

## 6.- CONTROL DE FRACTURAMIENTO POR VOLADURAS

El control de fracturamiento durante las voladuras, implica el usar técnicas de voladura controlada como lo es el pre-corte. Ello conlleva una reducción de fracturamiento al generarse planos de corte que funcionan como cortinas que impiden que las ondas de choque de los explosivos penetren más allá de dichos planos que funcionan como barreras de protección en que las ondas de choque del explosivo se retornan hacia la cara libre del viejo talud.

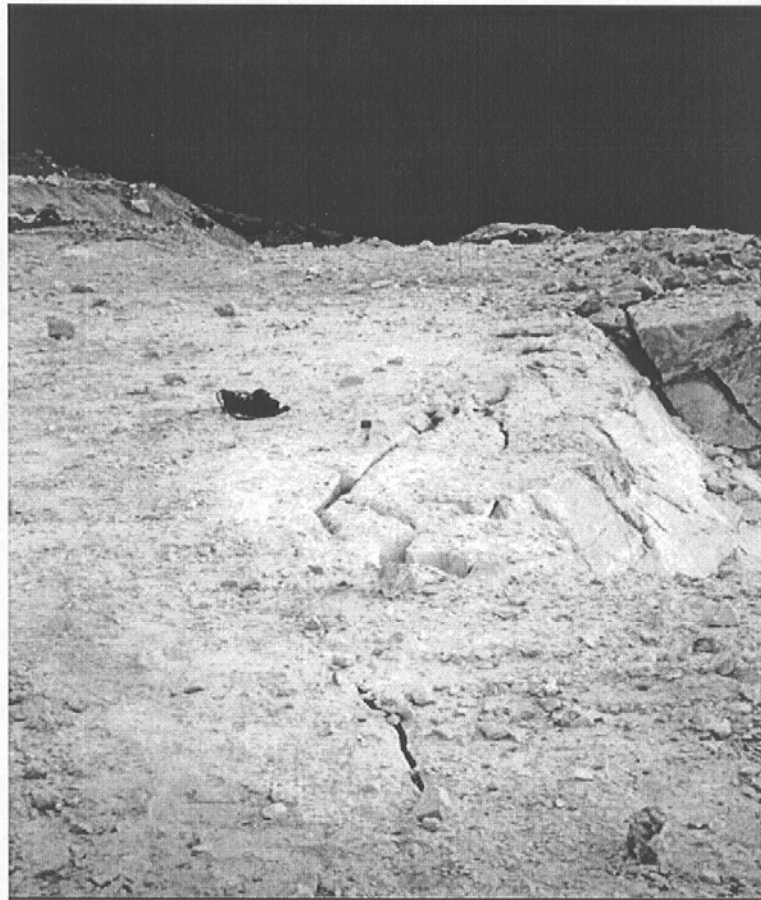


Imagen 6.1.- Efecto de voladura mal diseñada, obsérvese línea de pateo.

---

Para lograr control en los límites de una excavación, el ingeniero a cargo del explosivo tiene que asegurarse de que la distribución espacial del explosivo sea apropiada para obtener la superficie deseada. Un ejemplo de una voladura no controlada, puede ser el uso de cargas grandes y concentradas ampliamente espaciadas. Este tipo de voladuras produciría un perímetro muy irregular. En general, como principio uno puede decir que para lograr el menor control, se debe de tener el menor número de cargas grandes y concentradas, mientras que el máximo control se logra teniendo el mayor numero de cargas pequeñas pero bien distribuidas.

Existen dos propósitos principales para tener control de fracturamiento por voladuras, uno de ellos y el más importante es desarrollar un talud estable limitando el daño de los barrenos de producción a la cara del talud. El propósito secundario es el de tener una apariencia estética de la cara del talud.

Algunos métodos de control de fracturamiento son los siguientes:

- voladuras de pre-corte
- voladuras suavizadas (post-corte)
- barrenación en línea
- barrenos de producción modificados

#### **6.1.- VOLADURAS DE PRE-CORTE**

En la voladura de pre-corte, tal y como dice la palabra, se detonan antes del corte o sea, antes de detonar los barrenos de producción, estos barrenos de pre-corte, tienen un espaciamiento reducido y además tienen menos explosivo. Según Konya (1998) el pre-corte, crea un plano de fractura a lo largo de la línea de barrenos, el cual no puede traspasar el fracturamiento generado por los barrenos de producción. Esta técnica deja además un beneficio secundario, pues la línea de fractura creada, deja una apariencia estética.

Una ventaja del pre-corte, es que puede ser detonada con mucho tiempo antes que la voladura de producción, desde un corto tiempo de retardo entre detonaciones o hasta horas, días, y hasta semanas. La línea de pre-corte, como regla general, se acostumbra ponerse a una distancia de 0.5 a 0.8 veces el bordo detrás de la ultima línea de barrenos de producción

En las figuras siguientes, podremos ver como afecta la distribución espacial de cargas de explosivo al contorno final del talud.

