

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,
MINERA Y METALURGICA



Alternativas de Solución para la Perforación – Voladura y Análisis de Costos en Minería Subterránea

INFORME DE INGENIERIA

Para optar el título Profesional de:
INGENIERO DE MINAS

ROBERTO R. HINOSTROZA DE LA CRUZ

Lima – Perú
2004

Mis agradecimientos a mis padres y de manera muy especial a mi hermano Víctor, que fueron los gestores para que pueda culminar mi carrera profesional.

Con todo cariño para Katuska y Miluska, mis hijas.

OBJETIVO

Reducir costos en la ejecución de las actividades de la industria minera, proponiendo lineamientos y datos importantes como el diseño de mallas de perforación y su respectivo cálculo del número de taladros tendientes a disminuir el diámetro de estas y disminuir el consumo de explosivos y accesorios de voladura, teniendo como resultado un menor consumo de Energía Eléctrica o neumática, menor desgaste de equipos de perforación, menor tiempo de perforación, menor desgaste de aceros, etc. Finalmente se hace un análisis de estos costos de perforación y voladura, considerando que estos costos son bastante altos y se le debe dar la debida importancia.

Espero que este pequeño aporte sea de utilidad para las generaciones venideras; para de esa manera lograr mejorar nuestros índices de productividad y ser cada vez más competitivos en nuestro que hacer de la Industria de la Minería.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo presentado al Jurado constituye mi experiencia profesional acumulada en varias Empresas de la Mediana Minería y diferentes Compañías Contratistas que se dedican a la explotación de minas, en donde se proporciona información y datos útiles que representan guías de referencia para los futuros ingenieros que tengan la responsabilidad de ejecutar trabajos similares.

Como son dos actividades importantes y de alto costo hay que darle la mayor atención posible en el desarrollo de sus actividades. Existen en la industria minera un sin número de problemas que elevan los costos de operación, así como equipos sobredimensionados para la perforación y como no se marcan las mallas se hacen más taladros de los que se necesitan, no se controla el paralelismo de ellas, uso excesivo de explosivos y accesorios de voladura los sobrantes no son devueltos al polvorín, no existe relación del diámetro de perforación versus diámetro del cartucho, etc.

La actualización de la tecnología es importante en todas las actividades de cualquier industria, complementado con la reducción de costos - Aspecto Económico y la implementación en la seguridad el sistema de control de riesgos, hacen que las operaciones sean productivas, se van encontrando soluciones que permiten la explotación de reservas de minerales que en otros tiempos eran considerados marginales. Estamos modernizando las operaciones mineras, buscando nuevas tecnologías, capacitación constante del personal obrero - profesional y como resultado tenemos minas que tienen rentabilidad

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

| | |
|--|-----------|
| CAPITULO I | 1 |
| 1.1 (K) Constante de las rocas para el calculo teórico del No. de taladros en la perforación de un frente. | 1 |
| 1.2 Elección del diámetro de taladro. | 2 |
| 1.3 Dependencia del diámetro de taladros en relación del diámetro del taladro. | 3 |
| 1.4 Tacos de taladros. | 4 |
| 1.4.1 Tipos de taco | 5 |
| 1.5 Calculo teórico para hallar en numero de taladros de un frente necesidad de carga explosiva (Autor Diplomático Ing. Horst Koscholleck) | 5 |
| 1.6 Diferentes tipos de arranque | 8 |
| 1.7 Mallas de perforación para diferentes secciones | 9 |
| 1.8 Fallas de disparo | 16 |
| 1.9 Avance factible en relación a la sección del frente | 17 |
| 1.10 Avance factible en relación al ancho del frente (arranque en paralelo) | 18 |
| 1.11 Especificaciones técnicas de un frente para el calculo de Costos. | 19 |
| 1.12 Análisis de costos de perforación | 20 |
| CAPITULO II | 28 |
| 2.- VOLADURA | 28 |
| 2.1 Explosivos. | 28 |
| 2.2 Características físicas de los explosivos. | 29 |

| | | |
|--------------------------------|--|-----------|
| 2.3 | Cebado de los cartuchos. | 35 |
| 2.4 | Manera de cargar los taladros | 36 |
| 2.5 | Propiedades de los explosivos EXSA. | 37 |
| 2.6 | Recomendaciones generales para el uso de explosivos. | 39 |
| 2.7 | Análisis de costos de voladura. | 40 |
| CAPITULO III | | 41 |
| 3.- | LIMPIEZA Y ACARREO | 41 |
| 3.1. | Cuadros estadísticos experimentales para hallar costos de operación. | 41 |
| 3.2. | Análisis de costos de limpieza de mineral. | 43 |
| 3.3. | Análisis de costos de transporte de mineral. | 44 |
| 3.4 | Cuadro general de costos \$/pie , \$/ton. | 47 |
| CAPITULO IV | | 48 |
| 4.- | VOLADURA CONTROLADA O AMORTIGUADA | 48 |
| 4.1 | Objetivo | 48 |
| 4.2 | Condiciones de aplicación | 48 |
| 4.3 | Ventajas y desventajas de su aplicación. | 49 |
| 4.4 | Malla de perforación para una voladura controlada. | 50 |
| 4.5 | Explosivo EXSACORTE. | 51 |
| 4.6 | Recomendaciones para el uso de este explosivo. | 51 |
| CAPITULO V | | 52 |
| 5.- | SEGURIDAD EN EL MANIPULEO DE EXPLOSIVOS Y ACESORIOS DE VOLADURA | 52 |
| 5.1 | Transporte de explosivos. | 52 |
| 5.2 | Almacenamiento de explosivos. | 54 |
| 5.3 | Manipuleo de explosivos y accesorios de voladura | 55 |
| RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES | | 59 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 61 |

CAPITULO I

1. PERFORACION

Es la operación primordial para la voladura cuyo propósito consiste en abrir los huecos cilíndricos en la Roca para su posterior alojamiento de los explosivos y accesorios de voladura.

Su principio fundamental esta basada en la percusion y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen la trituración y el astillamiento del material pétreo.

1.1 (K) CONSTANTE DE LAS ROCAS PARA EL CALCULO TEORICO DEL NUMERO DE TALADROS

Toda roca en relación a su dureza y su facturación tiene valores específicos que todo experto debe conocer al calcular las cantidades de explosivos requeridos.

- a) Rocas muy difíciles, como son granito, conglomeradas y piedra arenisca.
- b) Rocas difíciles, como son arenisca y arena esquistosa.
- c) Rocas fáciles, como son esquisto y arcilla esquistosa.
- d) Rocas muy fáciles, como son arcilla esquistosa muy suave.

$$1.5 \leq A \leq 1.8 \text{ Kg/m}^3$$

$$1.3 \leq B \leq 1.5 \text{ Kg/m}^3$$

$$1.1 \leq C \leq 1.3 \text{ Kg/m}^3$$

$$1.0 \leq D \leq 1.2 \text{ Kg/m}^3$$

Son valores para avance en galerías o en trabajos de túneles que solo ofrece una cara libre.

Para el calculo de explosivos en tajeos podemos asumir según la dureza de la roca los siguientes valores:

$$0.4 \leq K \leq 0.6 \text{ Kg/m}^3$$

En la practica, la teoría y todos nuestros cálculos tienen sentido si comprobados que todo taladro ha sido perfectamente perforado y cuidadosamente cargado con explosivo adecuado, para poder asegurar que en la detonación cada taladro cumple con su tarea de asegurar el máximo avance.

Con referencia a la teoría del efecto de explosión dentro del taladro, podemos aseverar que la presión de detonación representa aproximadamente 1/10 y la presión de gases 9/10 de la labor.

La presión de detonación tiene la tarea de fracturar las rocas duras homogéneas, es decir, producir fisuras dentro de los cuales los gases pueden desarrollar su fuerza expansiva a plenitud para fragmentar la roca. En la voladura de rocas poco duras es inconveniente el empleo de explosivos con alto brisance, ya que conducen a un aprovechamiento inadecuado de energía.

El trabajo de galerías las tensiones de la roca son mas fuertes en la parte mas profunda del taladro, por lo que debemos dar inicio la voladura en esta parte, colocando el fulminante en dirección al golpe de detonación.

1.2 ELECCION DEL DIÁMETRO DE LOS TALADROS

El empleo de modernos equipos pesados de perforación permite hoy día la preparación de taladros de 40mm hasta 50 mm de diámetro y mayores en labores subterráneas. Estos taladros requieren el empleo de explosivos correctamente dimensionados. La ventaja del empleo de cartuchos de mayor diámetro es aprovechada en varios países mineros. Estas ventajas principalmente radican en la mayor potencia de voladura de la carga, la reducción en la cantidad de perforaciones

(hasta 60%) y el ahorro de tiempo para la perforación y el carguio de los taladros.

Además es notable la reducción del desgaste de brocas, barrenos y equipos de perforación, se puede ver en forma impresionante la diferencia del numero de taladros al emplearse cartuchos de 40 mm en lugar de 25 mm.

En lugar de emplearse 98 perforaciones con cartuchos de 25 mm al utilizarse cartuchos de 48 mm solamente se requieren 48 perforaciones. La explicación simplemente consiste en que la cantidad de explosivos requerida para las cargas específicas ha sido distribuido de otra forma, es decir en lugar de llenar el taladro con 0.637 Kg/m con cartuchos de 25 mm, se han llenado los taladros con 1.632 Kg/m con cartuchos de 40 mm.

La raíz de la reducción del numero de perforaciones como resultado de cartuchos de gran calibre también va a variar las distancias permitidas entre burden y esparcimiento.

La única justificación para el empleo de cartuchos de pequeño diámetro es dada con secciones de frentes menores de 10 m², ya que en estas condiciones no puede emplearse la distribución de taladros mas convenientes.

Otra ventaja económica en la utilización de cartuchos de gran diámetro consiste en la reducción de la columna de carga de 66% del taladro a 50%, ya que esta mayor concentración del explosivo ocasiona una mejora de la fragmentación.

1.3 DEPENDENCIA DEL DIÁMETRO DEL TALADRO EN RELACION AL DIÁMETRO DEL CARTUCHO

Para lograr un determinado efecto de voladura en roca deben respetarse determinadas condiciones en relación del espacio disponible a la carga empleada. Esta relación en el caso de explosivos encartuchados no debe ser demasiado pequeño para evitar dificultades en la introducción de los cartuchos al taladro.

Tampoco el espacio libre debe ser excesivo, ya que de esta forma la efectividad de la explosión, debido a un excesivo colchón de aire, es amortiguada y como consecuencia perdura su efectividad la presión de gas.

El efecto del golpe de detonación depende del contacto directo con la roca. El golpe actúa en forma eficiente cuando la superficie de la columna de carga esta en intimo contacto con las caras de taladro. Al emplearse cartuchos delgados en taladros excesivamente grandes, el golpe de detonación es muy débil. Cada espacio libre incluyendo aire, sirve como freno al esfuerzo de detonación.

Más importante que la presión de detonación le corresponde a la presión de gas, que es la que efectivamente hace el trabajo del explosivo. Esta presión de gas rápidamente se reduce cuando decrece la relación del diámetro del taladro y el diámetro del cartucho.

R dt → 1.2

de 1.0

Ej. Taladro de 40 mm = 32 mm ϕ cartucho

Taladro de 50 mm = 40 - 42 mm

Una relación inadecuada entre diámetros de taladro y diámetros de cartuchos puede ocasionar que los gases liberados por la explosión aceleren mas rápidamente que la onda explosiva, introduciéndose en los espacios libres entre a pared del taladro y la columna de carga que aun no ha iniciado el proceso de transformación química propia de la explosión. Esta ocasiona que el explosivo que no detonado aún bajo el efecto de cambio de presión y temperatura se descompone hasta resultar inútil para la detonación.

1.4 TACOS DE TALADROS

La función de los tacos es mantener los taladros cerrados hasta que el explosivo haya efectuado toda su transformación química, también evita la expulsión del explosivo antes de tiempo; específicamente

cuando se trabaja con explosivos carbonitratos (Anfo-examon) y en cartuchos subdimensionados.

Normalmente y por experiencia debemos considerar un espacio libre de 1/3 parte del extremo de la columna de explosivo hasta la boca del taladro o considerar como carga de columna las 2/3 partes de la longitud del taladro.

En general se produce un efecto de taponés recién con un taco de 30 cm. de largo.

1.4.1 TIPOS DE TACO

- 1. Arcilla o barro:** no deben ser muy húmedos y deben ser moldeados con la mano.
- 2. Arena o materiales parecidos:** específicamente para taladros inclinados o hacia abajo.
- 3. Líquidos :** bolsas de agua; las bolsas son llenadas con agua antes de ser introducidas al taladro, una de las ventajas de estas bolsas de agua es que ayuda a disminuir los gases y el polvo. Por esta razón se recomienda muchas veces esto como medida de seguridad.

1.5. CALCULO TEORICO PARA HALLAR EL NUMERO DE TALADROS DE UN FRENTE Y NECESIDAD DE CARGA EXPLOSIVA **(Autor Diplomático Ing. Horst Koscholleck)**

- 1.- La densidad de carga es igual al número de taladros perforados por el área de la sección, es dependiente de la resistencia de la roca, sección, del largo de avance, clase de explosivo, diámetro del cartucho y del diámetro del taladro de perforación. La cantidad de explosivo que se necesita es medida en kg/m^3 y representa la cantidad necesaria para extraer 1 m^3 de roca. Este es el valor más importante para el cálculo de la cantidad necesaria de explosivo para un avance determinado.

Densidad de carga = $No \times m^2$

2.- Cantidad de carga $Q_c = K \times L (A + L^2)$

donde:

Q_c = Cantidad de carga en Kg/m^3

K = Factor de voladura (independiente de A y L)

A = Sección del frente

L = Longitud de avance

Para nuestro calculo consideraremos una sección de 4.00 x 4.00 metros y un avance de 3.11 metros.

K es un factor que tiene cada tipo de roca con relación a su dureza y su fracturaron.

$Q_c = 1.4 \times 3.11(16.00 + 3.11^2) Kgs.$

$= 111.78 Kgs$ (cantidad de explosivo por avance)

- El grado de llenado del taladro vamos a considerar el 75% o las 3/4 partes.
- Roca dura o medianamente dura, el requerimiento especifico del explosivo es $1.38 Kg/m^3$ de densidad, que corresponde a la dinamita gelatina de 1 1/8" x 7" x 75%.

Luego en un metro de taladro hay la siguiente cantidad de explosivo:

Explosivo en $gr/m = \pi r^2 \times 100 \text{ cm} \times p.e. \text{ del explosivo}$

$= 3.1416 (1.6 \text{ cm})^2 \times 100 \text{ cm} \times 1.38 \text{ gr/cm}^3$

$= 1,109.86 \text{ gr./m}$

$= 1.11 \text{ Kg/m}$

Se divide el total de explosivos de 112 Kg. entre la cantidad de explosivo por metro de taladro, para ver la necesidad de m de explosivo.

