

Tecnología de los Explosivos

Tema 3.2. Voladuras de contorno



Rubén Pérez Álvarez

Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

GENERALIDADES

Pueden definirse como labores especiales de perforación y carga que buscan la obtención de un frente limpio de la roca, mediante la generación de un plano de corte en el macizo. Se caracterizan porque la roca remanente se ve muy poco afectada por la detonación de los barrenos. Se emplea frecuentemente en túneles, obras públicas y minería de interior, dado que reduce el exceso de fracturación del macizo circundante a la labor, ofreciendo un corte limpio y un menor consumo de gunita. Disminuirá además el tiempo de saneo, incrementará el grado de seguridad, y reducirá la transmisión de vibraciones producidas por la voladura principal, permitiendo además la modificación del diseño de taludes.



Talud ejecutado mediante voladura de precorte (Autovía E70).
Fuente: Google Street View.

RECORTE

Los barrenos de contorno se disparan con posterioridad a la pega principal, aún formando parte de la misma pega.

Los barrenos que forman el contorno de la excavación se dispararán con anterioridad a la pega principal, aún formando parte de la misma pega. <https://www.youtube.com/watch?v=Gs1e6uHWJUA>.

PRECORTE

Esta distinción da lugar a diferencias tanto en carga como en piedra y espaciamiento entre ambos sistemas. En las voladuras de recorte, la piedra debe ser mayor que la distancia entre barrenos.

En caso de requerir paredes uniformes o exactitud en contornos curvos, pueden emplearse uno o dos barrenos guías sin carga entre los cargados. En tal caso, se reduce el espaciado a $\frac{1}{2}$ o $\frac{1}{3}$ para reducir la sobreexcavación.

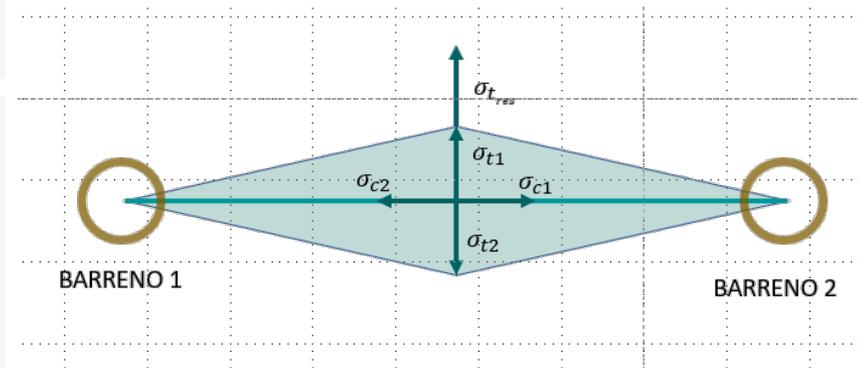
TEORÍA DE LA VOLADURA DE CONTORNO

Una carga que llena por completo un barreno genera durante la detonación una zona en que la resistencia dinámica a compresión es ampliamente superada, por lo que la roca es triturada y pulverizada. Fuera de dicha zona transicional, los esfuerzos de tracción asociados a la onda generan un esquema de grietas alrededor de todo el barreno.

Cuando dos cargas se disparan a la vez, las grietas radiales se tienden a propagar en todas las direcciones, hasta que por colisión de las dos ondas en el punto medio entre barrenos, se producen unos esfuerzos complementarios de tracción perpendicular al plano axial de los barrenos. En dicho plano las tracciones superan la resistencia dinámica a tracción, dando un nuevo agrietamiento y favoreciendo la propagación de las grietas radiales en la dirección del corte proyectado.

Para evitar que la roca circundante se pulverice, se desacoplan las cargas, siendo el DESACOPLAMIENTO un factor característico en las voladuras de contorno.

La extensión de las grietas se produce por la acción de cuñas de los gases, que es preferencial en el plano axial, favoreciendo la apertura del plano de fractura conforme al corte diseñado.