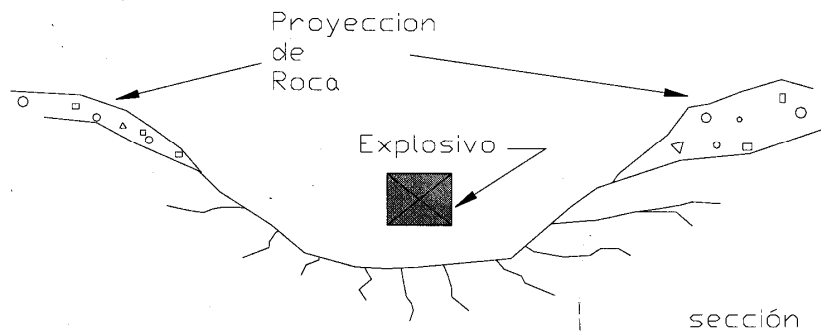


Fig.6.1-A Efecto de aplicar una carga única de explosivo que al ser detonada obtenemos proyecciones de roca y pateo excesivo en el talud.

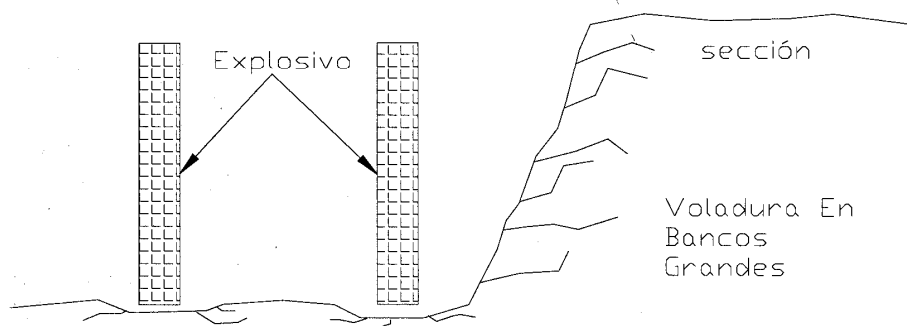


Fig.6.1-B Efecto de aplicar cargas iguales en los barrenos de producción y en la línea de barrenos pegado a la cara del talud, obtenemos entonces un fracturamiento de la cara del talud.

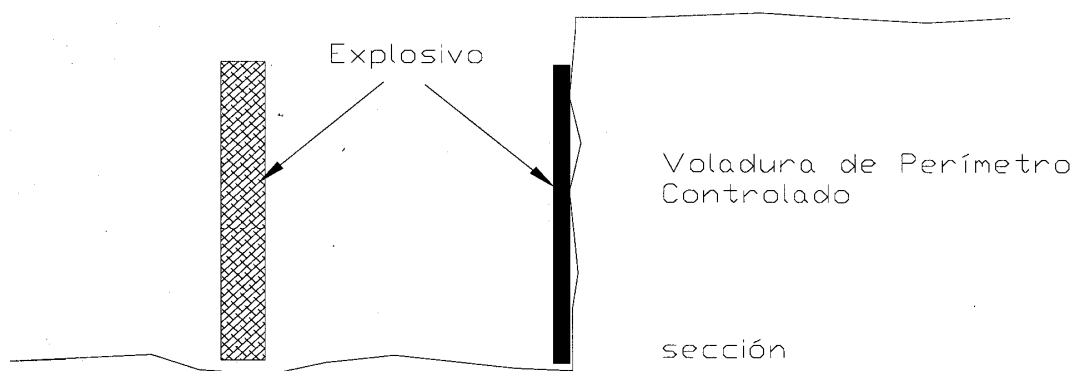


Fig.6.1-C Efecto de una voladura de perímetro controlado en donde en la ultima línea de barrenos se utilizan cargas de explosivos menores.

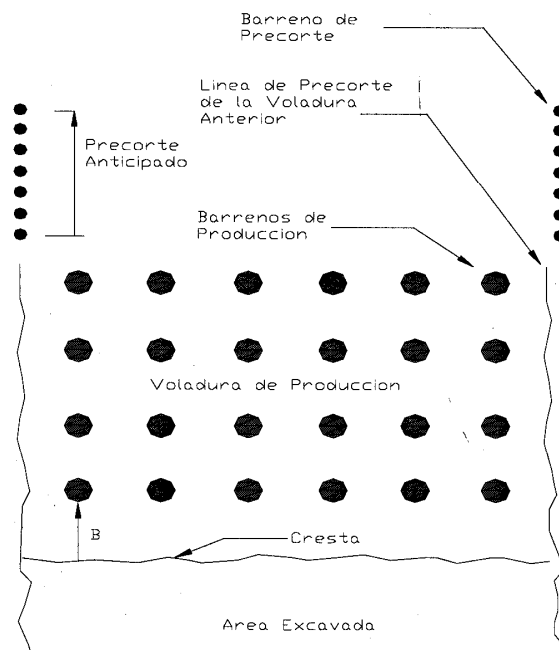


Fig. 6.2.- Esquema que muestra una plantilla típica para voladura de pre-corte (vista de planta)

