



INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

# Módulo VII

- Criterios para el diseño de Mallas de Perforación y voladura.

# Criterios básicos de Perforación y Voladura.





# FACTORES INFLUYENTES EN EL MECANISMO DE ROTURA.

## Factores que influyen en el mecanismo de rotura del macizo rocoso.

- Factores intrínsecos del macizo rocoso.
- Factores propios de los explosivos.

Los resultados de una voladura pasarán siempre en saber elegir el mejor explosivo para un tipo de roca.

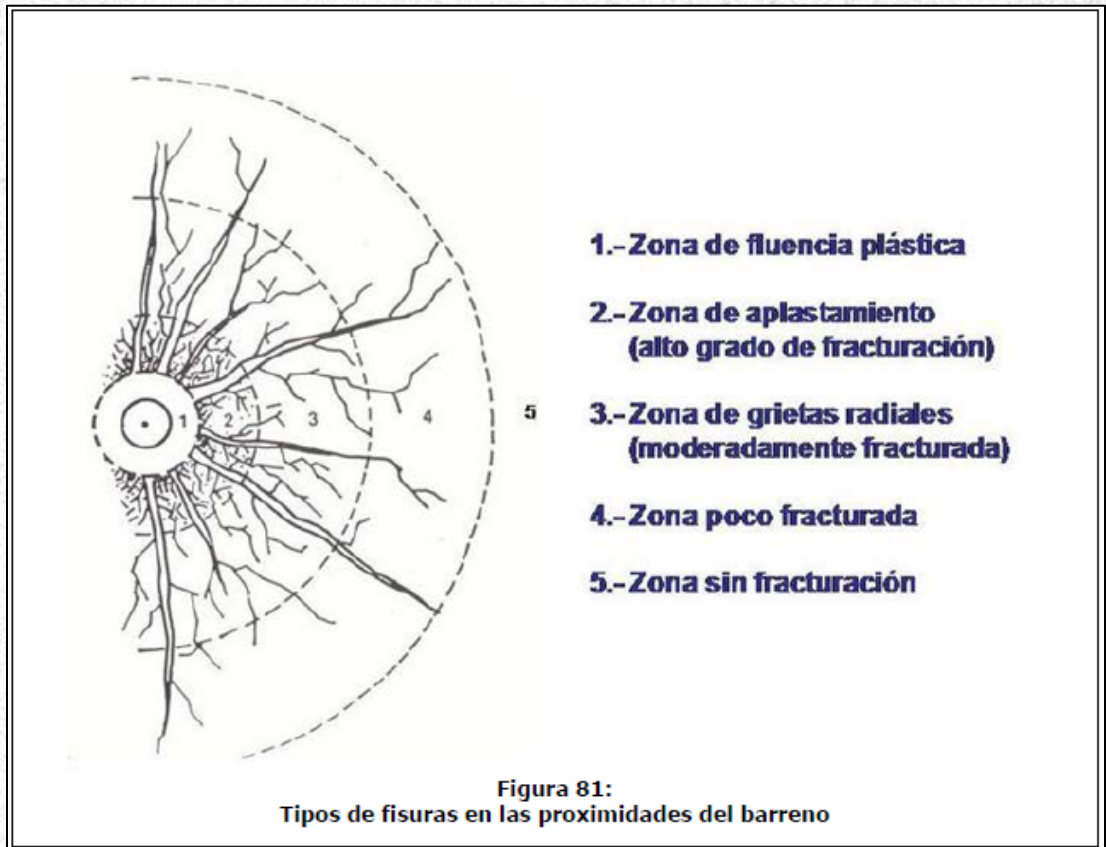
## Influencia de las características del macizo rocoso

Las rocas responden de manera diferente a la onda de detonación del explosivo en lo que respecta a la primera etapa de formación de fisuras, primordial y origen del fenómeno de rotura y fragmentación.

La volabilidad de un macizo rocoso está relacionada a la dureza, a la fragilidad y otras condiciones estructurales como planos de debilidad, estratificación o diaclasamiento que facilitarán la actuación de los gases.