Estado tensional debido a la superposición de ondas de choque por el disparo simultáneo de dos cargas.

Fuente: Adaptado de Carlos Lopez Jimeno, Emilio Lopez Jimeno & Pilar García Bermudez (2003): «Manual de Perforación y Voladura de Rocas».

CARACTERÍSTICAS

Interesa que todos los barrenos de la voladura de contorno detonen simultáneamente o con la mayor proximidad temporal posible. Es por ello que conviene iniciar mediante un ramal de cordón detonante, o con detonadores eléctricos instantáneos o electrónicos.

DESACOPLAMIENTO EXPLOSIVO BARRENO

En la voladura de contorno los cartuchos de explosivo utilizados deben tener un diámetro muy inferior al del barreno, recomendándose una relación de diámetros D_b/D_c comprendida entre 2 y 3. El objeto de dicho desacoplamiento es reducir lo más posible la fisuración de la roca residual.

EXPLOSIVO

Por lo general no tiene excesiva importancia, buscándose como condición que su velocidad de detonación no sea inferior a 3000 m/s. Suelen emplearse Gomas en calibres 26, 29, 32 y 40 mm, Dinamitas pulverulentas en diámetros de 26 y 32 mm, hidrogeles en manguera de 17 y 22 mm y cordón detonante, principalmente de 100 g/m (especialmente diseñado para dicha aplicación).

ESPACIADO

Suele disponerse separación entre barrenos muy pequeña, por lo que se exige gran precisión en la perforación.

PRECORTE: $E = (8 - 11) \cdot D$, normalmente $E = 10 \cdot D$.

RECORTE: $E = (13 - 16) \cdot D$, normalmente $E = 15 \cdot D$.

Siendo D el diámetro de la perforación en mm.

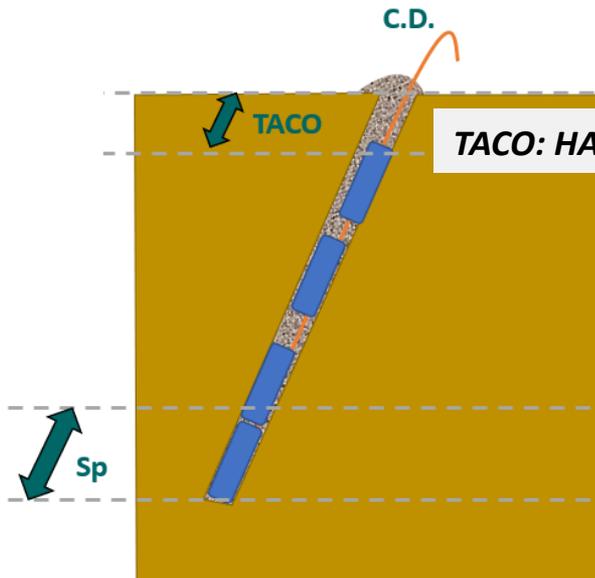
VOLADURAS DE CONTORNO

DIMENSIONAMIENTO DE LA CARGA EXPLOSIVA

La carga explosiva por metro de barreno es muy débil, y coincide en ambos tipos de voladuras.

$$Q_L (\text{g / m}) = D^2 / 12$$

Q_L : carga explosiva en g/m del barreno.
D: diámetro de perforación en mm.



TACO: HABITUALMENTE DE 30 A 70 cm.

En el caso de emplear cartuchos espaciados, deben adosarse a cordón detonante. Esto complica la carga, por lo que pueden emplearse tubos omega (cilindros cortados por una generatriz, que alojan en su interior los explosivos).

Carga arrosariada.

Fuente: Adaptado de Jaime Ríos Vázquez (2009): «Curso Básico de Explosivos».

En voladuras de contorno en banco, la longitud de los barrenos deberá ser la del corte que quiera obtenerse, más una ligera sobreperforación, oscilante por lo general entre 30, 40 y 50 cm.