$m \text{ de explosivos} = \frac{112 \text{ kg}}{1.11 \text{ kg./m}} = 100.90 \text{ m de explosivo}$

Hemos considerado el 75% de llenado del taladro, por consiguiente se necesitan los siguientes metros de taladro:

$$\begin{array}{rcl} 75 \% & \text{-----} & 101 \text{ m} \\ 100\% & \text{-----} & x \end{array} \Rightarrow x = 135 \text{ m}$$

Para todo el frente se necesita perforar 135 m

$$\text{No de taladros} = \frac{135}{3.11} = 43 \text{ taladros}$$

$$\text{Densidad del taladro} = \frac{43}{16} = 2.69 \text{ tal /m}^2$$

Calculo del No. de cartuchos/taladro

$$\text{No. de taladros cargados} = 40$$

$$\text{Kg. de explosivo/taladro} = \frac{112}{40} = 2.80 \text{ Kg.}$$

$$\text{Peso de un cartucho} = 0.173611111 \text{ gr.}$$

$$\text{No. cartuchos/ taladro} = 16.53 \cong 17 \text{ cartuchos,}$$

- Numero de taladros según el manual de EXSA:

Se puede calcular el numero de taladros e forma aproximada mediante la siguiente formula empírica

$$\text{No. tal} = (A \times H)^{\frac{1}{2}} \times 10 \text{ donde:}$$

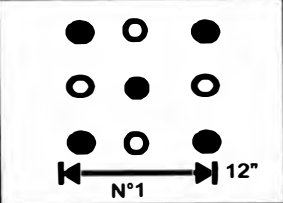
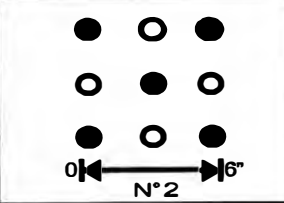
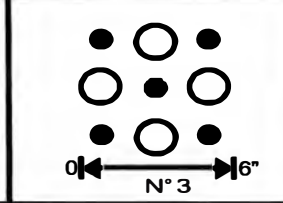
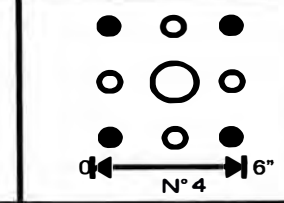
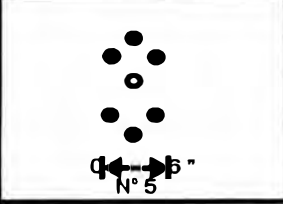
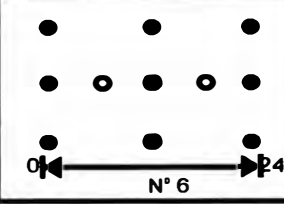
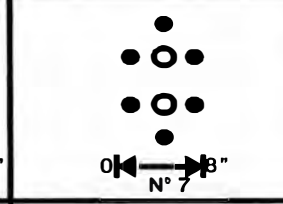
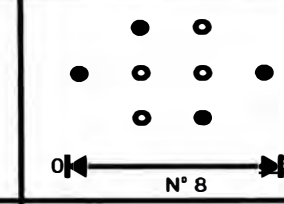
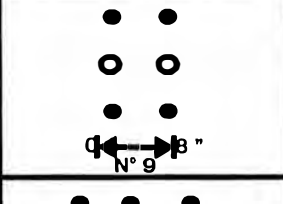
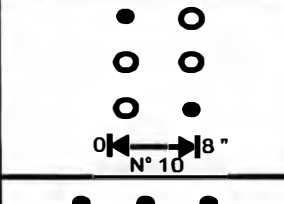
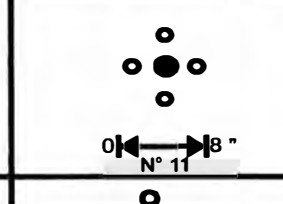
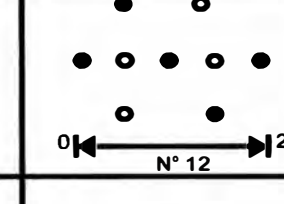
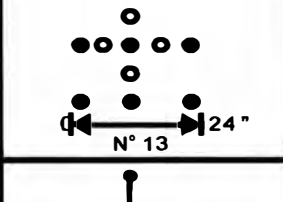
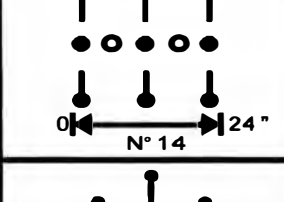
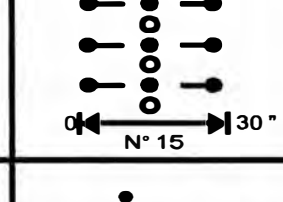
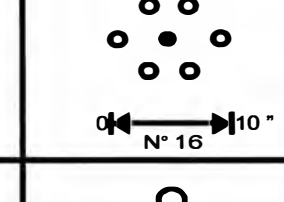
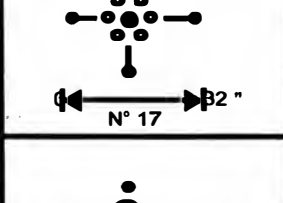
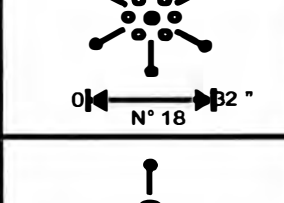
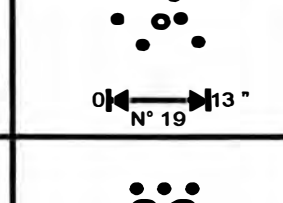
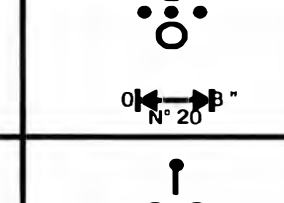
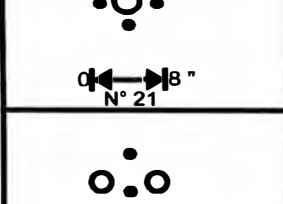
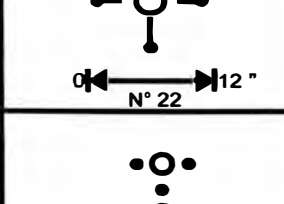
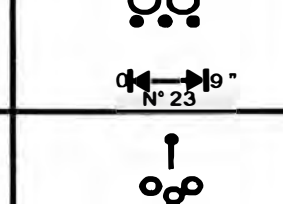
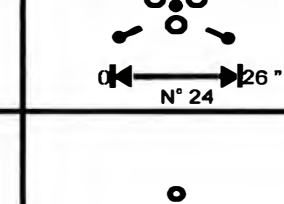
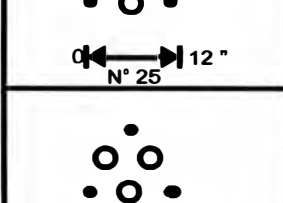
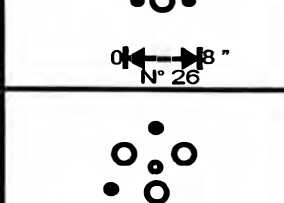
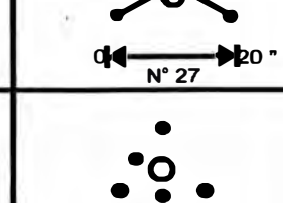

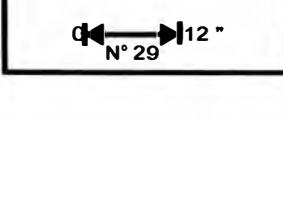
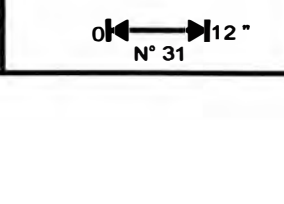
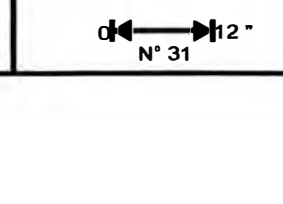
A = ancho de galería

H = altura de galería

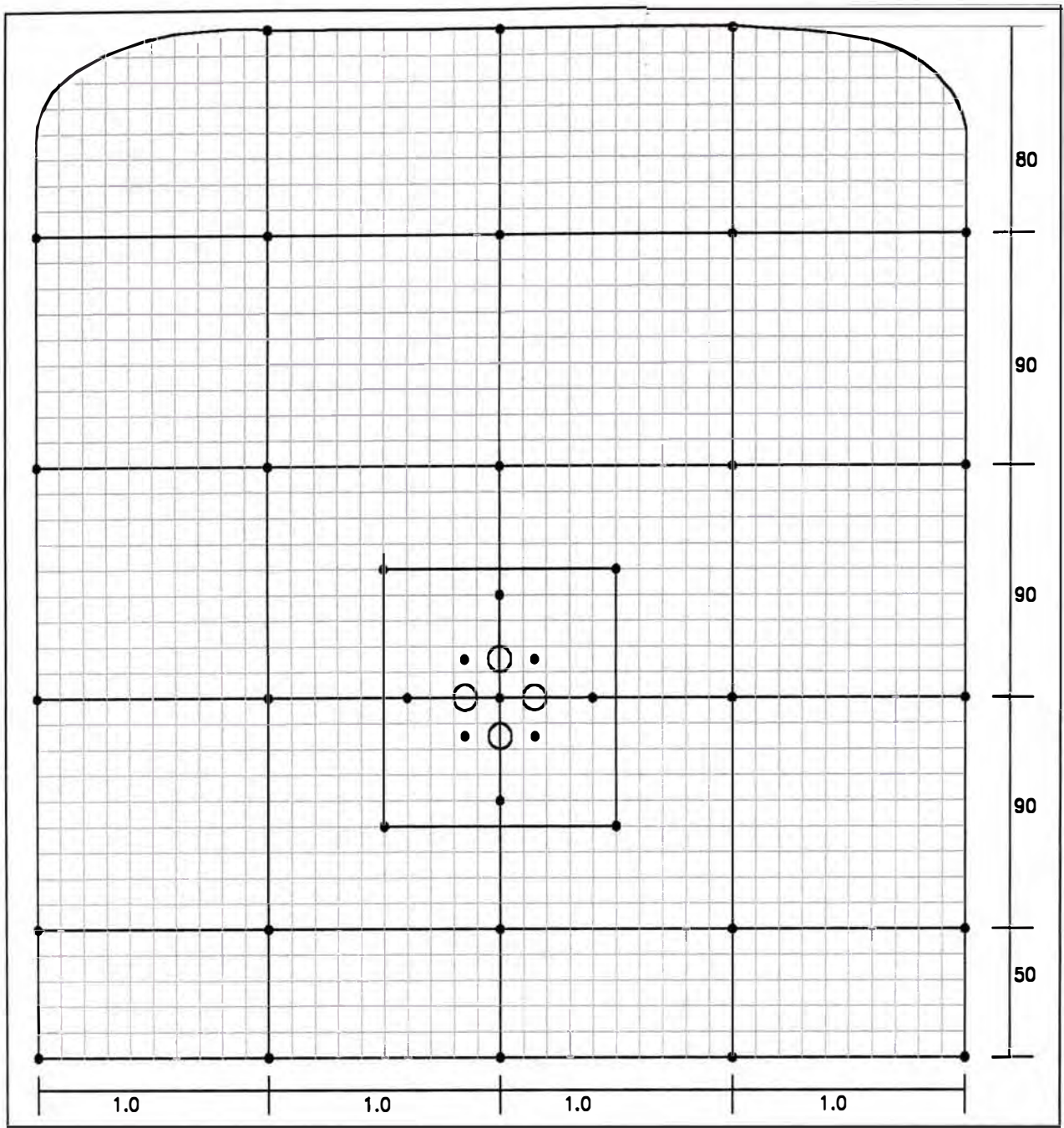
$$\text{No. tal} = (4 \times 4)^{\frac{1}{2}} \times 10 = 40$$

NOTA: En la practica perforamos 44 taladros y según nuestra formula que es bastante confiable sale en el cálculo 43 taladros puede aplicar esta formula como indicador del numero de taladros a perforar.

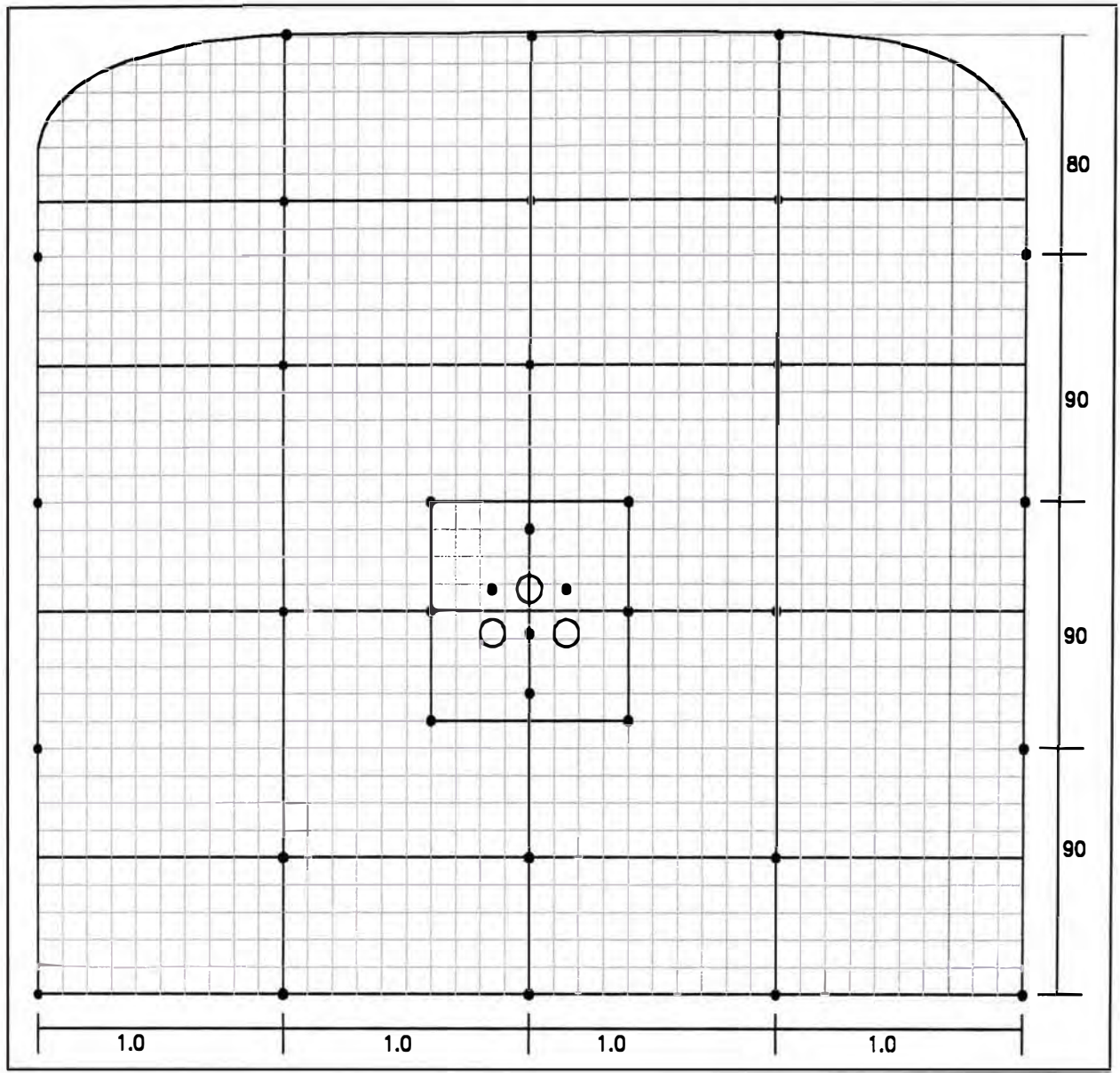
1.6. DIFERENTES TIPOS DE ARRANQUE

| | | | |
|---|---|--|---|
|  <p>N°1 12"</p> |  <p>N°2 6"</p> |  <p>N°3 6"</p> |  <p>N°4 6"</p> |
|  <p>N°5 6"</p> |  <p>N°6 24"</p> |  <p>N°7 8"</p> |  <p>N°8 4"</p> |
|  <p>N°9 8"</p> |  <p>N°10 8"</p> |  <p>N°11 8"</p> |  <p>N°12 24"</p> |
|  <p>N°13 24"</p> |  <p>N°14 24"</p> |  <p>N°15 30"</p> |  <p>N°16 10"</p> |
|  <p>N°17 22"</p> |  <p>N°18 22"</p> |  <p>N°19 13"</p> |  <p>N°20 8"</p> |
|  <p>N°21 8"</p> |  <p>N°22 12"</p> |  <p>N°23 9"</p> |  <p>N°24 26"</p> |
|  <p>N°25 12"</p> |  <p>N°26 8"</p> |  <p>N°27 20"</p> |  <p>N°28 12"</p> |
|  <p>N°29 12"</p> |  <p>N°30 12"</p> |  <p>N°31 12"</p> | <p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Taladro cargado ○ Taladro de alivio sin carga explosiva <p>TRAZOS DE ARRANQUE PARA GALERÍAS</p> |

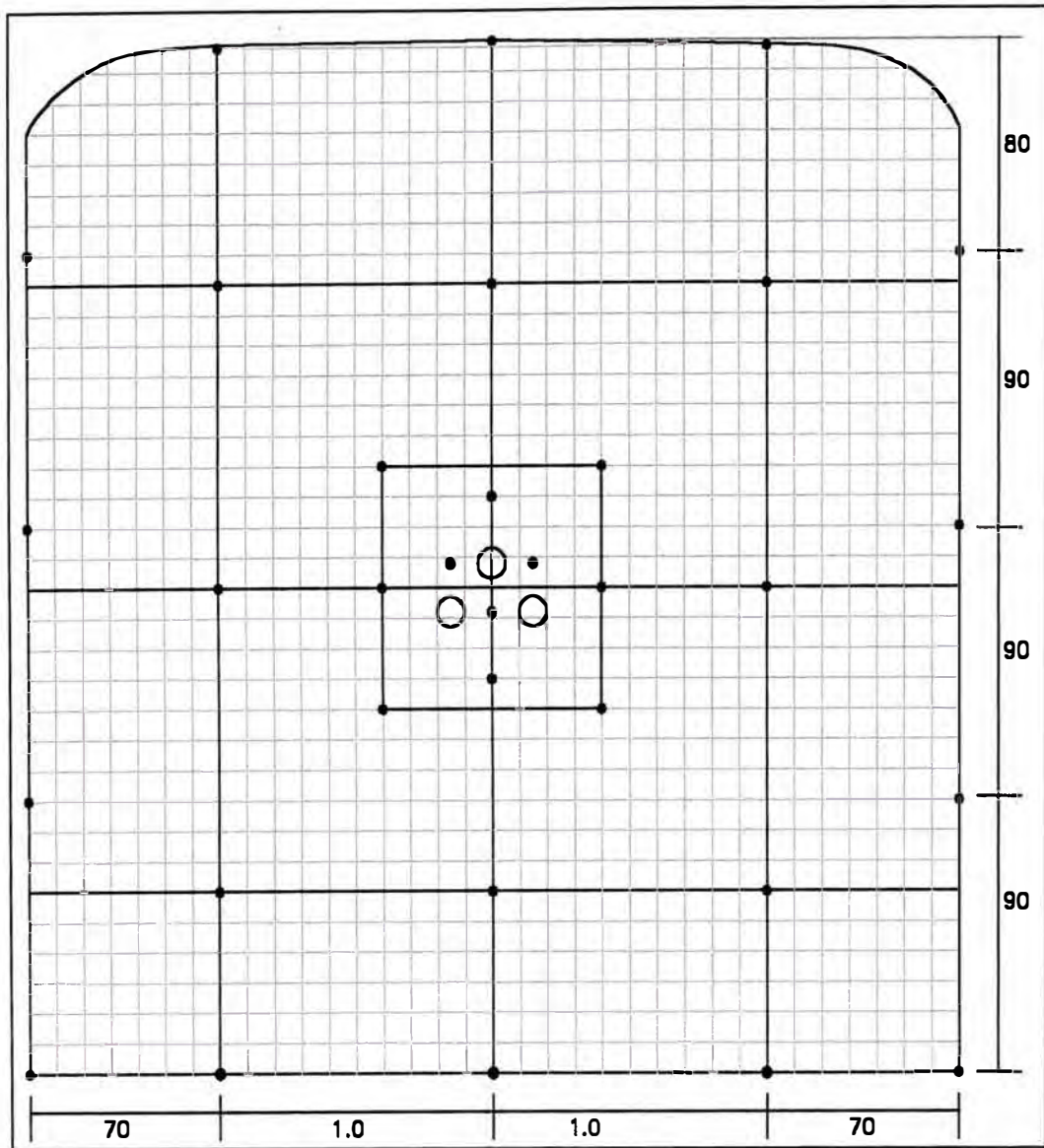
1.7. MALLAS DE PERFORACIÓN PARA DIFERENTES SECCIONES