• Fuente: J.B.A.-J.C.G.

• Fig. 1



• Fuente: J.B.A.-J.C.G.



• Fig. 2

## Concepto

- Se entiende por voladura la disposición de un grupo de taladros, en los que se ha colocado una cierta carga de explosivo y se inicia con una secuencia tal que se consiguen los resultados de fragmentación y desplazamiento deseados, sin afectar a elementos ajenos a la misma.

## Factores que afectan al diseño de voladuras.

- De manera previa al desarrollo y cálculo de las voladuras de rocas, es necesario distinguir aquellos factores sobre los que es posible actuar de los que vienen impuestos por condicionantes ajenos que no pueden ser modificados. Así es posible distinguir factores de diseño y factores dependientes del macizo rocoso en el que se está trabajando.



• Fuente: J.B.A.-J.C.G.

• Internet.



• Fig. 3

## Factores que afectan al diseño de voladuras.

- El objetivo de una voladura busca resultados en fragmentación y desplazamiento, además, de no afectar elementos ajenos a la voladura.
- **Correcta cantidad de energía.** Para lograr resultados es necesaria una cantidad de explosivos adecuada para cada caso.
- **Correcta distribución de energía.** Una distribución inadecuada ocasiona una fragmentación no deseada o concentraciones de energía que afecten a elementos ajenos a la misma.
- **Correcto confinamiento de energía.** Para que el explosivo trabaje correctamente necesita que los gases estén confinados en el taladro de manera tal que sea la menor posible.

• Fuente: J.B.A.-J.C.G.



Figura 84:  
Parámetros que afectan al rendimiento de una voladura

• Fuente: J.B.A.-J.C.G.



## Factores geométricos

- Dentro de los factores controlables de las voladuras pueden considerarse aquellos que están relacionados al método de explotación, de modo que se pueden definir a medida de los resultados buscados.
  - Diámetro del taladro.
  - Altura del banco.
  - Longitud del taladro.
  - Inclinação del taladro.
  - Número de taladros.
  - Distribución de los taladros.

## Factores inherentes al macizo rocoso.

- Parámetros a tener en cuenta:
  - Densidad del macizo rocoso.
  - Resistencia a la compresión.
  - Velocidad sísmica del macizo rocoso.

• Fuente: J.B.A.-J.C.G.

## Factores inherentes al explosivo.

- Los siguientes:
  - Densidad del explosivo.
  - Velocidad de detonación.
  - Presión de detonación.
  - Potencia del explosivo.
  - Carga del explosivo.
  - Secuenciación de la voladura.

## Influencia de las características de los explosivos.

- Presión de detonación.
- Volumen de gases.
- Impedancia

• Fuente: J.B.A.-J.C.G.



• Fig. 4

## Voladura de Banco.

- Rendimiento de perforación:

$$R = \frac{B \cdot S \cdot H \cdot \cos \alpha}{L}$$

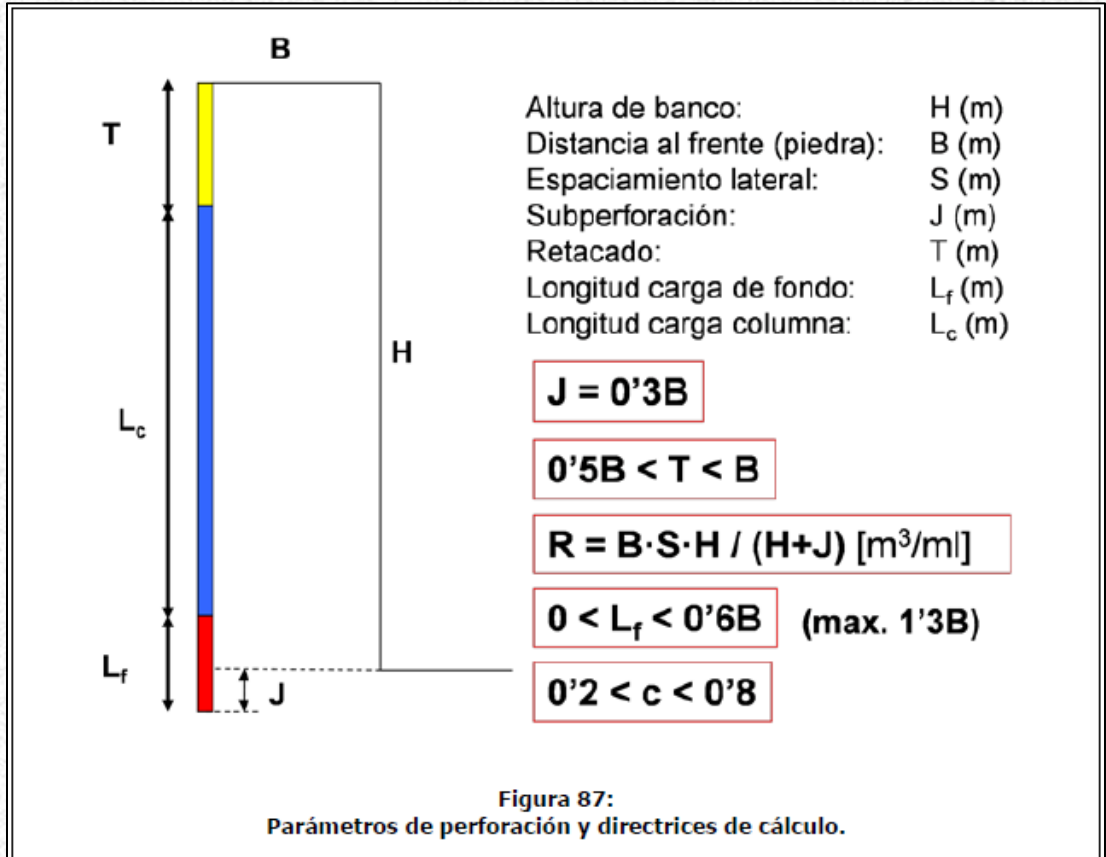
- Sobreperforación:

$$J = 0.3 \cdot B$$

La zona situada próxima al pie de banco tiene un mayor grado de fijación al macizo rocoso y requerirá, por tanto, una mayor energía explosiva de arranque. La carga explosiva que se ubicará en esta zona se denomina “carga de fondo”.

La zona situada sensiblemente por encima con la ayuda del trabajo de “descalce” realizado por la carga de fondo y requiere, generalmente, una energía menor al que se le denomina “Carga de columna”.

- Fuente: J.B.A.-J.C.G.



- Fuente: J.B.A.-J.C.G.



- Fig. 5

La parte más alta tiene la función de retener, al menos, durante un corto espacio de tiempo, los gases producidos en la explosión para dirigir la acción de los mismos hacia la fragmentación de la roca. A esta zona le corresponde la longitud- de taladro "T", denominado "taco", que se deja sin cargar y puede rellenarse de material inerte.

$$T = B$$

$$T = B * 0.5$$

- Carga de Fondo: Mayor concentración y potencia.
- Carga de columna: Menor concentración y potencia

Los explosivos más densos y potentes (dinamitas, hidrogeles, emulsiones, etc.) serían adecuados para carga de fondo, en tanto que aquellos menos densos y de menor potencia (ANFOS, emulsiones, etc.), serían más útiles como carga de columna.

- Fuente: J.B.A.-J.C.G.

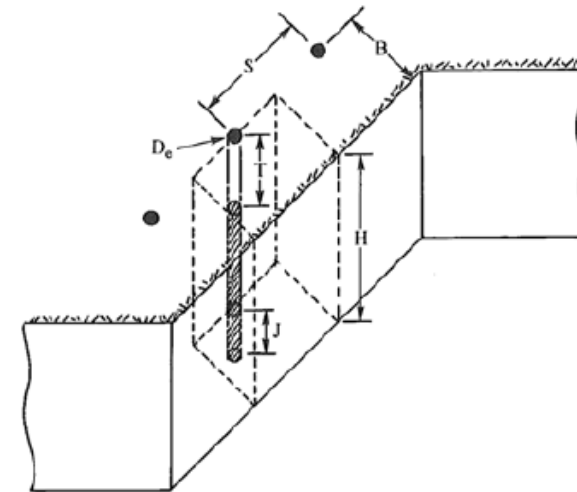


Figura 86:  
Bloque teórico de roca paralelepípedo asociado a cada barreno.