GRAN DIÁMETRO. EJEMPLO DE CÁLCULO

RECORTE

Procedimiento que genera un plano de corte anterior a la voladura, que podrá formarse en toda la profundidad de corte, o hasta un determinado nivel. El procedimiento consiste en la perforación de un conjunto de barrenos paralelos de gran proximidad entre sí, y la introducción de una débil carga de explosivo, de tal manera que no quede afectada la roca del hastial, pero genere una grieta a lo largo de la fila de barrenos.

Podría emplearse cualquier diámetro de perforación, pero lo normal es que esté entre 33 y 125 mm. Se requiere una perforación esmerada. La longitud de los barrenos deberá ser la del corte que quiera obtenerse, más una ligera sobreperforación, oscilante por lo general entre 30, 40 y 50 cm. Esta longitud no deberá rebasar los 15 m, con el fin de asegurar el paralelismo de los barrenos.

Las cargas dependerán de la separación entre barrenos, el tipo de roca y explosivo, y están comprendidos entre los 100 y los 900 g/m de barreno.

El retacado suele ser muy débil (0,3 - 0,5 m).

Diámetro del barreno (mm)	Espaciamiento (cm)	Distribución lineal de carga (g/m)
32 - 35	22 - 55	80 - 250
50 - 65	45 - 75	150 - 350
65 - 90	60 - 100	250 - 500
100	75 - 120	350 - 900

Carga de explosivo en función del espaciamiento entre barrenos y el diámetro del barreno.

Fuente: Adaptado de Jaime Ríos Vázquez (2009): «Curso Básico de Explosivos».

Algunas de las desventajas del precorte son la gran densidad de perforación, que además por su minuciosidad es lenta, y el tiempo de carga de los barrenos.

VOLADURAS DE CONTORNO

RECORTE

Suele emplearse en labores subterráneas (túneles y galerías), y en muchas a cielo abierto. La distribución de cargas lineales son semejantes a las vistas en el precorte, si bien las separaciones entre barrenos son mayores en el recorte.

Diámetro del barreno (mm)	Espaciamento (cm)
33	50 - 60
37 - 44	60 - 80
50	80 - 90
50 - 65	80 - 120
65 - 90	120 - 180
100	180 - 200

Separación de barrenos recomendada para rocas duras o semiduras en función del diámetro de perforación.

Fuente: Jaime Ríos Vázquez (2009): «Curso Básico de Explosivos».

PRECORTE

Los barrenos del recorte se disparan posteriormente al resto de la voladura, con el fin de originar una pared lisa definitiva. La dispersión en los tiempos de salida de los barrenos debe ser la menor posible, por lo que los mejores resultados se obtienen con cordón detonante, detonadores eléctricos instantáneos (en caso de dispararse por separado de la voladura principal) o detonadores de microrretardo del mismo número. Es habitual la iniciación con detonadores de microrretardo del mismo número, que será el más alto de la serie empleada, con el fin de que salgan tras el resto de la voladura principal. No deben emplearse detonadores de retardo, dadas las elevadas dispesiones.

VOLADURAS DE CONTORNO

Diámetro del barreno (mm)	Distribución lineal de la carga (g/m)	Tipo de Explosivo	Recorte E - V (m)	Precorte (m)
30	120	Hidrogel, Cordón detonante	0,5 - 0,7	0,25 - 0,50
37	150	Hidrogel, Cordón detonante	0,6 - 0,9	0,30 - 0,50
44	170	Hidrogel, Cordón detonante, dinamita pulverulenta, goma.	0,6 - 0,9	0,30 - 0,50
50	250	Hidrogel, Cordón detonante, dinamita pulverulenta, goma.	0,8 - 1,1	0,45 - 0,70
62	350	Dinamita pulverulenta, goma.	1 - 1,3	0,55 - 0,80
75	500	Goma	1,2 - 1,6	0,60 - 0,90

Propuesta para la selección de parámetros habituales en las voladuras de contorno.

Fuente: Adaptado del «Manual de Empleo de Explosivos» de UEE (Maxam).