## 6.2.- VOLADURA SUAVIZADA (POST-CORTE)

En la voladura suavizada, se tiene poca protección a la estabilidad del talud final, esto se debe a que la línea de corte es detonada después de los barrenos de producción. El objetivo principal de la voladura suavizada o post-corte, es el de aumentar la estabilidad de la cara del talud removiendo el material suelto del pateo que genera la voladura de producción.

según Kliche (1999) en la voladura de post-corte, los costos de barrenación extra, tiempos más largos en el cargado de barrenos y la reducción de toneladas producidas por barreno, se ven balanceados por el decremento de futuros costos de movimiento de tierras y fallas del talud.

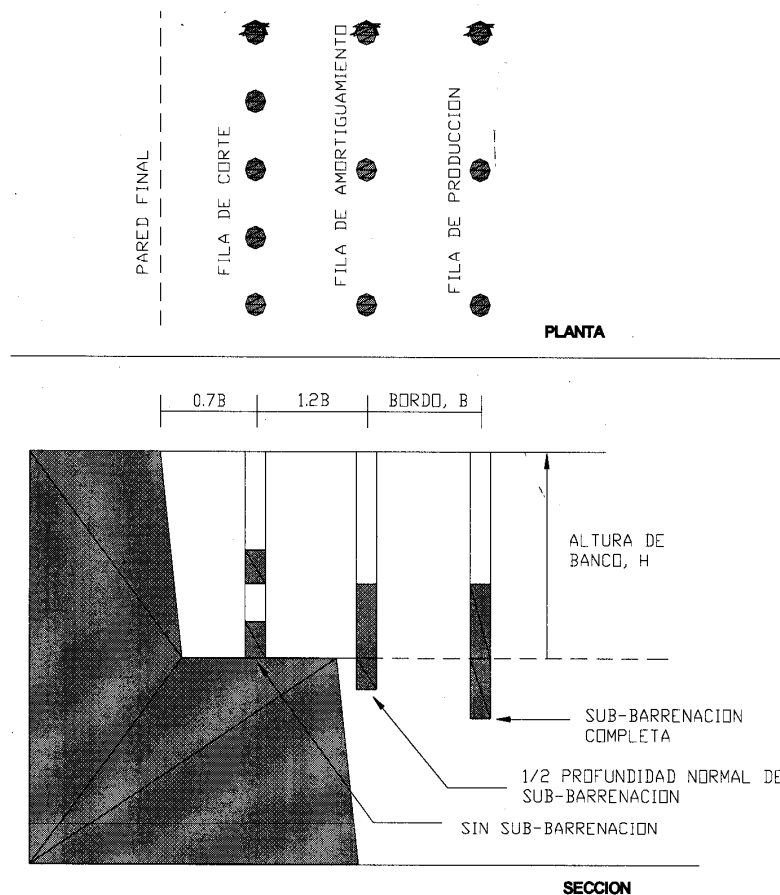
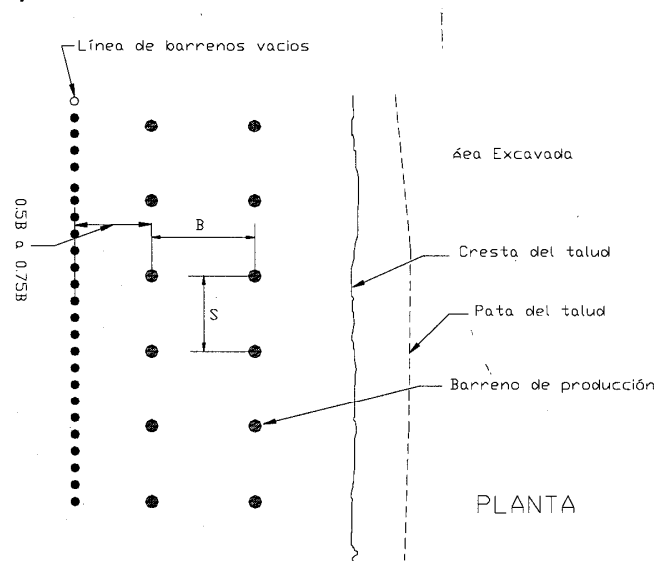


Fig.6.3.- Vista de planta y sección del diseño generalizado de una voladura suavizada utilizando barrenos de producción.