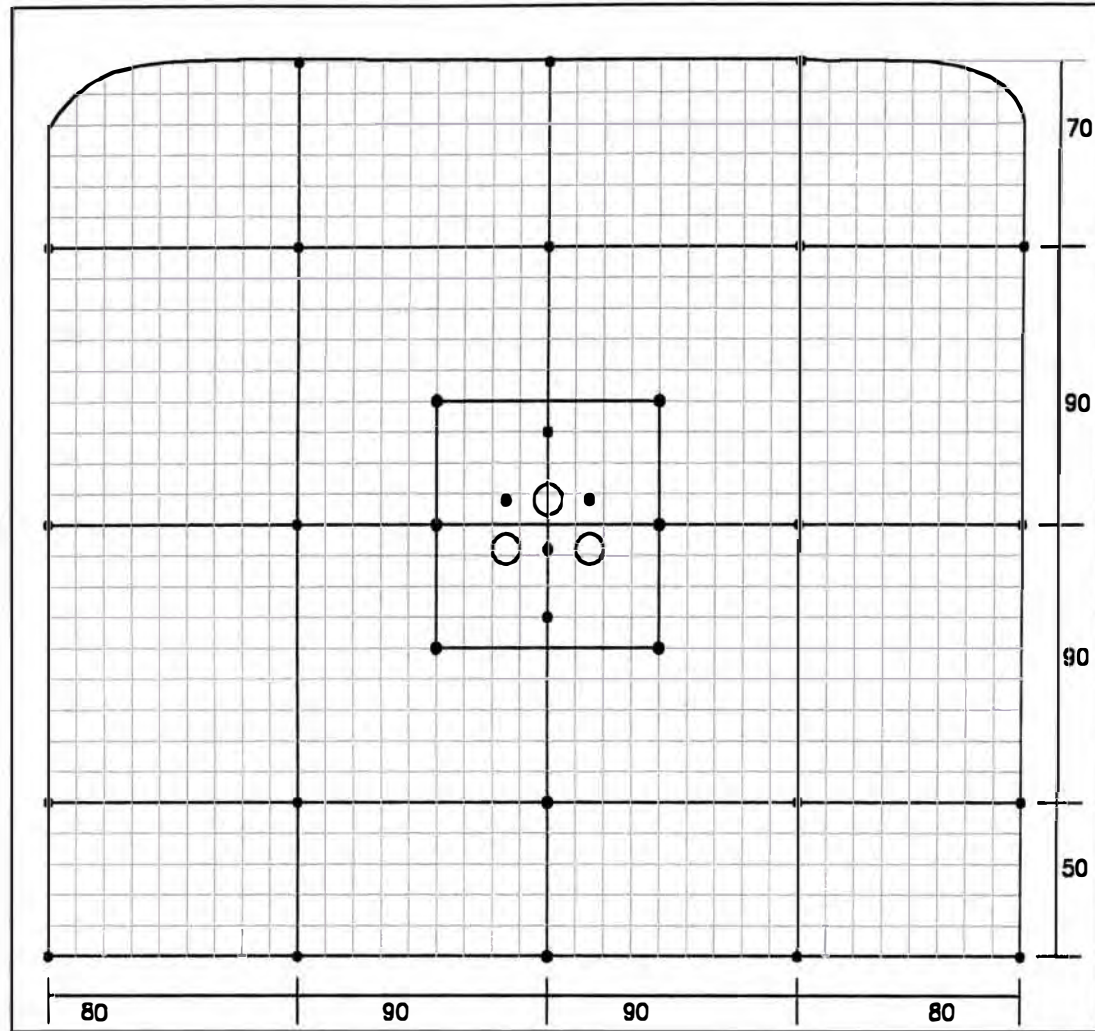
| METODO PRACTICO | |
|-------------------------|---------------------------|
| SECCION | = 4.00x4.00m ² |
| N° TALADROS PERFORADOS | = 44 |
| N° TALADROS CARGADOS | = 40 |
| DIAMETRO TALADRO ALIVIO | = 4" |
| DIAMETRO TALADRO PERF. | = 38mm |
| ESCALA : 1 CUADRADO | = 10cm. |



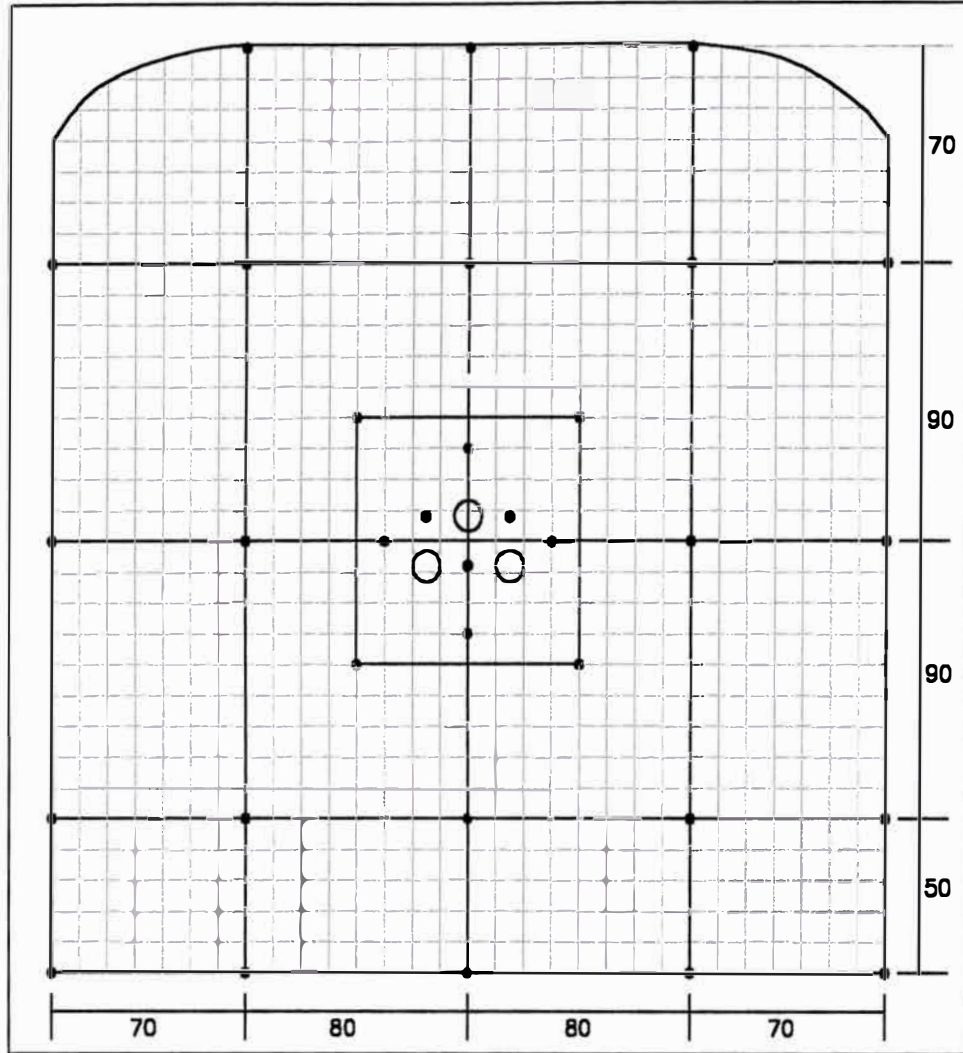
| METODO PRACTICO | |
|-------------------------|---------------------------|
| SECCION | = 4.00x3.50m ² |
| N° TALADRO PERFORADOS | = 39 |
| N° TALADRO CARGADOS | = 36 |
| DIAMETRO TALADRO ALIVIO | = 4" |
| DIAMETRO TALADRO PERF. | = 38mm |
| ESCALA : 1 CUADRADO | = 10cm. |



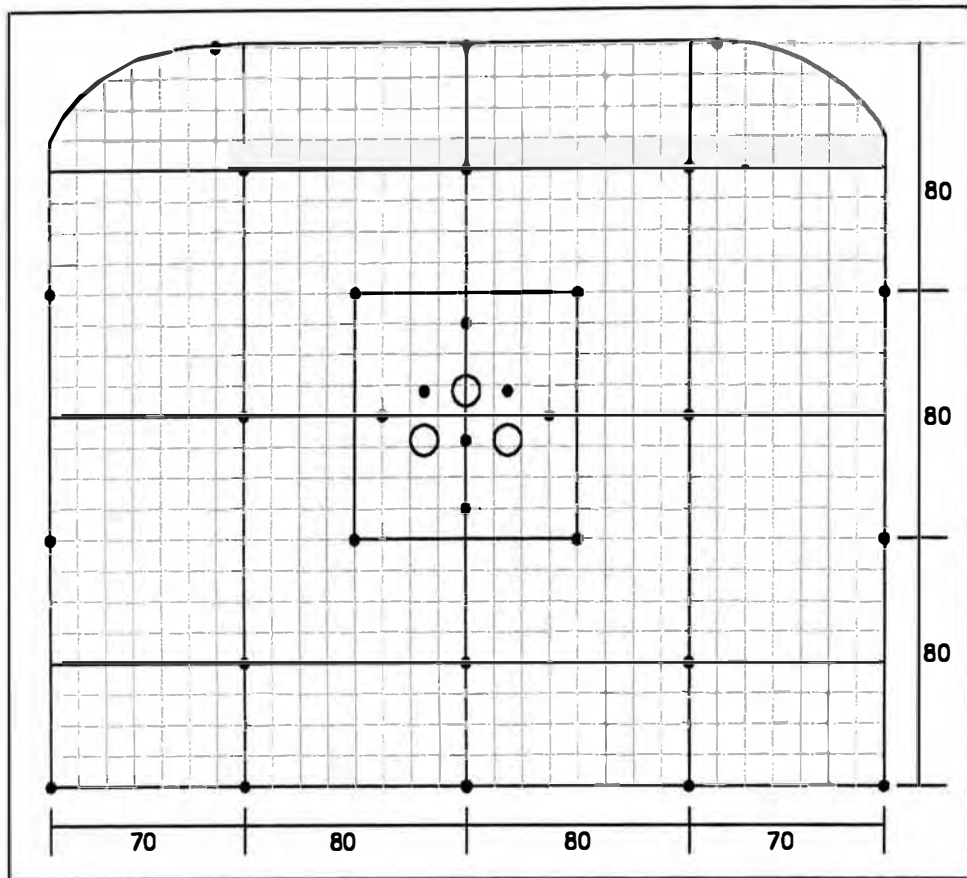
| METODO PRACTICO | |
|--------------------------|---------------------------|
| SECCION | = 3.50x3.50m ² |
| N° TALADROS PERFORADOS | = 36 |
| N° TALADROS CARGADOS | = 33 |
| DIAMETRO TALADROS ALIVIO | = 4" |
| DIAMETRO TALADROS PERF. | = 38mm |
| ESCALA : 1 CUADRADO | = 10cm. |



| METODO PRACTICO | |
|--------------------------|---------------------------|
| SECCION | = 3.50x3.00m ² |
| N° TALADROS PERFORADOS | = 36 |
| N° TALADROS CARGADOS | = 33 |
| DIAMETRO TALADROS ALIVIO | = 4" |
| DIAMETRO TALADROS PERF. | = 38mm |
| ESCALA:1 CUADRADO | = 10cm. |

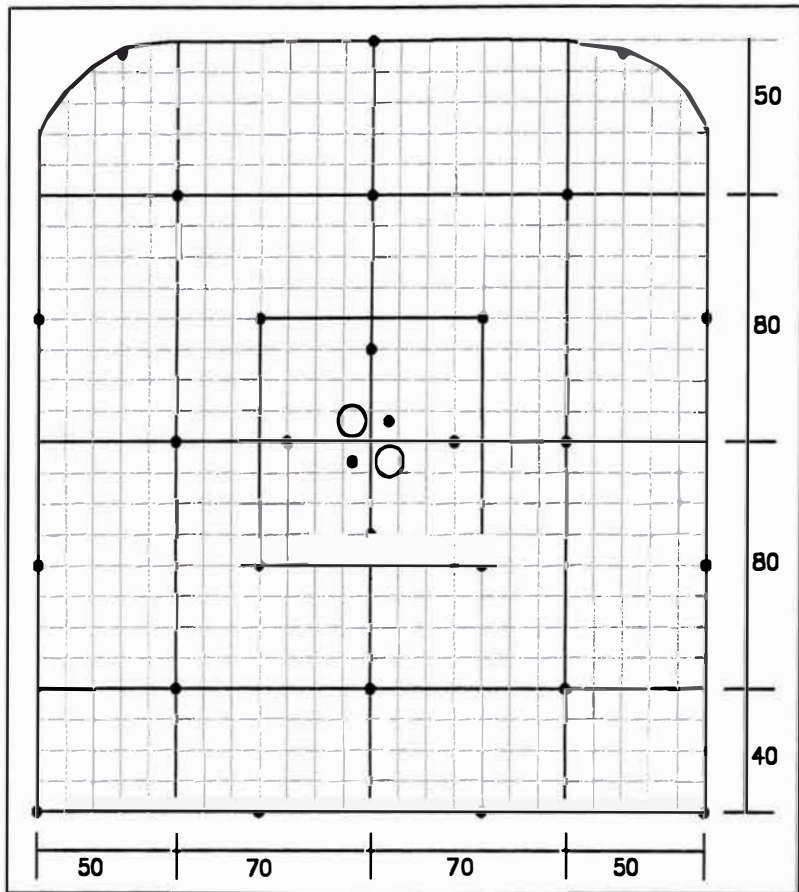


| METODO PRACTICO | |
|--------------------------|---------------------------|
| SECCION | = 3.00x3.00m ² |
| N° TALADROS PERFORADOS | = 36 |
| N° TALADROS CARGADOS | = 33 |
| DIAMETRO TALADROS ALIVIO | = 4" |
| DIAMETRO TALADROS PERF. | = 38mm |
| ESCALA : 1 CUADRADO | = 10cm. |



METODO PRACTICO

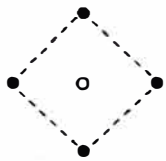
SECCION = 3.00x2.50m²
 N° TALADROS PERFORADOS = 34
 N° TALADROS CARGADOS = 31
 DIAMETRO TALADROS ALIVIO = 4"
 DIAMETRO TALADROS PERF. = 38mm
 ESCALA : 1 CUADRADO = 10cm.



METODO PRACTICO

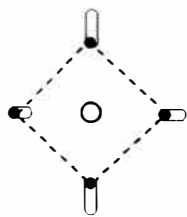
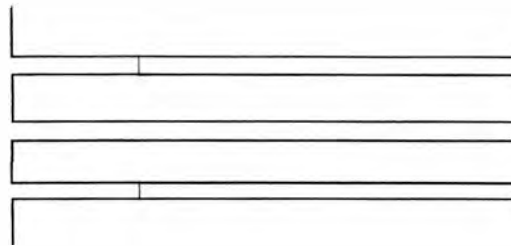
| | | |
|-------------------------|---|-------------------------|
| SECCION | = | 2.50x2.50m ² |
| N° TALADROS PERFORADOS | = | 31 |
| N° TALADROS CARGADOS | = | 29 |
| DIAMETRO TALADROS ALMO | = | 4" |
| DIAMETRO TALADROS PERF. | = | 38mm |
| ESCALA : 1 CUADRADO | = | 10cm. |

1.8. FALLAS DE DISPARO



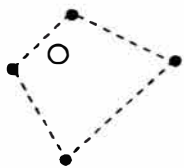
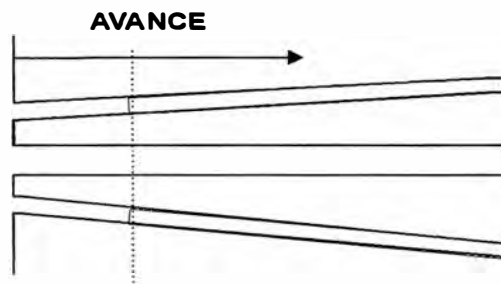
HUECO DE ALVIO DE PEQUEÑO DIAMETRO

a.