- Fuente: J.B.A.-J.C.G.



• Fig. 6

## Influencia del ángulo de perforación de la voladura.

- La disposición de la carga de fondo en un barreno inclinado favorece un mejor aprovechamiento de la energía al reducir la porción de la misma que se pierde en vibraciones por debajo del pie de banco y sin encontrar una superficie libre de reflexión. Esto permite utilizar una malla más amplia con la consiguiente reducción en el consumo de explosivo.

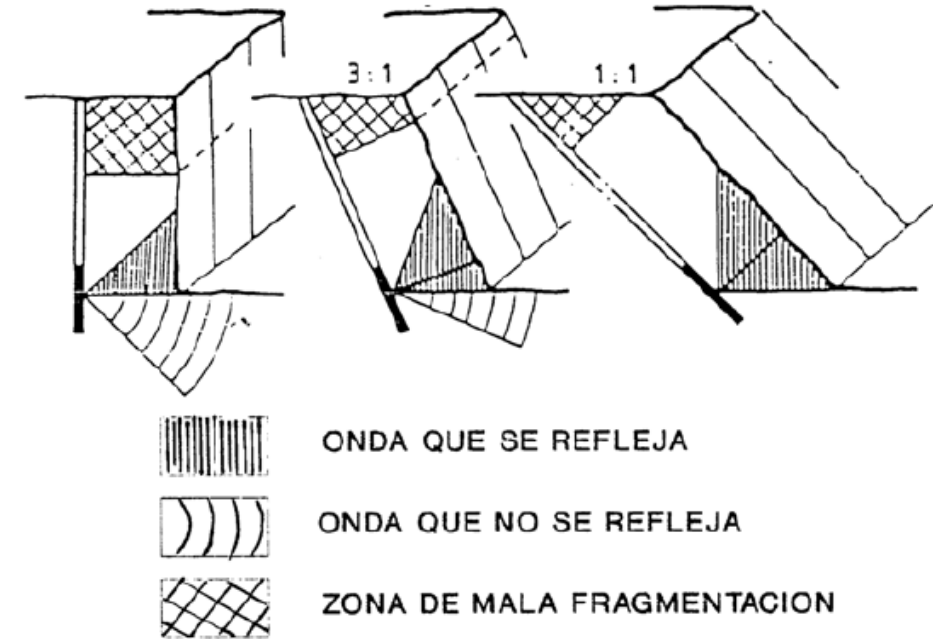


Figura 88:  
Perforación Inclinada vs. perforación vertical.

• Fuente: J.B.A.-J.C.G.



## Determinación del Burden

- Cálculo inicial.  $B = 40 * D$

Siempre en cuando se disponga de una adecuada cara libre, la zona de fragmentación aceptable se extiende hasta una distancia de aproximadamente 40 veces el diámetro de la carga.

- P.A. Rustan (1990).  $B = 11.8 * D^{0.63}$
- R.L. ASH (1963).  $B = K * D$

Cuadro 1

TIPO DE EXPLOSIVO	ROCA BLANDA	ROCA MEDIA	ROCA DURA
Baja densidad (0.8 – 0.9)			
Baja potencia	30	25	20
Densidad media (1 – 1.2)			
Potencia media	35	20	25
Alta densidad (1.3 – 1.4)			
Alta potencia	40	35	30

- KONYA  $B = 11.8 * D * \left(2 * \frac{de}{dr} + 1.5\right)$

- Fuente: J.B.A.-J.C.G.

de: Densidad del explosivo.  
dr: densidad de la roca.