Savely (1986) y Floyd (1998) examinaron una técnica de post-corte para mejorar la estabilidad del talud final. En esta técnica, los barrenos de producción, de amortiguamiento y de corte, son del mismo diámetro, sin embargo, los barrenos de amortiguamiento y los de corte, son barrenados con poca o sin sub-barrenación para minimizar el daño al banco de abajo. La carga de explosivo decrece de la línea de producción hacia la línea de amortiguamiento y desde esta hasta la línea de corte. El bordo y espaciamiento para la línea de corte debe ser reducido para compensar la reducción de carga de explosivo en la línea.

### 6.3.- BARRENACION EN LINEA

La barrenación en línea constituye otra técnica de voladura controlada, que consiste en una sola línea de barrenos con muy poco espaciamiento entre ellos (Figura 12), y que establecen el límite de la voladura.



**Fig.6.4.-** Esquema que muestra una plantilla típica de barrenación en línea en conjunto con voladura de producción (Kliche 1999)

El funcionamiento de esta voladura es el siguiente: "cuando una línea de barrenos de producción adyacente a la línea de barrenos vacíos es detonada, la onda de choque causará una concentración de esfuerzo alrededor de los barrenos

---

sin carga, y si el esfuerzo excede la resistencia de la roca, la falla ocurrirá como una fractura que corre a lo largo de la línea de barrenos vacíos" (Kliche 1999).

La barrenación en línea presenta inconvenientes, el costo de barrenación de la línea de fractura es alto, y el tiempo requerido para esta barrenación también es grande. Debido a que los barrenos deben ser paralelos y las desviaciones afectan mucho los resultados. Normalmente los expertos prefieren que la línea del perímetro sea detonada al final de la secuencia de detonación en vez de la voladura de pre-corte. Cuando el perímetro es detonado al principio, los barrenos más cercanos a la línea de amortiguamiento, tienen que ser barrenados más cercanos al perímetro y detonarlos con cargas mas grandes, esto se hace para romper y expulsar la roca del perímetro final. Por lo tanto, los barrenos de amortiguamiento deben ser barrenados y cargados con gran precisión para evitar sobre o bajo-fracturamiento. Por otro lado, si los barrenos de amortiguamiento son detonados al final, su función no es meramente generar el plano de fractura sino también la de desplazar roca. Por lo tanto, estos barrenos efectúan una función que permite distanciar un poco mas la línea de amortiguamiento y un diseño menos laborioso y por supuesto, a un menor costo.

#### **6.4.- BARRENOS DE PRODUCCION MODIFICADOS**

En esta técnica, el nivel de energía adyacente a la pared es reducido para evitar el sobre-fracturamiento. La disminución del nivel de energía para roca competente se obtiene regularmente reduciendo el factor de carga entre un 30 y un 60% en la línea de barrenos mas cercanos al talud (Floyd 1998).

Para roca menos competente, se puede requerir hacer modificaciones adicionales al diseño de la plantilla, para minimizar el fracturamiento. Estas modificaciones pueden incluir cargas separadas, reducir bordo y espaciamiento en la última línea, además, de sub-barrenación minimizada e incremento de los intervalos de retardo entre las dos ultimas líneas de barrenos.

La ventaja primaria de la técnica de barrenos de producción modificados es que se requieren pocos cambios de diseño y su mayor desventaja es que la pared del talud no es protegida de la dilatación de fracturas, penetración de gases y del impulso de bloques. (Floyd 1998).

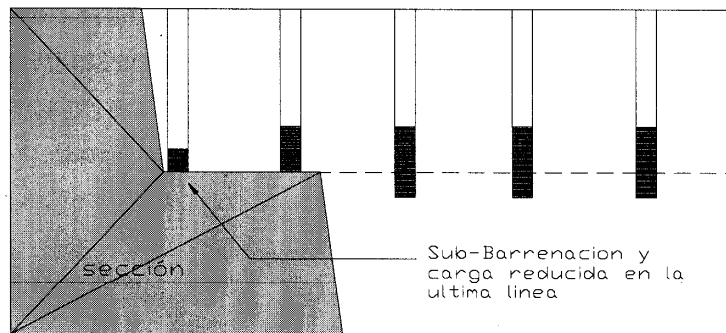


Fig.6.5.- En la figura podemos observar una voladura de producción modificada en condiciones favorable (Kliche 1999)

En rocas de baja dureza como es el caso del yeso, se recomienda la voladura suavizada por el hecho ser más económica y ofrecer mayor libertad en la barrenación y voladura de las siguientes líneas de barrenos. Por otra parte, si se optara por la técnica de barrenación en línea, sería conveniente hacer un estudio de costos, pues quizá el ahorro de explosivo aunado a la baja dureza de la roca de yeso en la barrenación, compense el costo y tiempo de la barrenación de la línea de corte.