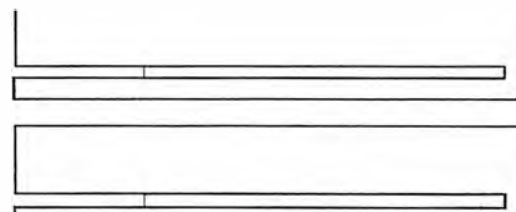
DESVIACIONES EN EL PARALELISMO

b.



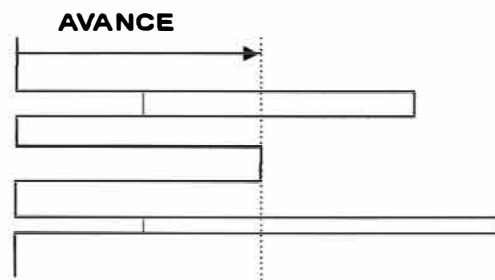
ESFACIAMIENOS IRREGULARES ENTRE TALADROS

c.



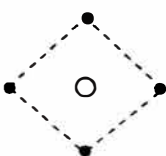
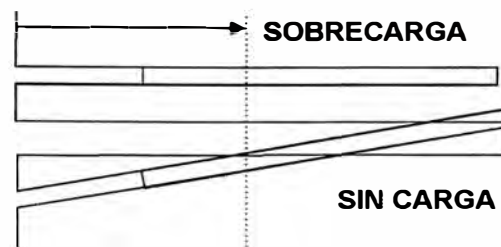
IRREGULAR LONGITUD DE LOS TALADROS

d.

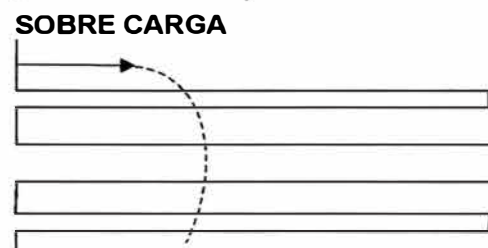


INTERSECCIÓN DE TALADROS

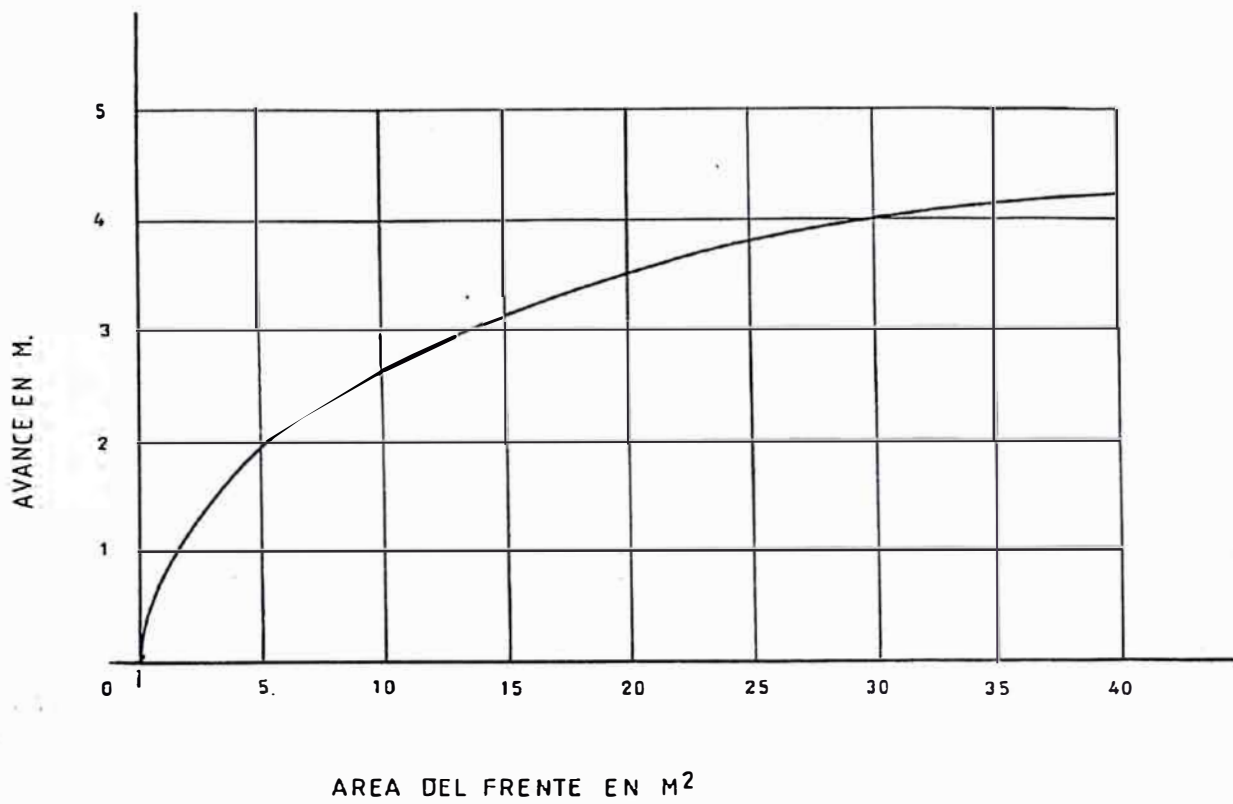
e.



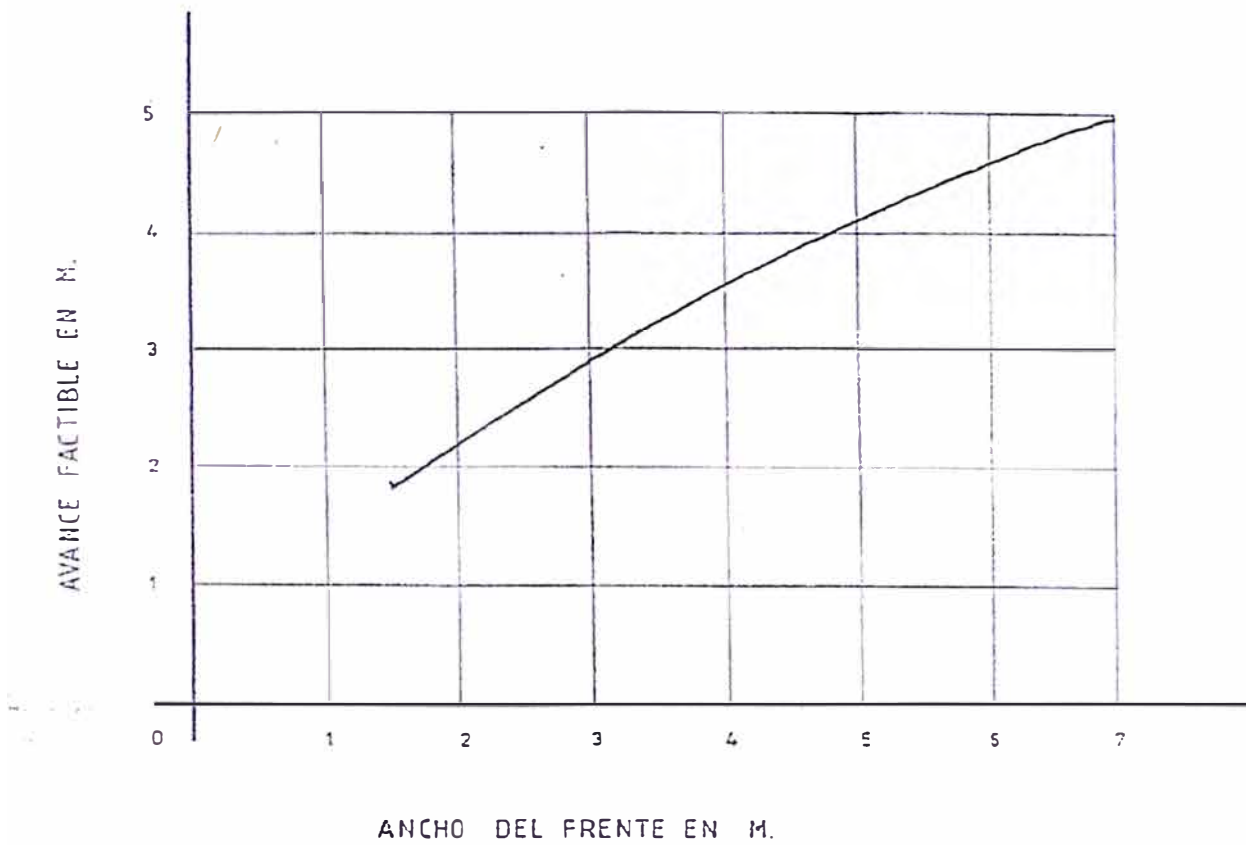
f.



1.9. AVANCE FACTIBLE EN RELACION A LA SECCION DEL FRENTE



1.10. AVANCE FACTIBLE EN RELACION AL ANCHO DEL FRENTE
(ARRANQUE EN PARALELO)



1.11 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE UN FRENTE PARA EL ANALISIS DE COSTO

| | |
|-------------------------------|--|
| - Sección | :4.00 x 4.00 m |
| - Longitud de perforación | :12' = 11.75' = 3.58 m |
| Eficiencia de disparo | :87% |
| - Longitud efectiva de avance | :3.11 m |
| - Tipo de roca | :intrusivo |
| Peso especifico de la roca | :3.00 Kg/m ³ |
| - Volumen roto | :49.76 m ³ |
| - Tonelaje roto | :149.28 ton. |
| Cantidad de explosivo | :112 Kg. |
| - Factor de potencia | :0.75 Kg/ ton = 2.25 Kg/m ³ |
| - No de taladros perforados | :43 |
| No de taladros cargados | :40 |
| - Pies perforados | :516 pies |
| - Densidad del taladro | :2.69 tal/m ² |
| No. de cartuchos/taladro | :17 |

1.12. ANÁLISIS DE COSTOS DE PERFORACIÓN

a) Mano de obra

| | | |
|-----------------------------|-----------------|-------------|
| Operador Jumbo: | \$ 12.00 | |
| Ayudante operador Jumbo : | <u>10.86</u> | |
| | \$ 22.86 | |
| | | |
| Beneficios sociales 104.12% | <u>\$ 23.80</u> | |
| | \$ 46.66 | 0.09 \$/pie |

b) Supervisión

| | | |
|---------------------------|--------------|-------------|
| 01 Ing. Residente | \$ 33.33 | |
| 01 Ing. Jefe de guardia | 23.33 | |
| 01 Capataz | <u>6.00</u> | |
| | \$ 62.66 | |
| | | |
| Beneficios sociales 64.25 | <u>40.26</u> | |
| | \$ 102.92 | 0.20 \$/pie |

c) Costo Herramientas

| | \$ | <u>Vida útil</u> | <u>Costo/gdia</u> | |
|----------------|------|------------------|-------------------|-------------|
| Lampa | 5.10 | 30.00 | 0.17 | |
| Pico | 5.70 | 90.00 | 0.06 | |
| Barretilla | 30.0 | 60.00 | 0.50 | |
| Llave Stillson | 25.0 | 150.00 | <u>0.17</u> | |
| | | | 0.90 | 0.01 \$/pie |

d) Implementos de seguridad:

| | <u>\$</u> | <u>V. útil/días</u> | <u>\$/gdia</u> |
|----------------------------------|-----------|---------------------|------------------|
| Ropa de agua punto azul | 18.28 | 120 | 0.30 |
| Botas de jebe | 12.50 | 120 | 0.21 |
| Lentes de seguridad | 8.50 | 180 | 0.09 |
| Guantes de cuero | 7.20 | 30 | 0.48 |
| Protector con portalámparas | 10.80 | 360 | 0.06 |
| Taflete para protector | 3.65 | 360 | 0.02 |
| Respirador 3 M | 31.56 | 360 | 0.18 |
| Filtros de respirador MSA | 3.60 | 15 | 0.48 |
| Mameluco con cinta fosforescente | 14.50 | 180 | 0.16 |
| Correa de seguridad | 4.65 | 360 | 0.03 |
| Tapón para oído | 1.35 | 30 | 0.09 |
| | | | <hr/> |
| | | | 2.10 0.01 \$/pie |

e) Costo de materiales

| | <u>\$</u> | <u>V. util/pies</u> | <u>\$/pie</u> |
|--------------------|-----------|---------------------|------------------|
| Barra de extensión | 315 | 9000 | 0.04 |
| Broca de botones | 62 | 400 | 0.16 |
| Adaptador | 173 | 9000 | 0.02 |
| | | | <hr/> |
| | | | 0.22 0.22 \$/pie |

f) Energía de aire Comprimido:

Se tiene ER-8, marca Atlas Copco de 2000 pcm. y un motor de 385 kw.

Con este compresor trabajan los siguientes equipos:

| | |
|--------------------------------|----------|
| - JUMBO neumático MJM – 20B | 720 pcm |
| - 2 perforadoras PUMA BBC –16W | 300 |
| - 1Pala neumática LM-36 | 250 |
| | <hr/> |
| | 1270 pcm |

| | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Energía de perforación: | $1270 \times 385 = 244.48 \text{ kw}$ |
| | <hr/> |
| | 2000 |

Por simultaneidad de trabajar estos 4 equipos su eficiencia es el 77%

Energía de perforación: $244.48 \times 0.77 = 188.25 \text{ kw}$

Dato de costo de Energía: $= 0.053 \text{ \$/kw-hr.}$

Costo de energía / pie $= \frac{188.25 \text{ kw} \times 0.053 \text{ \$/kw-hr.}}{108.67 \text{ pies/hr.}}$

Costo de energía / pie $= 0.11 \text{ \$/pie}$ 0.11 \\$/pie

g) Casa compresoras:

Mano de obra 10.86

Beneficios sociales 22.17

33.03 \$

0.06 \\$/pie

h) Calculo de los costos horarios:

Especificaciones técnicas del equipo:

- Jumbo neumático de dos brazos Jarvis Clark modelo MJM – 20B
- Alcance de brazo 12 pies
- Consumo de aire comprimido por brazo: 360 pcm
- Tiempo de perforación: 4.75 hr.

