

3.4 METODOS DE DISEÑO DE VOLADURA

3.4.1 METODO DE LANGEFORS

Langefors y Kihlstrom proponen la siguiente expresión para calcular el valor de la piedra Máxima "Bmax"

$$B_{max} = (D/35.6) * ((P * S) / (C * F * EV))^{1/2}$$

donde :

D : diámetro de perforación en mms

P : grado de retardo, que es la cantidad de carga en Kg/dm³ del volumen nominal del tiro

S : Potencia relativa en Peso del explosivo y está entre 1 - 1.4

F : grado de fijación de los tiros. Depende de la inclinación de los tiros.

F = 1 Tiro vertical

F = 0.9 Tiros de 70 grados

F = 0.85 Tiros de 63 grados

C : constante específica de la roca. Es la cantidad de explosivo necesario para fragmentar 1 m³ de roca, normalmente en voladuras a cielo abierto y rocas duras se toma C = 0.4

Este valor se modifica de acuerdo con:

$$B = 1.4 - 1.5 \text{ m} \quad C'' = C + 0.75$$

$$B < 1.4 \text{ m} \quad C'' = 0.07 / B + C$$

EV : Relación Espaciamiento - Burden y puede estar entre 1 a 2

Profundidad del Hoyo(metros)

$$H = (L + J) / \text{Sen } \alpha$$

α = inclinación del hoyo respecto a la horizontal

Burden Práctico(metros)

$$B_1 = B * (1 - 0.03 * L)$$

Para tronaduras con filas múltiples

$$B_1 = B - 0.5 * L$$

Para tronaduras con una fila

Concentración de Carga de Fondo (kilogramos / metro)

$$Q_{bk} = P * (D / 36)^2$$

Espaciamiento (metros)

$$S = EV * B$$

Largo carga de Fondo (metros)

$$H_b = 1.3 * B$$

Taco (metros)

$$T = B1$$

Concentración carga Columna (Kilogramos / metro)

$$Q_{pk} = 0.5 * Q_{bk}$$

Carga de Fondo (kilogramos)

$$Q_b = H_b * Q_{bk}$$

Carga de Columna (kilogramos)

$$Q_p = H_p * Q_{pk}$$

3.4.2 METODO DE ASH

Consiste en aplicar, para el diseño de una voladura en banco, cinco relaciones que son:

Relación de Burden :

$$K_b = B / (D * 0.0254)$$

B = Burden Máximo en metros

D = diámetro del hoyo en pulgadas

Relación de Profundidad del hoyo :

$$K_h = H / B$$

H : Profundidad del hoyo en metros

Relación de Pasadura :

$$K_j = J / B$$

J : pasadura del hoyo en metros

Relación de Taco :

$$K_t = T / B$$

T : taco en metros

Relación de espaciamento:

$$K_s = S / B$$

S : espaciamento en metros

donde :

$$KB = 0.1573 * (de/dr)^{1/3} * (VE)^{2/3}$$

Espaciamiento:

Para disparos simultáneos de hoyos en la misma fila, o para disparos por fila, el espaciamiento es :

$$S = (1.8 - 2) * B$$

Normalmente esto sería un diseño trabado si fuera un disparo con muchas filas. La fragmentación no es tan buena como con retardos secuenciales.

El corte será más alto y el lanzamiento de material hacia atrás mayor, ocurre si:

$$S = (1.0 - 1.2) * B$$

Donde el encendido de los hoyos es secuencial. Esto debería ser para un diseño cuadrado o rectangular de varias filas.

Pasadura :

La cantidad usual de pasadura usada es de :

$$J = (0.2 - 0.3) * b$$

En hoyos de gran diámetro en rocas duras, pesadas y homogéneas se puede usar un factor de pasadura de 0.4 para evitar problemas de patas y eliminar promontorios en el piso.

Cualquier pasadura en exceso de esto es una pérdida de tiempo, dinero y explosivo, puesto que mientras más profundo se perfora, mayor será el ángulo del cráter. Si continúan problemas de patas y pisos es más ventajoso utilizar un explosivo más potente o mejor acoplamiento en el fondo del hoyo que profundizar la pasadura o disminuir el diseño.

Taco :

Una buena aproximación para controlar el ruido y la proyección de piedras, es:

$$T = 0.7 * B$$

Cualquier valor menor que este provocará mucho ruido, exceso de proyección de piedras y formación de crater en la región del collar del hoyo.

Profundidad del Hoyo :

Se deben de tomar en cuenta:

El hoyo no debe ser menor que 1.0 veces el burden y si es sobre 4 veces el Burden se puede requerir inclinación múltiple. Esto último es necesario cuando el hoyo es tan profundo que el fondo del banco se desplazaría antes de que la detonación alcance la parte superior de la columna explosiva.

