de aproximadamente 40 cm de profundidad, al igual que los estribos.	Durante los procesos de preparación de las cargas explosivas, no se presentaron inconveniente en ninguna de sus etapas. Durante los procesos de carga del puente, se presentaron inconvenientes con respecto a la cantidad de detonadores disponibles para concluir la carga de la placa, lo cual obligo a redistribuir detonadores y cantidad de explosivo. Durante la etapa de amarrado, no se presentaron mayores inconvenientes.	El disparo cumplió con todos los objetivos propuestos, no quedo material sin detonar, los escombros se retiraron en menor tiempo de lo esperado y se cumplió con el plazo de tiempo propuesto por las autoridades.