i) Calculo del costo Capital

| ITEM/AÑO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Inversión al principio de Año | 100% 298,000.00 | 75% 223,500.00 | 60% 178,800.00 | 50% 149,000.00 | 40% 119,200.00 | 35% 104,300.00 |
| Depreciacion Anual | 25% 74,500.00 | 15% 33,525.00 | 10% 17,880.00 | 10% 14,900.00 | 5% 5,960.00 | 5% 5,215.00 |
| Inversión a fin de año | \$ 223,500.00 | 189,975.00 | 160,920.00 | 134,100.00 | 113,240.00 | 99,000.00 |
| Promedio de Inversión al año | \$ 260,750.00 | 201,150.00 | 163,899.00 | 134,100.00 | 111,750.00 | 96,850.00 |
| Costo de capital (10%) | \$ 26,075.00 | 20,115.00 | 16,390.00 | 13,410.00 | 11,117.00 | 9,685.00 |
| Costo de capital acumulado | \$ 26,075.00 | 46,190.00 | 62,580.00 | 75,990.00 | 87,107.00 | 96,792.00 |
| Horas acumuladas | Hr 2,947.00 | 5,894.00 | 8,841.00 | 11,788.00 | 14,735.00 | 17,682.00 |
| Costo del capital por Hrs. /\$ | 8.85 | 7.84 | 7.08 | 6.45 | 5.91 | 5.47 |

$$5.47 \frac{\$}{Hr} \times \frac{4.75 Hr}{516 pies} = 0.05 \$ / pie$$

j) Calculo del costo de Operación

| MESES | COMBUSTIBLE | LUBRICANTES | REPUESTOS | MATERIALES | MANO DE OBRA | HR. TRABAJADOS |
|--------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| ENERO | 13.55 | 145.45 | 642 | 16.94 | 177.47 | 147 |
| FEBRERO | - | - | 32.24 | 5.96 | 23.82 | 136 |
| MARZO | 132.56 | 1060.84 | 910.39 | 26.74 | 106.19 | 160 |
| ABRIL | 225.62 | 1069.48 | 1504.44 | 39.97 | 77.98 | 251 |
| MAYO | 100.77 | 389.97 | 235.78 | 6.19 | 77.89 | 203 |
| JUNIO | 282.1 | 181.28 | 281.48 | 11.63 | 50.46 | 324 |
| JULIO | 96.46 | 985.3 | 163.8 | 6.7 | 26.87 | 223 |
| AGOSTO | 129.07 | 622.48 | 3843.7 | 41.48 | 79.5 | 240 |
| SEPTIEMBRE | 237.69 | 1082.86 | 102.38 | 23.43 | 145.31 | 326 |
| OCTUBRE | 273.6 | 396.3 | 501.2 | 43.1 | 105.6 | 331 |
| NOVIEMBRE | 191.32 | 407.22 | 2063.55 | 3.89 | 91.68 | 277 |
| DICIEMBRE | 129.2 | 492.6 | 336.06 | 23.64 | 92.18 | 329 |
| TOTAL | 1811.6 | 6833.77 | 10619.02 | 249.57 | 1054.95 | 2947 |

k) Calculo del Costo de Depreciación

| ITEM/ AÑO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Valor en Registro (%) | 75% | 60% | 50% | 40% | 35% | 30% |
| Valor en Registro \$ | 223,500.00 | 189,975.00 | 160,920.00 | 134,100.00 | 113,240.00 | 99,085.00 |
| Depreciación Anual \$ | 74,500.00 | 33,525.00 | 29,055.00 | 26,820.00 | 20,860.00 | 14,155.00 |
| Depreciación Acumulada \$ | 74,500.00 | 108,025.00 | 137,080.00 | 163,900.00 | 184,760.00 | 198,915.00 |
| Horas acumuladas Hr | 2,947.00 | 5,894.00 | 8,841.00 | 11,788.00 | 14,735.00 | 17,682.00 |
| Costo Depreciación/ Hr. | 25.28 | 18.33 | 15.51 | 13.9 | 12.54 | 11.24 |

$$1124 \frac{\$}{Hr} \times \frac{4.75 Hr}{516 pies} = 0.10 \$ / pie$$

I) Costo de Mantenimiento y Reparación

| ITEM/AÑO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DISPONIBILIDAD | 95% | 93% | 90% | 86% | 82% | 80% |
| % de Hrs. De mantenimiento en 6 años | 7% | 9% | 12% | 15% | 20% | 25% |
| Costo global de reparaciones | 120,000.00 | 120,000.00 | 120,000.00 | 120,000.00 | 120,000.00 | 120,000.00 |
| Costo de Reparaciones y Mantto. Anual | 84,000.00 | 10,800.00 | 14,400.00 | 18,000.00 | 24,000.00 | 30,000.00 |
| Costo acumulado | 8,400.00 | 19,200.00 | 33,600.00 | 51,600.00 | 75,600.00 | 105,600.00 |
| Horas acumuladas | 2,947.00 | 5,894.00 | 8,841.00 | 11,788.00 | 14,735.00 | 17,682.00 |
| Costo de Mantenimiento y Reparación/ Hr. | 2.85 | 3.26 | 3.8 | 4.38 | 5.13 | 5.97 |

$$5.97 \frac{\$}{Hr} \times \frac{4.75Hr}{516pies} = 0.05\$/pie$$

Datos que se obtienen de cuadro de costos de operación del cuadro

| | |
|-------------------------|-------------|
| - Costo combustible | 0.61 \$/hr. |
| - Costo lubricantes | 2.31 |
| - Costo de mano de obra | 0.36 |
| | <hr/> |
| | 3.28 \$/hr. |

$$\underline{3.28 \text{ \$/hr.} \times 4.75 \text{ hr.} =}$$

516 pies

0.03 \$/pie

0.10 \$/ton

COSTO TOTAL DE PERFORACIÓN

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| - Costo mano de obra | 0.09 \$/pie |
| - Costo de Supervisión | 0.20 |
| - Costo de herramientas | 0.01 |
| - Costo de implementos de seguridad | 0.01 |
| - Costo de materiales | 0.22 |
| - Costo de energía de aire comprimido | 0.11 |
| - Costo mano de obra casa compresora | 0.06 |
| - Costo de Capital | 0.05 |
| - Costo de Depreciación | 0.10 |
| - Costo de Mantenimiento y reparación | 0.05 |
| | <hr/> |
| TOTAL | 0.90 \$/pie |

COSTO TOTAL DE PERFORACIÓN \$ / pie

0.93 \$/pie

$$\underline{0.93 \text{ \$/pie} \times 516 \text{ pies.} =}$$

149.28 ton.

3.21 \$/ton

CAPITULO II

2. VOLADURA

Es la segunda actividad de mayor importancia en las operaciones mineras, consiste en introducir un cebo mas la columna explosiva en el taladro, este volumen inicial del explosivo se convierte en una masa mayormente gaseosa, generando altas temperaturas y altas presiones, estos fenómenos son aprovechados para realizar trabajo mecánico aplicado en el rompimiento de Rocas. Esta energía liberada se convierte en onda de choque que se forma de fuerza de compresión, que mayormente solo causan deformación plástica, ya que las rocas son muy resistentes a la compresión.

Estas fuerzas al llegar a la cara libre del frente de voladura se reflejan al cambiar de medio en el aire y regresan a la roca como fuerza de tensión, que si afectan a la roca creando fisuras y grietas de tensiones a partir de sus planos de debilidad. Luego los gases en expansión producen la rotura y desplazamiento será más eficiente en las rocas mas compactas y homogéneas.

2.1 EXPLOSIVOS

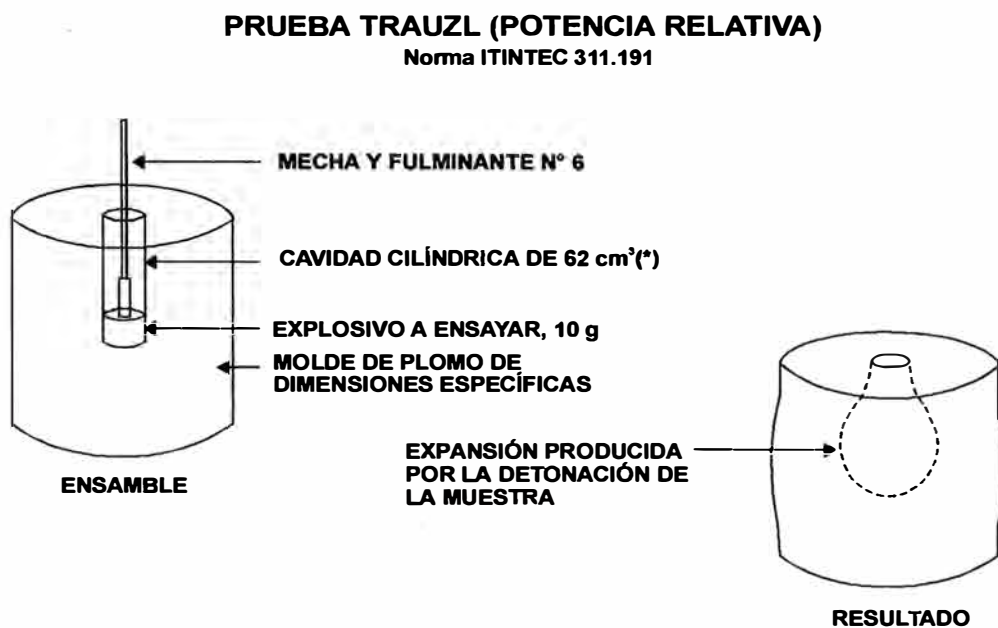
Son compuestos o sustancia de mezcla capaces de transformarse por medio de reacciones químicas de oxidación y reducción, en productos gaseosos y condensados. El volumen inicial ocupado por el explosivo se convierte en una masa mayormente gaseosa que llega a alcanzar altas temperaturas y en consecuencia muy altas presiones.

Estos fenómenos son aprovechados para realizar trabajo mecánico aplicado en el rompimiento de material pétreo.

2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS EXPLOSIVOS

Son las propiedades físicas que identifican a cada explosivo y que se emplean para seleccionar el mas adecuado para una voladura determinada, entre ellos:

Potencia relativa.- Es la medida del contenido de energía del explosivo y del trabajo que puede efectuar. Se mide mediante la prueba TRAUZL que determina de 10 gr de explosivo disparado dentro de un molde de plomo. El resultado se da en % comparado con la gelatina que se considera como patrón del 100 %.

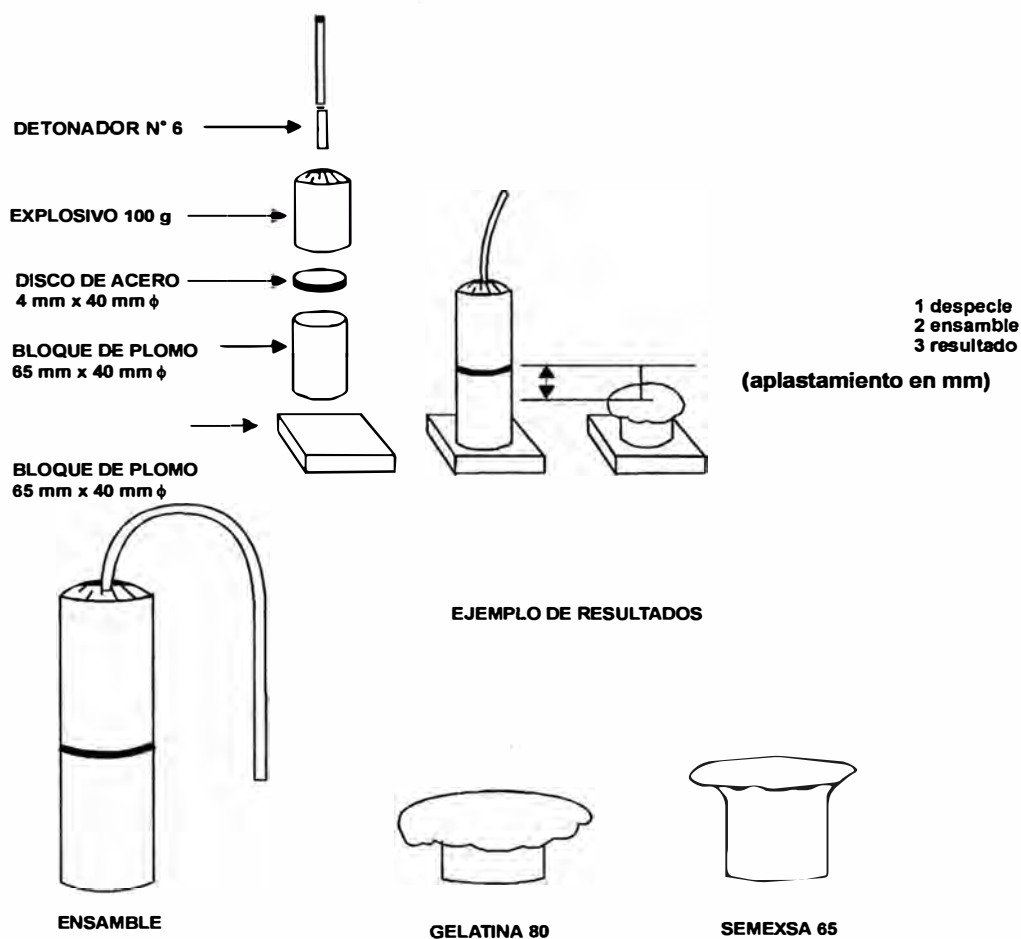


(*)Se agrega 8 cm³ para expansión producida por el detonador, total 70 cm³

Brisance o poder rompedor.- Es el efecto demoledor o triturador que aplica el explosivo sobre la roca para iniciar su rompimiento. Como factor dinámico de trabajo es consecuencia de la onda de choque y esta vinculada a la densidad y a la velocidad de detonación.

Se mide experimentalmente mediante la prueba HESS que expresa en mm. el aplastamiento.

PRUEBA HESS (PODER ROMPEDOR)
Norma ITINTEC 311 - 193



Densidad.- La densidad de la mayoría de los explosivos varia entre 0.8 a 1.60 en relación con la unidad (agua 4°C y 1 atm.) y al igual que con la velocidad de detonación cuanto mas denso sea proporcionara mayor efecto de brisance.

En los agentes de voladura la densidad puede ser un factor critico, pues si es muy baja se vuelven sensibles al cordón detonante que los

comienza a contrario se es muy alta pueden hacerse insensible y no detonar.

La densidad es un elemento muy importante para el calculo de cantidad de carga de una voladura.

$0.75 \leq d \leq 1.0$ agentes de voladura

$0.90 \leq d \leq 1.2$ dinamitas pulverulentas

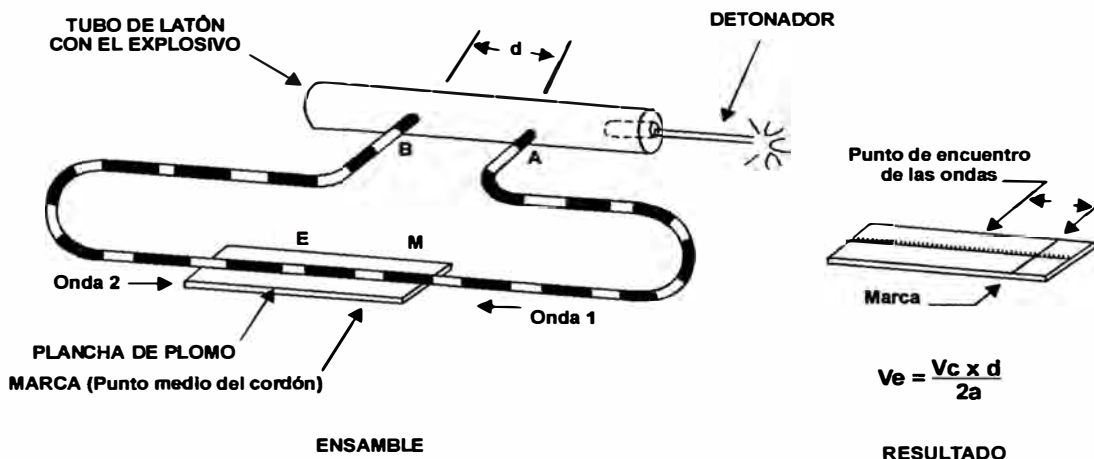
$1.20 \leq d \leq 1.5$ dinamitas gelatinas

Resistencia al agua.- Es la propiedad para resistir una prolongación exposición al agua sin perder sus características. Varía de acuerdo a la composición del explosivo y generalmente esta vinculada a la mayor proporción de nitroglicerina o aditivos que contengan.

La escala de clasificación aceptada es: nula, limitada, buena muy buena, sobresaliente o excelente.

Velocidad de detonación.- Es la medida de la velocidad con la que viaja la onda de detonación a lo largo de la sasa o columna de explosivo, al aire libre o dentro de taladro (en confinamiento. Se mide mediante la prueba DAUTRICHE que emplea un cordón detonante de velocidad conocida, o mediante la apertura y cierre de un circuito eléctrico controlado con un cronógrafo electrónico. EXSA emplea ambos métodos.

MEDICIÓN DE VELOCIDAD MÉTODO D'AUTRICHE



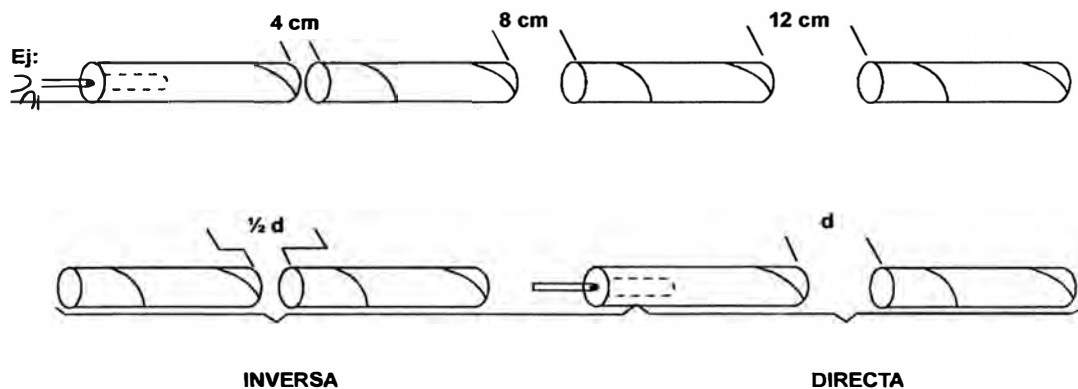
Simpatía – transmisión de la detonación.- Al ser detonado un cartucho, este puede inducir la detonación de otro vecino por simpatía. En las dinámicos sensibles esta transmisión de la detonación puede representar una distancia de muchos centímetros. Una buena transmisión es la garantía para la completa detonación de la columna explosiva.

El método para medir esta capacidad de detonación por simpatía consiste en colocar alineadas axialmente varios cartuchos del mismo tipo y diámetro sobre una capa de arena, espaciados entre sí a diferentes distancias.

La capacidad de transmisión es importante para determinar las distancias entre cartuchos en los taladros cargados con espaciadores.

PRUEBA DE TRANSMISIÓN O SIMPATÍA

Ejemplo : (Distancias arbitrarias)



Sensitividad.- Son diferentes las interpretaciones sobre sensibilidad y sensitividad. Los explosivos deben ser suficientemente sensitivos para ser detonados por un iniciador adecuado. Esta capacidad varia para la mayoría de dinamitas, mientras que los agentes de voladura requieren de un booster.