La mayoría de los hoyos están en el rango de 2.6 a 3.0 veces el Burden y no necesitan el segundo iniciador, que no solo es innecesario y caro, sino que también divide el proceso de fragmentación

3.4.3 METODO DE LOPEZ JIMENO(Voladura en banco de pequeño Diámetro)

Se denominan voladuras de pequeño diámetro a aquellas que se encuentran en el rango de 65mm a 165mm de diámetro de perforación y sus aplicaciones mas importante son: explotaciones de canteras, excavaciones de obras publicas y minería a cielo abierto de pequeña escala.

la cargas de explosivos son cilíndricas alargadas con una relación “I/D > 100” y se realizan generalmente con dos tipos de explosivos, uno por cargo de fondo y otro para la carga de columna.

Diámetro de perforación

La elección del diámetro de los barrenos depende de la producción de horario, o de ritmo de la excavación y de la excavación, y de la resistencia de la roca.

Tabla 3.4.3.1

DIAMETRO DEL BARRENO (mm)	PRODUCCION HORARIA MEDIA (m ³ b/h)	
	Roca Blanda Media <120MPa	Roca Dura-Muy Dura>120MPa
65	190	60
89	250	110
150	550	270

Hay que tener presente que los costes de perforación disminuyen en la mayoría de los casos con el aumento de diámetro.

Altura de banco

la altura de banco esta en funcion del equipo de carga y del diámetro de perforación. Las dimensiones recomendadas teniendo en cuenta los alcances y características de cada grupo de maquinas que se recogen en la Tabla 3.4.3.2 (20.2).

TABLA 3.4.3.2

ALTURA DE BANCO H (m)	DIAMETRO DEL BARRENO D (mm)	EQUIPO DE CARGA RECOMEDADO
8 - 10	65 - 90	Pala de ruedas
10 - 15	100 - 150	excavadora hidraulica o de cables

Por cuestiones de seguridad, la altura máxima aconsejada en minas y canteras es de 15 m y solo para aplicaciones especiales, como en voladuras para escollera, se deben alcanzar altura de 20m.

Esquema de Perforación, Sobreperforación y Retacado.

El valor de la piedra "B" es función de diámetro de los barrenos, de las características de las rocas y de los tipos de explosivos empleados.

Si la distribución de carga es selectiva con un explosivo de alta densidad y potencia en el fondo otro de baja densidad y potencia media en la columna, los valores de la columna oscilan entre 33 y 39 veces el diámetro del barreno "D", dependiendo de la resistencia de la roca a la compresión simple y de la altura de la carga de fondo.

El espaciamiento entre barrenos de una misma fila varía entre **1.15 B para rocas duras** y 1.30 para rocas blandas.

La longitud de retacado y de sobreperforación se calculan en función del diámetro de los barrenos y de la resistencia de la roca.

En Tabla 3.4.3.3 (20.3) se indican los valores tentativos de los parámetros geométricos en función de las resistencias de las rocas.

TABLA 3.4.3.3

VARIABLE DE DISEÑO	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (MPa)			
	Blanda <70	Media 70-120	Dura 120-180	Muy Dura >180
PIEDRA - B	39 D	37 D	35 D	33 D
ESPACIAMIENTO - S	51 D	47 D	43 D	38 D
RETACADO - T	35 D	34 D	32 D	30 D
SOBREPERFORACION - J	10 D	11 D	12 D	12 D

Inclinación de los Barrenos.

En la gama de diámetros de trabajo citada los equipos de perforación son habitualmente rotopercutivos de martillo de cabeza, neumáticos hidráulicos, y de martillo en fondo. Estas máquinas permitan inclinaciones de las deslizaderas con algunos de hasta 20% e incluso mayores con respecto a al vertical.

La longitud de barreno "L" aumenta con la inclinación, pero por lo contrario la sobreperforación "J" disminuye con esta. Para calcular "L" se utiliza:

$$L = (H / \cos\beta) + (1 - (\beta/100)) * J$$

siendo "β" el Angulo con respecto a la vertical en grados.

Distribución de cargas

Teniendo en cuenta las teoría de las cargas selectivas, en la categoría selectiva, en la que la energía por unidad de longitud en el fondo del barreno debe ser de 2 a 2.5 veces superior de la energía requerida para la rotura de la roca frente a la carga de columna, y en funcion de de la resistenciade la roca se recogen en la Tabla 1.4.3.4

La altura de la carga de columna se calcula por diferencia entre la longitud del barreno y la suma de la dimension del retacado y de la carga de fondo.

Los consumos específicos de explosivos varían entre 250 y 550 g/ m³.

TABLA 3.4.3.4

VARIABLE DE DISEÑO	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE(MPa)			
	Blanda <70	Media 70-120	Dura 120-180	Muy Dura >180
LONGUITUD CARGA DE FONDO	30 D	35 D	40 D	46 D



Foto 4: Cantera VERDU S.A.

[INDICE.doc](#)