- Langefors y Kihlström

$$B = \left(\frac{D}{33}\right) * \sqrt{\frac{de * PRP}{k * f * \left(\frac{S}{B}\right)}}$$

de: Densidad del explosivo.  
PRP: Potencia relativa en peso.  
S/B: Relación espaciamiento.burden.  
f: factor de fijación de roca. (Verticales=1; Incl 3:1 =0.9; Incl 2:1 = 0.85)  
K: factor de roca. ( c + 0.05) c: kg/m3

- Fuente: J.B.A.-J.C.G.



# PERFORACIÓN Y VOLADURA.

El cuadro 2 muestra los parámetros de voladura de una mina.

Cuadro 2

Variables	Valor	Unidad
Bourden	1.1	m.
Espacimiento	0.7	m.
Buzamiento	70	°
Diámetro	64	mm.
Dureza de la roca	media	
Densidad de la roca (mineral)	3	gg/cc
Explosivos	Anfo	
PRP	100	%
Densidad	0.8	gg/cc

Cuadro 3

Todos los burden son calculados para un diámetro de perforación de 64 mm.		
Autor	Burden (m)	Parámetros asociadas.
Relación por alcance.	2.6	Alcance de la fragmentación con una cara libre adecuada es de 40 metros.
Rustan (1990)	2.1	
Ash (1963)	1.6	Densidad de explosivo baja y dureza media K = 25
Konya (1983)	1.5	
Langefors	3.4	PRP del ANFO es 1, 70° es 2.7: 1 entonces el f=0.9 y el factor k = 0.45 kg/m3

El cuadro 3 muestra los resultados del cálculo del Burden para un diámetro de perforación de 64 mm. El que se acerca más al Burden usado en mina, para este caso, es la ecuación de Ash.

## Cálculo de la carga de explosivo por taladro.

- Carga de Fondo.

$$C_f = \left( \frac{\pi * D^2 * 1.3 * B * de * 100}{4000} \right)$$

D: cm  
B: metros  
De: gr/cc

- Carga de columna.

$$L_{cc} = L_b - 2.3 * B$$

- Fuente: Propia



- **Diseño según Holmberg**

Holmberg, divide en cinco secciones el frente de un túnel (Fig. 7).

- **Máxima Longitud alcanzable en función del diámetro de perforación.**

$$L_{\max} = 0.15 + 34.1 * L - (39.4 * \emptyset^2)$$

- **Diámetro equivalente.**

$$\emptyset_{\text{equi.}} = \emptyset \sqrt{n}$$

$\emptyset$ : Diámetro de los taladros de alivio.

$\emptyset 2$ : Diámetro equivalente.

- **Burden**

B: Burden.

F: Factor de desviación.

L: Longitud efectiva (Lmax)

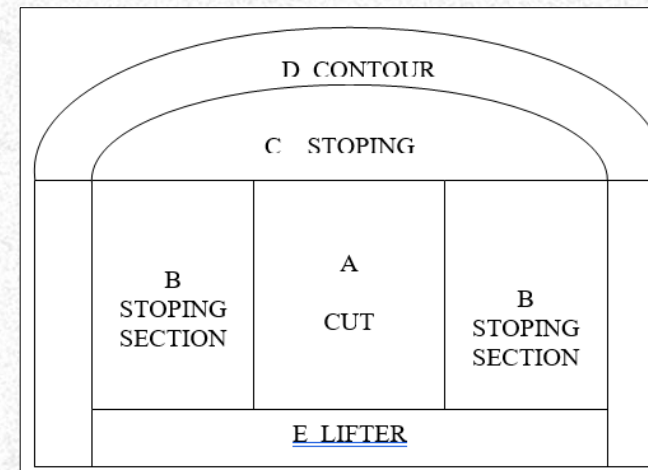
$\alpha$ : Desviación del taladro en m por cada metro de longitud

$\beta$ : Desviación del taladro en el emboquillado.

$$B = 1.7\emptyset - F$$

$$F = \alpha * L + \beta$$

- **Fig. 7**



A Sección de Corte.

B Sección de Tajeo.

C Sección de “alza”.

D Sección de Contorno.

E Sección de Arrastre.