La pólvora por otro lado puede arrancar con una simple chispa o llama que provocara a un régimen de deflagración.

Estabilidad.- Los explosivos deben ser estables y no desconocerse en condiciones ambientales normales. La estabilidad es prueba mediante el test ABEL que consiste en el calentamiento y a una temperatura específica observando el momento en que se inicia su descomposición. Ej.: la nitroglicerina 80°C durante 20 minutos.

Sensibilidad al calor.- Los explosivos al ser calentados gradualmente llegan a una temperatura en que se descomponen repentinamente con desprendimiento de llamas y sonido que se denomina punto de ignición (en la pólvora esta entre 300 y 350°C y en los explosivos industriales entre 180 a 230° C).

Esta cualidad es diferente de la sensibilidad al fuego o llama abierta, que indican su facilidad de sensibilidad al calor de la pólvora es muy inflamable, explotando hasta con su chispa, lo mismo que la Nitrocelulosa y la gelatina explosiva.

Muchos explosivos pueden detonar fácilmente por efecto de golpe, impacto o fricción. Por seguridad es importante conocer su grado de sensibilidad es importante conocer su grado de sensibilidad a estos estímulos, especialmente durante su transporte y manipuleo.

Se determina la resistencia al golpe mediante la prueba de sensibilidad del martillo de caída (KAST), que consiste en colocar sobre un yunque una muestra de 0.1 gr de explosivo, sobre el que se deja caer un peso de acero de 1.2 o 10 Kg desde diferentes alturas, para ver así explota o no.

Ej.: la nitroglicerina con 4 – 5 cm.- la dinamita 15 a 30 cm y explosivos amoniacales 40-50 cm, con martillo de 2kg.

Categoría de Humos.- La detonación de todo explosivo comercial produce vapor de agua, nitrógeno, bióxido de carbono y eventualmente sólidos y líquidos. Entre los gases inocuos nombrados hay siempre cierto porcentaje de gases tóxicos llamados “humos” como el monóxido de carbono y el bióxido de nitrógeno. De acero a la proporción

contenida para la exposición del personal trabajador después del disparo.

1era. Categoría de:

0-0.16 pie³ CO-NO cualquier labor subterránea

2da . Categoría de:

0.16-00.33 pie³ CO-NO buena ventilación

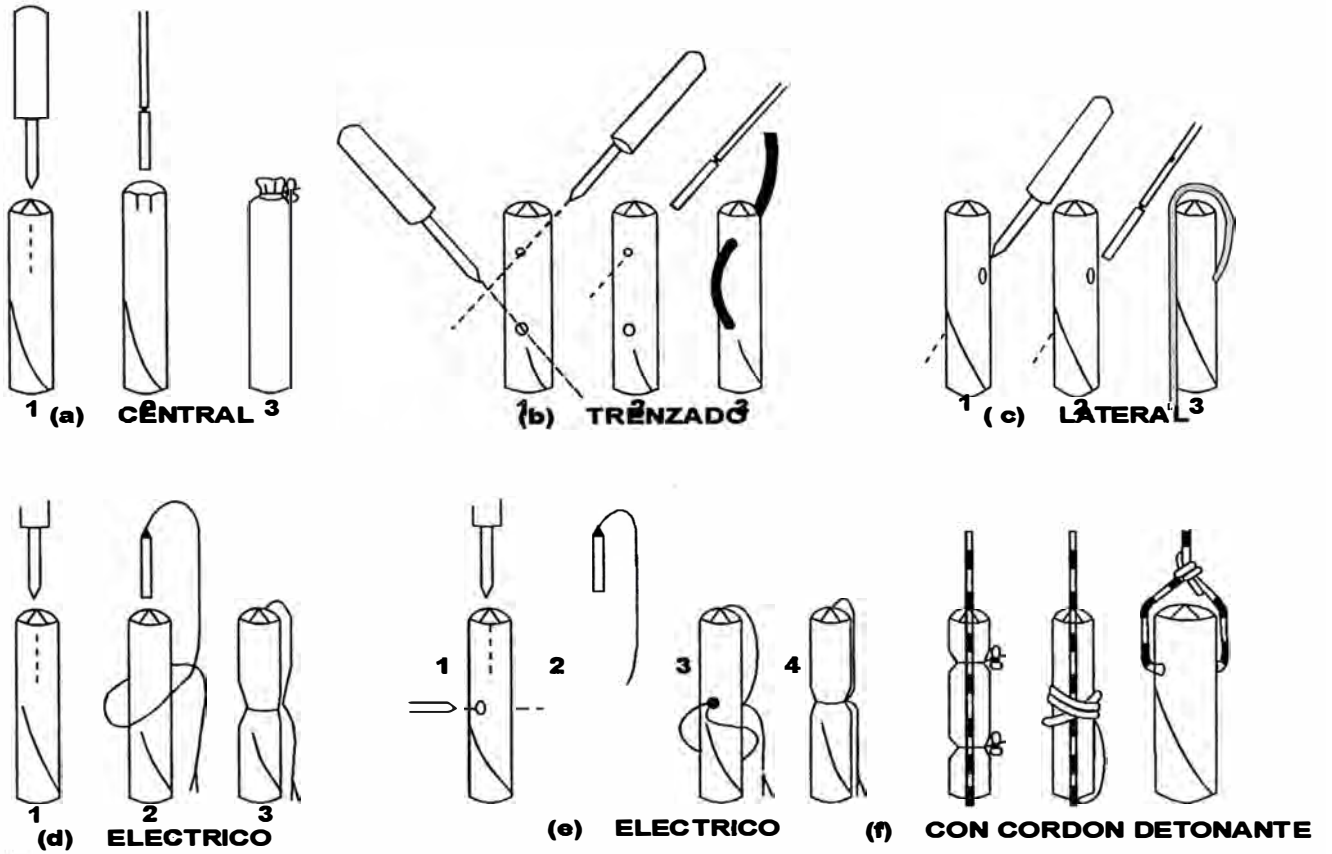
3era. Categoría de:

0.33-0.67 pie³ CO-NO en superficie

Estas cifras se refieren a los gases producidos por el disparo de ensayo de un cartucho de 1 1/4" x 8", con su envoltura de papel llamado bomba bichel.

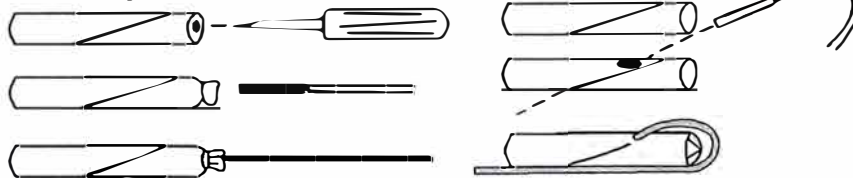
2.3. CEBADO DE CARTUCHOS

METODOS USUALES PARA EL CEBADO DE CARTUCHOS CON DETONADORES COMUNES O ELECTRICOS DINAMITAS

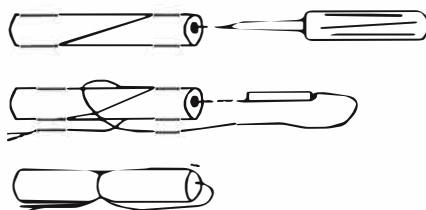


EJEMPLO DE CEBADO CON:

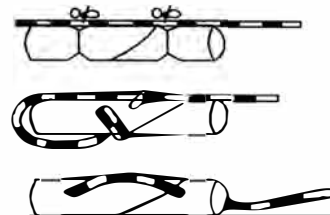
a) **Mecha con detonador no eléctrico o de tipo Nonel**



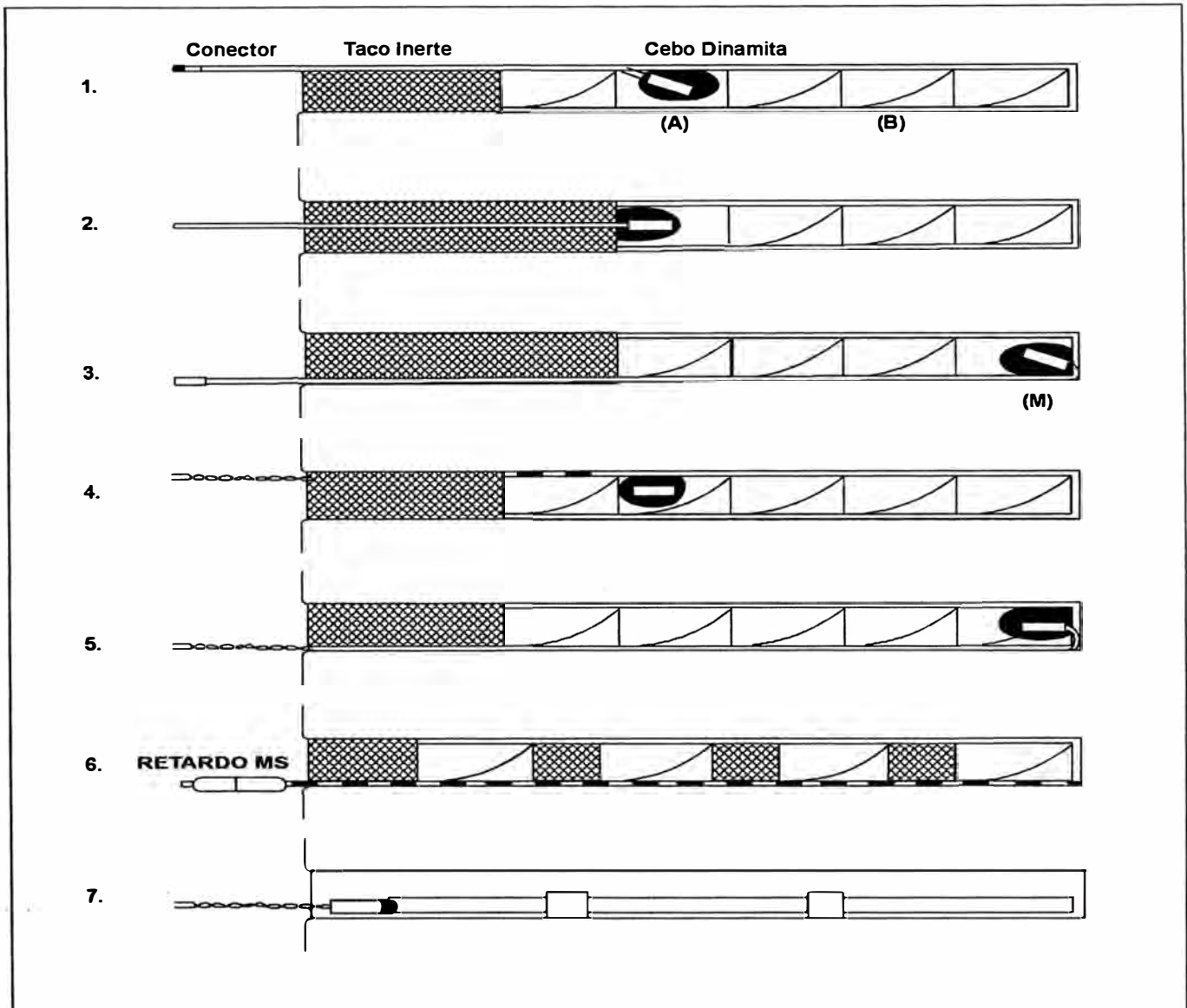
b) **Fulminante eléctrico**



c) **Cordón detonante**



2.4. MANERA DE CARGAR LOS TALADROS



TALADROS DE PEQUEÑO DIÁMETRO ESQUEMAS DE CARGA

- | | |
|---|--|
| <p>1) Con fulminante común y mecha de seguridad. Para taladros secos y húmedos en roca suave a dura, con cabo en (A) para tiros aislados y en (B) para simultáneos (para prevenir fallas y mejorar la rotura).</p> <p>2) Con fulminante común y mecha de seguridad. Para taladros cortos, aislados, en roca suave a media con poca carga.</p> <p>3) Con fulminante común y mecha de seguridad. Para taladros secos en tiros simultáneos en roca media a dura. Cebo al fondo orientado hacia la columna explosiva; mejora la iniciación y rotura (pero presenta riesgo de corte por deterioro de la mecha en el doblez (M) o de tiro prematuro por aplastamiento de la pólvora por taqueo excesivo).</p> <p>4) Con detonador eléctrico instantáneo. Para taladros aislados o simultáneos en roca húmeda suave o media.</p> | <p>5) Con detonador eléctrico de retardo. Para tiros simultáneos o de frontones taladros secos en roca media a dura, cebo al fondo para mejorar la fragmentación.</p> <p>6) Con cordón detonante. Taladro amortiguador o escalonados en roca suave con espaciadores para bajar y distribuir la carga a lo largo del taladro (en caso de usar detonadores en lugar del cordón los espaciadores deben ser de material que permita la transmisión de la onda entre cartuchos).</p> <p>7) Con detonador eléctrico instantáneo o del mismo número de retardo para toda la serie de taladros en voladura controlada o de recorte (smooth blasting). Se aprecia la relación de desacoplamiento entre el diámetro del taladro y el de la carga explosiva).</p> |
|---|--|

EXPLOSIVOS CONVENCIONALES Y SUS ESTANDARES

PRODUCTOS SENSIBLES AL DETONADOR

| CARACTERISTICAS | DINAMITAS GELATINAS | | | | | DINAMITAS SEMIGELATINAS | | | | DINAMITAS PULVERULENTAS | | | EMULSIONES | | | |
|---|---------------------|----------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| | GELIGNITA | GELIGNITA ESP. 90 | GELIGNITA 90 BN | GELATINA ESP. 75 | GELATINA ESP. 75 BN | SEMEXSA 80 | SEMEXSA 65 | SEMEXSA 60 | SEMEXSA 45 | EXADIT 65 | EXADIT 60 | EXADIT 45 | SEMEXSA E 80 | SEMEXSA E 65 | EXAGEL - E 80 | EXAGEL - E 65 |
| Densidad, en g/cm ³ | 1.48 | 1.42 | 1.42 | 1.38 | 1.38 | 1.18 | 1.12 | 1.1 | 1.08 | 1.05 | 1.04 | 1 | 1.18 | 1.12 | 1.14 | 1.12 |
| Veloc. de detonacion, en m/s (sin confirmar) | 6 500 | 6 000 | 6 000 | 5 500 | 5 500 | 4 500 | 4 200 | 4 000 | 3 800 | 3 600 | 3 500 | 3 400 | 4 800 | 5 000 | 5 300 | 5 100 |
| Potencia por peso (Trauzl), en % | 79 | 75 | 75 | 70 | 70 | 78 | 74 | 72 | 68 | 68 | 66 | 65 | | | | |
| Poder rompedor o brisance (Hess), en mm | 25 | 24 | 24 | 22 | 22 | 20 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 24 | 22 | 24 | 22 |
| Presión de detonación, en kbar (sin confirmar) | 171 | 169 | 169 | 166 | 166 | 107 | 95 | 91 | 88 | 62 | 61 | 60 | 103 | 86 | 102 | 91 |
| Energía, en cal/g | 1 130 | 981 | 981 | 970 | 970 | 980 | 915 | 905 | 900 | 895 | 888 | 880 | 1 109 | 936 | 1 192 | 935 |
| Resistencia al agua | excelente | excelente | excelente | excelente | excelente | sobresaliente | muy buena | muy buena | muy buena | mediana | mediana | mediana | excelente | excelente | excelente | excelente |
| Categorías de humos | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra | 1ra |
| Volumen normal de gases, en l/kg | 838 | 867 | 667 | 878 | 878 | 916 | 932 | 935 | 939 | 941 | 943 | 945 | 832 | 908 | 827 | 904 |
| Potencia relativa por peso (Anfo = 100) | 126 | 109 | 109 | 103 | 103 | 106 | 101 | 100 | 99 | 97 | 92 | 84 | 123 | 92 | 121 | 103 |
| Potencia relativa por volumen (Anfo = 100) | 224 | 196 | 196 | 186 | 186 | 153 | 139 | 134 | 131 | 125 | 117 | 105 | 180 | 128 | 177 | 143 |
| Vida útil | 18 meses | 18 meses | 18 meses | 18 meses | 18 meses | 18 meses | 18 meses | 18 meses | 18 meses | 18 meses | 18 meses | 18 meses | 6 meses | 6 meses | 6 meses | 6 meses |

AGENTES DE VOLADURA GRANULADOS NO SENCIBLES AL DETONADOR

| CARACTERISTICAS | | | |
|--|-----------------|-----------------|----------------|
| EXAMON | EXAMON V | EXAMON P | SOLANFO |
| Densidad, en gr/cm ³ (a granel) | 0.85 | 0.80 | 0.80 |
| Densidad, en gr/cm ³ (compactado) (1) | 1.00 | 0.95 | 0.95 |
| Velocidad de detonacion, m/s (2) | 2 900 - 5 000 | 2 800 - 4 800 | 2 700 - 3 000 |
| Poder rompedor o brisance (Macro Hess), en mm | 34 | 30 | 19 |
| Potencia relativa por peso (Anfo = 100) | 125 | 110 | 105 |
| Potencia relativa por volumen (Anfo = 100) | 130 | 115 | 107 |
| Energia, en cal/g | 1 140 | 1 003 | 904 |
| Presion de detonacion en kbar | 60 | 50 | 45 |
| Categorias de humos (3) | 1ra | 1ra | 2da |
| Volumen normal de gases, en l/kg | 920 | 976 | 970 |
| Vida util | 12 meses | 12 meses | 12 meses |

(1) En carguio neumático

(2) Valores variables en relacion con el diametro de taladro y condiciones de aplicacion

(3) Similar a las dinamitas siempre que el examon esté cargado en taladros secos y sea iniciado adecuadamente
Asimismo, se debe prevenir la perdida de confinamiento del examon durante la iniciación de la voldura para evitar la producción de humos toxicos.

ESPLOSIVO PARA VOLADURA CONTROLADA SENCIBLE AL DETONADOR

| CARACTERISTICAS | |
|---|------------------|
| | EXSACORTE |
| Densidad, en g/cm ³ | 1.05 |
| Velocidad de detonacion en m/s (sin cofinar) | 3 400 |
| Potencia por peso (Trauzl), en % | 68 |
| Poder rompedor o brisance (Hess), mm | 14 |
| Presion de detonacion, en kbar (sin cofinar) | 50 |
| Energia en cal/g | 920 |
| Resistencia al agua | mediana |
| Categorias de humos | 1ra |
| Volumen normal de gases, en l/kg | 910 |
| Potencia relativa por peso (Anfo = 100) | 76 |
| Potencia relativa por volumen (Anfo = 100) | 101 |
| Vida util | 18 meses |

2.6 RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL USO DE EXPLOSIVOS

| TIPO DE TRABAJO | CONDICIONES DE TERRENO | | EXPLOSIVOS RECOMENDADOS |
|---|--|--|---|
| | RESISTENCIA | HUMEDAD | ALTERNATIVAS |
| Voladura en general, Rocas A. Lutitas, calizas Brechas, areniscas B. Cuarzitas, andesitas Dioritas, riolitas Basalto – granito- Gneiss Excavaciones- zanjas y Cimientos, Agricultura Cortes en carreteras Calambucos: (voladura en gran escala) | Suave Medio Medio Duro Muy duro Suave Duro Duro Suave Medio Duro | Seco Seco Húmedo Húmedo Húmedo Seco Seco Húmedo Seco Seco Húmedo | Examon O= Exadit 45- Amonex 75 Amonex 75- Semexca45-60-Exagel 40 Semexa 60- Exagelita – Exagel 60-40 Semexa 65- Exagelita- Exagel 80 Exagelita- Gelatina 80 y 90 Exadit 45- Examon P- Lurigel 40 Exadit 75- Examon V y X Amonex 75- Semexsa 60- Lurigel 60-80 Examon P y Gelatina como cebo Examen V y Gelatina como cebo Slurrex 40 y 60 con booster |
| Voladura controlada (Smooth blasting- Recorte Pre corte, contornos, etc) | Suave a Duro | Seco a Húmedo | Exsacorte |
| Voladura bajo agua (Submarina- Sub- acuática) | En material suelto y en roca, sea con plasta sobrepuestas al piso o con tala- dros bajo agua Suave a medio, o a baja profundidad Medio a duro, a profundidad media Duro a muy duro o a gran profundidad | | Gelignita, en general: Alternativas: Gelatiana Esp. 90 Gelignita y Gelatina Explosiva |
| RESISTENCIA | Se refiere a las propiedades de dureza y tenacidad de los materiales pétreos respecto a su comportamiento en voladura | | |
| VOLADURA DE MINAS | | | |
| Minas subterráneas Desarrollados: Túneles- Galerías- Piques Tajeos Labores de Track Less Cámaras – Shrinkages Chimeneas- Piques | Suave Suave Duro Duro Duro Muy duro | Seco Húmedo Seco Húmedo Muy húmedo Con agua Surgente | Exadit 45- Amonex 75- examen P Semexsa 45 y 60- Lurigel 40 Semaxsa 65- Exagelita – Examen V y X Exagelita – Gelatina 75- Lurigel 60 Gelatina Esp. 80 y 90 – Lurigel 80 Gelatina Especial 90- Geligtina |
| Canteras y mineras A cielo abierto en: Taladros pequeños (Menos de 3° de diámetro) taladros grandes: (sobre 3° de diámetro) (Agentes de voladura a NCN) | Suave Suave Duro Duro Duro Muy dura Muy dura | Seco Húmedo Seco Seco Húmedo Muy húmedo Con agua Surgente | Exadit 45- Amonex 75- Examen P Semexsa 60- Lurigel 40- Exagel 40 Semexsa 60- Exagelita- Exagel 60 y 80 Examen P – Examen V y X Slurrex 40- Slurrex 60 Slurrex 80- Prima Flo 90 Slurrex 110- Prima Flo 110 |
| Voladura secundaria Cachorros y plastas | Suave Duro | Seco Húmedo | Smexsa 45 y 60- Exadit 65 Gelatina 75- Semexsa 65- Exagel 60 |

2.7 ANALISIS DE COSTOS DE VOLADURA

1. Tenemos los siguientes parámetros de perforación:

- Dinamita gelatina 75% x 1 1/8" x 8"
- Longitud de taladro : 12'
- Tonelaje roto : 149.28 ton.
- No de taladros : 44
- Toneladas / taladro : 3.39 ton/tal
- Perforación específica : 1.05 m/ton

2. Costo de explosivos y accesorios de voladura :

$$\text{Fanel :} \quad 39 \text{ und.} \times 1.29 \frac{\$}{\text{und.}} = 50.31 \$$$

$$\text{Cordón detonante 5P :} \quad 19.5 \text{ m.} \times 0.22 \frac{\$}{\text{m}} = 4.29 \$$$

$$\text{Mecha seguridad :} \quad 4.88 \text{ m.} \times 0.14 \frac{\$}{\text{m}} = 0.68 \$$$

$$\text{Fulminante No 8 :} \quad 2 \text{ und.} \times 0.08 \frac{\$}{\text{und.}} = 0.16 \$$$

$$\text{Costo de explosivo :} \quad 112 \text{ kg.} \times 1.84 \frac{\$}{\text{kg.}} = 206.08 \$$$

$$\$ 261.52 \quad 1.75 \$/\text{tn.}$$

CAPITULO III

3. LIMPIEZA Y ACARREO

Son las operaciones completamente para cerrar nuestro ciclo de labores de mina. No existe en nuestro caso el acarreo como ocurre con mayor frecuencia en otras minas, para nuestro caso estaremos utilizando un scoop –tram ST-3 ½ y 2 camiones de bajo perfil JDT-413, las distancia a recorrer del scoop –tram 173 m, y los camiones 690 m, al ore pass principal con pendiente del 12%

3.1. CUADROS ESTADÍSTICOS EXPERIMENTALES PARA HALLAR COSTOS DE OPERACIÓN

| TABLA No. 1 | DEPRECIACION HORARIA | |
|-------------|----------------------|----------|
| | VIDA UTIL/Hr | |
| CONDICION | CARGADORES | CAMIONES |
| | SCOOPTRAM | TRUCKS |
| EXCELENTE | 20,000 | 30,000 |
| PROMEDIO | 20,000 | 25,000 |
| SEVERO | 10,000 | 20,000 |

| TABLA No. 2 | CARGA PROMEDIO ANUAL | |
|-------------|----------------------|--|
| | POR INVERSION | |
| AÑOS | FACTOR | |
| 1 | 1.00 | |
| 2 | 0.75 | |
| 3 | 0.67 | |
| 4 | 0.63 | |
| 5 | 0.60 | |
| 6 | 0.58 | |
| 7 | 0.57 | |

| TABLA No. 3 | COMBUSTIBLE ESTIMADO COMBUSTIBLE | | |
|--------------|----------------------------------|----------|------|
| | GALONES/HORA | | |
| MODELO MOTOR | ALTO | PROMEDIO | BAJO |
| F4L-912 W | 2.6 | 1.7 | 0.9 |
| F6L-912 W | 3.9 | 2.6 | 1.3 |
| F6L-714 | 7.2 | 4.8 | 2.4 |
| F8L-714 | 9.7 | 6.5 | 3.2 |
| FF10L-714 | 12.2 | 8.1 | 4.1 |
| F12L-714 | 14.8 | 9.9 | 4.9 |
| BF-12L-714 | 19.1 | 12.7 | 6.4 |
| 3304 NA | 5.3 | 3.5 | 1.7 |
| 3306 NA | 7.9 | 5.2 | 2.6 |

| TABLA No. 4 | FACTOR DESGASTE LLANTAS | | | |
|-------------|-------------------------|----------|---------------------|--------------------|
| | VIDA LLANTAS/HORAS | | No. DE RENCAUCHE | FACTOR DESGASTE |
| | SCOOPTRAMS | CAMIONES | | |
| EXCELENTE | 1.300 | 4.000 | 6 | 1.1 |
| PROMEDIO | 800 | 3.500 | 4 | 1.0 |
| SEVERO | 400 | 3.000 | 2 | 0.9 |

3.2. ANALISIS DE COSTOS DE LIMPIEZA DE MINERAL

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

Equipo :

- 1 scooptram ST-3 ½ Jarvis Clark
- Capacidad de cuchara : 3.5 yd³ = 2.67m³
- Factor de llenado : 85%
- Capacidad neta de cuchara : 2.27 m³
- Distancia a recorrer : 173 m.
- Tiempo de trabajo . 3.42 hr.
- Trabajo en horizontal.

Calculo de los costos horarios

1. Costo inicial del equipo

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Precio del fabricante | \$ 225,000 |
| Fletes, aduanas, derechos, etc. | \$ 9,800 |
| Precio total | <u>\$ 234,800</u> |
| Restar precio de llantas | \$ 18,000 |
| Precio neto del equipo | <u>\$ 216,800</u> |

2. Costo del propietario

| | |
|------------------------------|--------------|
| • Horas trabajadas al año | 4,512 hr. |
| • Depreciación por años | 4 años |
| • Costos inversión horaria | 3.92 \$/hr. |
| • Costo depreciación horaria | 12.04 \$/hr. |
| • Costo total | 15.96 \$/hr. |

3. Costo de operación

| | |
|---|--------------|
| • Costo combustible | 13.61 \$/hr. |
| • Costo mantenimiento, lubricación, filtros | 3.40 \$/hr. |
| • Costo reparación | 9.78 \$/hr. |
| • .Costo de llantas | 5.63 \$/hr. |
| • Costo reparación llantas | 0.59 \$/hr. |
| • Total costo de reparación | 33.01 \$/hr. |

** Costo total (inversión + operación) = 48.97 \$/hr.

$$\frac{48.97 \times 3.42 \$}{149.28 \text{ ton}} = 1.12 \$/\text{ton}$$

149.28 ton

3.3. ANALISIS DE COSTO DE ACARREO DE MINERAL

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Equipos :

- 2 camiones de bajo perfil JDT. 413 Jarvis Clark
- Capacidad camión : 6.6 m³
- Factor de llenado : 85%
- Capacidad de carga neta : 5.61 m³
- No de viajes por cada equipo :6
- Modelo de motor : F8L-714 marca DEUTZ
- Distancia a recorrer : 690 m
- Gradiente : 12 \$
- Tiempo transporte : 3.42 hr.

Material :

- Material : a transportar
- Peso especifico : 3.00
- Volumen a transportar : 49.76 m³
- Factor de esponjamiento : 68.54 m³

Calculo de los costos horarios

1. Costo inicial del equipo

| | |
|--------------------------------|------------------|
| Precio del fabricante | \$ 125,000 |
| Flete, aduanas, derechos, etc. | \$ <u>9,800</u> |
| Precio total | \$ 143,000 |
| Restar precio llantas | \$ <u>18,000</u> |
| Precio neto del equipo | \$ 116,000 |

2. Costos del propietario.- Se consideran los costos de inversión del propietario.

- Vamos a determinar las hr. Trabajadas en un año.

$$\frac{14 \text{ hr.}}{\text{día}} \times \frac{6 \text{ días}}{\text{sem.}} = \frac{84 \text{ hr.}}{\text{sem.}} \times \frac{47 \text{ sem.}}{\text{año}} = \frac{3,948 \text{ hr.}}{\text{año}}$$

- Depreciación por años (tabla No 1)

$$\frac{28,000 \text{ hr. de vida}}{3,948 \text{ hr.}} = 7 \text{ años}$$

- Costo de inversión horaria (tabla No 2)

$$\frac{134,000 \times 0,57 \times 0,12}{3,946} = 2.32 \text{ \$/hr.}$$

- Costo de depreciación horaria

$$\frac{116,000}{28,000} = 4.14 \text{ \$/hr.}$$

❖ Total de costo horario del propietario : 6.46 \\$/hr.

3. Costo de operación

- Costo de combustible (tabla No 3)
Equipo JDT 413, motor FBL-714

$$\frac{6.5 \text{ gal.}}{\text{Hr.}} \times \frac{1.68 \text{ \$}}{\text{gal.}} = 10.92 \text{ \$/hr.}$$

- Costo mantenimiento preventivo, lubricantes, filtros, es considera 25% costo combustible

$$0.25 \times 10.92 = 2.73 \text{ \$/hr.}$$

- Costo de reparación

$$\frac{134,000 \times 0.75}{28,000} = 3.59 \text{ \$/hr.}$$

- Costo de llantas (tabla No 4)

$$\frac{4,500}{3,500 \times 1.0} = 1.29 \text{ \$/hr.}$$

- Costo de operación llantas

$$0.15 \times 2.32 = 0.25 \text{ \$/hr.}$$

$$\diamond \text{ Total costo de operación} = 18.88 \text{ \$/hr.}$$

$$\diamond \text{ Costo total (inversión + operación)} = 25.34 \text{ \$/hr.}$$

$$\text{Como son 2 camiones : } 25.34 \times 2 \times 3.42 = 173.32 \text{ \$/hr.}$$

$$\text{Entonces : } \frac{173.32 \text{ \$}}{149.28 \text{ ton.}} = 1.18 \text{ \$/ton.}$$

3.4. CUADRO GENERAL DE COSTOS : (INVERSIÓN + OPERACIÓN)

| | | |
|------------------------|-------------|---------------------|
| • Costo de perforación | 0.93 \$/pie | 3.21 \$/ton. |
| • Costo de voladura | | 1.75 \$/ton. |
| • Costo de ventilación | | 0.01 \$/ton. |
| • Costo de limpieza | | 1.12 \$/ton. |
| • Costo de transporte | | <u>1.18 \$/ton.</u> |
| | | |
| COSTO TOTAL | | 7.27 \$/ton. |

❖ Costo neto de operación SIN INVERSIÓN

| | | |
|------------------------|-------------|---------------------|
| • Costo de perforación | 0.90 \$/pie | 3.11 \$/ton. |
| • Costo de voladura | | 1.75 \$/ton. |
| • Costo de ventilación | | 0.01 \$/ton. |
| • Costo de limpieza | | 0.39 \$/ton. |
| • Costo de transporte | | <u>0.87 \$/ton.</u> |
| | | |
| COSTO TOTAL | | 6.13 \$/ton. |

CAPITULO IV

4. VOLADURA CONTROLADA O AMORTIGUADA

4.1. OBJETIVOS

Los objetivos de la voladura controlada son evitar el rompimiento de roca en exceso así como mantener la solidez y capacidad de autosostenimiento de la roca. Igualmente es recomendable es esta clase de voladura que todos los taladros del contorneo sean paralelos al eje de la galería, para evitar de este modo dañar o romper en exceso las paredes de la galería.

Consiste en el empleo lineales de carga explosivas de baja energía colocados simultáneamente par a crear y controlar la formación de una grieta continua que delimite la superficie final de un corte, se puede realizar antes o después de la voladura principal antes precorte y después recorte.

4.2. CONDICIONES DE APLICACIÓN

- Se utiliza explosivos especiales de baja energía, baja densidad de carga, baja velocidad de detonación, etc., usualmente en cartuchos de diámetro pequeño como el exsacorte, este explosivo produce por ejemplo de 900 – 1,000 bares de presión, mientras que una convencional puede llegar a 30,000 bares de presión:

Relación ϕ taladro /relación ϕ cartucho es 2.1: 1

- Las distancias entre taladros deben ser menores a los convencionales $E/B = 0.5 - 0.8$ en lugar de 1.3.

- Mantener estrictamente la longitud, el alineamiento y paralelismo de los taladros.
- En minería en zonas o estructuras con cajas o techos débiles o inestables, la experiencia nos demuestra que en voladuras convencionales afecta a la roca a profundidades hasta 1.50 mts., mientras que en coladuras controladas solo hasta 0.50 mts. Y eso tenemos que aprovechar.
- Son aplicados en túneles y cámaras subterráneas, en cortes de carreteras para estabilizar los taludes, etc.
- Los taladros deben dispararse simultáneamente, todos de la periférica deben tener el mismo número de retardo o instantáneo, para lograr nuestro objetivo.
- Estos cartuchos no deben ser confinados o atacados, serán solo colocados dejando espaciadores y al final del taladro un taco de arcilla.

4.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SU APLICACIÓN

- Se obtiene superficies de rocas más lisas, estables y curvas.
- Menor consumo de concreto para el revestimiento.
- Menor agrietamiento de la roca.
- Lograr un autosostenimiento.
- Menor vibración.
- Se incrementa el costo de perforación y voladura.
- También se incrementa el tiempo.

4.4. MALLA DE PERFORACIÓN PARA UNA VOLADURA CONTROLADA

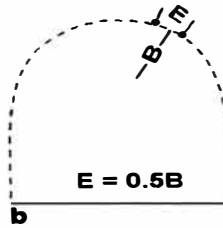
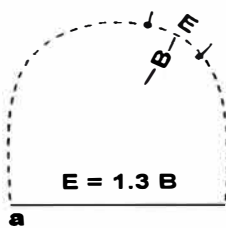


ESQUEMAS DE CARGA

a) Taladro convencional



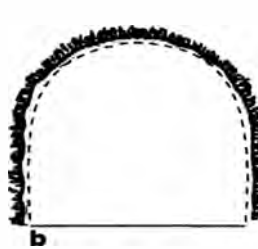
b) Taladro de voladura controlada



Relación de espaciado a Burden (línea de menor resistencia) entre taladros de periferia o corona de un túnel.

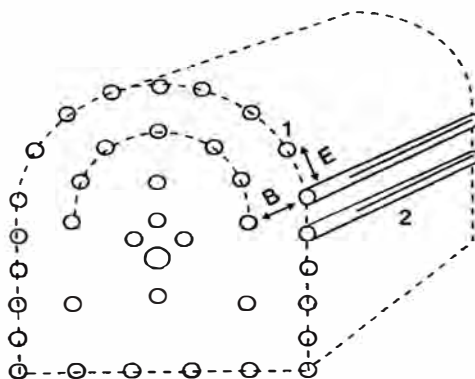
a) En voladura convencional

b) En voladura periférica



RESULTADO

- En voladura convencional (roca afectada hasta 1.50 m. en profundidad).
- En voladura controlada periférica, (roca afectada solo hasta unos 0.50 m. en profundidad).



- En obras subterráneas, los taladros para control de fractura excesiva son espaciados alrededor del perímetro de la tanda de voladura de producción, y usualmente son detonados simultáneamente como paso final en la secuencia de detonación.
- La carga explosiva lineal y de menor diámetro de preferencia ocupará toda la longitud del taladro (roca competente) o parte de él (roca suave) pero en todo caso sin atacado, el taco solo se hará al taladro o para evitar que los cartuchos de Smooth Blasting puedan ser movidos o succionados por la rotadura principal, que sale antes

4.5. EXPLOSIVOS EXSACORTE

Es un explosivo especial para trabajos de voladura amortiguada (smoth blasting) para precorte en canteras y taludes donde se requieren un acabado liso, cortes precisos en excavaciones para cimientos de obras civiles y otros trabajos especiales.

4.6. RECOMENDACIONES PARA EL USO DE ESTE EXPLOSIVO

Para lograr los efectos deseados se sugiere tomar las siguientes recomendaciones

- No se debe atacar los cartuchos.
- Debe cargarse a lo largo de todo el taladro.
- Los cartuchos deben ser de menor diámetro que el taladro, vienen de 5/8" y 30".
- Todos los taladros de la línea de corte deberán ser disparados simultáneamente, sin retardos entre sí, de lo contrario no se formara la grieta buscada, y por supuesto solo después que hayan salido previamente los arranques y ayudas.
- Los taladros para esta voladura se perforaran a menor distancia entre sí que en la voladura ordinaria, es decir que el espaciamiento será el 50% o menor que el burden (cuerpo) o línea de menor resistencia, por lo que aumentara el numero de taladros en la periferia o línea de corte.

CAPITULO V

5. SEGURIDAD EN EL USO DE EXPLOSIVOS

Todos los explosivos sin ninguna excepción son peligrosos y deben ser manejados y usados con mucho cuidado por personas competentes y experimentadas, o bajo la estricta vigilancia de estas. Todas las personas que manejan explosivos tienen la responsabilidad de conocer y poner en practica todas las medidas de seguridad aprobadas.

En capitulo contiene las recomendaciones necesarias para evitar las causas más comunes de accidentes. En el término de explosivos están comprendidos las dinamitas, hidrogeles, agentes de explosivos de todo tipo, nitrocarbonitratos, pólvoras, fulminantes y cordón detonante.

5.1 TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS

- Acatar rigurosamente las disposiciones establecidas por las leyes y reglamentos vigentes en el país.
- Asegurar que todo vehículo destinado a transportar explosivos reúna las condiciones exigidas por la dirección de transito y reglamento de control de explosivos de DISCAMEC.
- Verificar el buen funcionamiento del vehículo. Los costados y los extremos deberán ser lo suficientemente altos y cerrados que no permitan que la carga sobresalga, debiendo además cubrirla con una lona impermeable y estar provisto de cubreras para evitar empozamiento de agua en caso de lluvias.

- Verificar que todo vehículo que transporta explosivos lleve en un lugar apropiado y visible un banderín de tela roja de 70x70 cm. Con la leyenda PELIGRO en letras blancas.
- Llevar en los vehículos que transportan explosivos, dos extintores de incendios en lugares apropiados y de fácil acceso debiendo obligatoriamente el chofer, ayudante y custodios conocer su correcto uso.
- Efectuar operaciones de carga y descarga durante las horas del día y NUNCA cuando haya tormentas eléctricas, de arena o de nieve.
- Durante la carga y descarga de explosivos solo podrá permanecer en las inmediaciones el personal autorizado para tal efecto, prohibiéndose cualquier otra actividad en un radio de 50 m.
- Las personas encargadas de carga, descarga y transporte de explosivos serán mayores de edad, gozarán de buena salud, de reconocida conducta, no adictos al uso de bebidas alcohólicas o narcóticos.
- Nunca permitir que cajas de explosivos estén en contacto con metal alguno.
- Nunca transportar conjuntamente con explosivos materiales metálicos, combustibles o corrosivos.
- Nunca permitir abrir las cajas que contienen explosivos sobre las plataformas del vehículo o en el área de desembarque o almacenaje.
- Nunca transportar explosivos secundarios Ej. Dinamitas junto con explosivos primarios Ej. Fulminantes.
- No permitir fumar en el vehículo ni permitir la presencia en el de personas no autorizadas e innecesarias.
- No conducir vehículos con explosivos a través de poblaciones a menos que no pueda ser evitado.
- No estacionar vehículos con explosivos cerca de lugares donde hay aglomeración de personas como restaurantes, escuelas, garajes, grifos, etc.

5.2 ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS

- Almacenar explosivos en polvorines que se ajusten a las características y requerimientos de las normas legales y reglamentos en vigencia
- Primero embarcar, despachar o utilizar los productos que sean de mayor antigüedad.
- Almacenar cajas de dinamita en forma horizontal- plana con la tapa hacia arriba y almacenar juntos los productos del mismo tipo y clase de tal manera, que sea fácil identificarlos. Esto simplificará el conteo, la revisión y control de antigüedad de los productos.
- Tener especial cuidado con cajas rotas, defectuosas o que estén escurriendo. En caso de recibir cajas en estas condiciones, acomodarlas por separado dentro del polvorín y mandar un reporte detallado al fabricante exponiendo las posibles causas.
- La puerta del polvorín siempre debe estar con llave excepto cuando se abra para realizar algún movimiento de mercancía.
- Los polvorines siempre deben estar ubicados en los lugares mas aislados y estratégicos respetando las tablas de distancias contenidas en el reglamento de DISCAMEC.
- Estar al día con las disposiciones legales vigentes para el almacenamiento de explosivos.
- Los explosivos siempre deben guardarse en polvorines secos, bien ventilados, razonablemente frescos, sólidamente contruidos, resistentes a las balas, al fuego, y con cerradura de seguridad.
- Los polvorines siempre deben estar contruidos en lugares alejados de construcciones, carreteras o vías férreas, observando las distancias recomendadas por las disposiciones reglamentarias vigentes.
- Únicamente deben utilizarse linternas o lámparas mineras de seguridad si se requiere de iluminación artificial.
- Arreglar de inmediato si aparecen goteras en el techo o paredes del polvorín.

- ❑ Nunca abrir, empacar o re-ensasar cajas de explosivos dentro del polvorín o a una distancia menor a 15 m. del mismo.
- ❑ No dejar explosivo suelto o cajas de explosivo abiertas dentro del polvorín.
- ❑ Nunca almacenar fulminantes comunes, eléctricos, faneles en un mismo lugar del polvorín.
- ❑ No almacenar cordón detonante juntamente con fulminantes. Nunca almacenar explosivos en un lugar húmedo, ni cerca de aceites, combustibles o solventes, ni cerca de calentadores, tubería de vapor, estufas u otras fuentes de calor.
- ❑ No fumar ni llevar fósforos, luz abierta u otra forma de fuego o llama ni dentro ni cerca de un polvorín.

5.3. MANIPULEO DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA

- ❑ No colocar explosivos en lugares donde estén expuestos a llamas, al calor excesivo, a las chispas o a golpes.
- ❑ Siempre volver a tapar las cajas o envases de explosivos después del uso.
- ❑ Utilizar herramientas que no sean metálicas que puedan producir chispas para abrir cajas conteniendo explosivos. Pueden eventualmente utilizarse cortadores metálicos para abrir cajas de cartón, siempre y cuando el cortador no toque las grapas metálicas de la caja ni los explosivos.
- ❑ No permitir fumar, portar fósforos, luces descubiertas, u otra forma de fuego cerca de los lugares en que se estén manipulando y usando explosivos.
- ❑ Nunca llevar explosivos en los bolsillos de la ropa ni en otra parte del cuerpo.
- ❑ No golpear ni tratar de alterar, sacar o examinar el contenido de los fulminantes comunes, eléctricos o faneles

- Nunca manipular ni usar explosivos, ni permanecer cerca de ellos, cuando se aproxima o durante o durante una tormenta eléctrica, de arena o de nieve. Todos deben retirarse a un lugar seguro.
- No usar explosivos o equipo para voladura que muestren señales claras de deterioro o daño.
- Nunca intentar aprovechar o utilizar mecha, fulminantes ni ningún otro explosivo que se haya mojado, aun después de secarse.
- Preparar los cebos de acuerdo con los métodos aprobados y recomendados por el fabricante y estar completamente seguro que el fulminante esté completamente encerrado en el cartucho.
- No preparar los cebos en el interior de un polvorín, o cerca de explosivos, ni preparar una cantidad mayor de cebos de la que se va utilizar de inmediato.
- Nunca forzar un fulminante para introducirlo dentro de un cartucho. Siempre insertar el fulminante dentro de un hoyo en el cartucho con un punzón adecuado para este propósito, que podrá ser de madera, cobre, bronce, o alguna otra aleación de metales que no produzcan chispas.
- Cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad relativas a la perforación y carguío.
- Examinar el frente de voladura antes de perforar, para descubrir la presencia de restos de cualquier explosivo sin detonar en los taladros del disparo anterior.
- Examinar cuidadosamente cada taladro antes de cargarlo para conocer su estado, usando para ello un atacador de madera, una cuchara extractora no metálica o incluso un flexo metro.
- Admitir la posibilidad de peligro de electricidad estática cuando se efectuó el carguío neumáticamente y tomar las precauciones como colocar línea a tierra o el uso de manguera antiestática. Recuerde que una baja humedad relativa en la atmósfera aumenta el riesgo de electricidad estática
- Evitar que las personas que efectúen el carguío, tengan expuestos su cuerpo en dirección del taladro se esté cargando.

- ❑ No dejar explosivos sobrantes dentro de la zona de trabajo, si existe deberán ser devueltos al polvorín interior mina.
- ❑ Nunca cargar un taladro con explosivos durante la perforación ni después de terminar la perforación, sin antes cerciorarse de que esté limpio.
- ❑ No perforar cerca de otro taladro cargado con explosivos.
- ❑ No deformar o maltratar el cebo, no dejarlo caer ni dejar caer sobre él cargas pesadas.
- ❑ Siempre confinar los explosivos con material incombustible apropiado para tacos, como arcilla, etc.
- ❑ Nunca atacar con implementos metálicos de ninguna especie. Usar siempre herramientas de madera, sin partes de metal. Evitar el atacamiento violento y nunca atacar el cebo.
- ❑ Nunca maltratar la mecha ni los alambres de los fulminantes eléctricos, ni las mangueritas de los faneles al momento de efectuar el carguío.
- ❑ Siempre conservar el circuito de disparo totalmente aislado del suelo o de otros conductores, tales como alambres descubiertos, rieles, tuberías y otras posibles vías conductoras de corriente eléctrica.
- ❑ Asegurar antes de hacer una conexión eléctrica que los extremos de los alambres estén absolutamente limpios.
- ❑ Siempre mantener en corto circuito los alambres de los fulminantes eléctricos o los de conducción, y nunca conectar un fulminante a otro, hasta que esté lista para el disparo.
- ❑ No tratar de disparar un circuito de fulminantes eléctricos con menos de la corriente mínima que estipula el fabricante.
- ❑ Nunca usar en un mismo circuito fulminantes eléctricos de diferentes fabricantes, o fulminantes eléctricos de estilo o funcionamiento diferentes aún cuando sean de un mismo fabricante, salvo que el fabricante apruebe tales procedimientos.
- ❑ Manipular la mecha con cuidado, sin dañar la cubierta.

- Encender la mecha con un encendedor apropiado para este fin. Si se utiliza un fósforo, rajar el extremo de la mecha e insertar la cabeza del fósforo dentro de esta hendidura y frotarla.
- No utilizar mecha corta. Ahora es obligatorio el uso de conectores.
- Nunca fijar los fulminantes a la mecha sin utilizar la maquina especialmente diseñadas para este fin. Cerciorarse que el fulminante quede bien fijado a la mecha, para evitar que se desprenda o que se humedezca.
- Nunca tener explosivos en la mano al encender la mecha.
- Manipular con cuidado, teniendo en cuenta que los fulminantes bajo ciertas condiciones, son sensibles al golpe.
- Mantener lejos del fuego, líquidos inflamables y otros explosivos.
- Para mejorar resultados se recomienda usar en cada plan de disparos accesorios de un mismo fabricante.
- No maltratar al momento de efectuar el carguío.
- Nunca regresar al área de la voladura hasta que se hayan disipado los humos y los gases.
- No disparar sin una señal de autorización de la persona encargada, quien se habrá cerciorado que todos los explosivos excedentes se encuentren en un lugar seguro, que todas las personas y vehículos estén a una distancia segura o debidamente resguardos y que se haya dado aviso adecuado.
- Nunca tratar de sacar una carga explosiva que ha fallado. Las fallas deben ser manejadas única y exclusivamente bajo la dirección de una persona competente y experimentado que tenga autorización para ello.
- Nunca intentar investigar una eventual falla demasiado pronto. Cumplir los dispositivos y reglamentos establecidos para este fin, o en su defecto esperar como mínimo dos horas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Marcar de manera obligatoria la malla de perforación, los puntos de gradiente y los hastiales.
2. Mantener uniforme la pared del frente, si existe un sobresaliente eliminar de inmediato perforando los taladros de longitudes diferentes para lograr la uniformidad, de esa manera los avances de los disparos posteriores serán mayores.
3. El éxito de una buena voladura radica en el paralelismo de la perforación de taladros, tenemos que ser perseverantes para lograr este objetivo.
4. Mantener en la perforación la uniformidad de longitudes de los taladros.
5. Para iniciar el carguio de taladros, verificar que se encuentre limpios, suficiente que un taladro obstruido sea cargado irresponsablemente para que el disparo salga mal.
6. El porcentaje de longitud de carguio de los taladros varia del 50% al 75% dependiendo del tipo de roca, nunca cargar llenos los taladros, carga por demás que no hará ninguno efecto.
7. Siempre tener presente la relación del diámetro del taladro vs. diámetro del cartucho nunca debe sobrepasar 1.2 : 1 para lograr un confinamiento adecuado y así aumentar un poco la densidad de carga en la columna explosiva.
8. Para lograr la máxima energía en la detonación, usar tacos de arcilla o bolsas se agua específicamente cuando la carga explosiva sean carbo nitratos.
9. Utilizar explosivos adecuados para cada tipo de roca, llámese terreno duro, suave o presencia de agua.
10. El fulminante debe estar dirigido hacia la columna explosiva, para lograr una buena iniciación.

11. Tener personal capacitado y conciente de que los trabajos se realizan bajo estos siguientes preceptos.

Esta demostrando en la practica que trabajando con estas 11 reglas de perforación y voladura se logran eficiencias que superan fácilmente el 85%, además no olvidarse las reglas de seguridad del transporte y el manipuleo de explosivos.

Ayuda también a mejorar la productividad de estas dos operaciones fundamentales en la minería.

BIBLIOGRAFÍA

- Técnicas de Voladura Diplomático Ing. Horst Koscholleck
- Manual Práctico de Voladura EXSA
- Labores Mineras S. BDRISOV, M. HILOHOV, B. GORNOVOI
- Experiencia Profesional en Mallas de Perforación Técnica N. RUSSELL.