

Accesorios especiales de voladura: bolsas autoinflables (Baif)

# Técnicas especiales de voladuras

Una herramienta para modular el funcionamiento ocasional del explosivo son las bolsas auto inflables (BAIF), un elemento seguro, rápido y cómodo. Muy útiles para controlar el acoplamiento, altura en el barreno y efectos del explosivo dentro de éste, suponen una ayuda más en la ejecución de voladuras a cielo abierto. En este artículo se exponen algunos casos prácticos de empleo de las mismas.

Palabra clave: ACCESORIO, AUTOINFLABLE, BARRENO, BOLSA, CARGA, EXPLOSIVO, FRAGMENTACIÓN, PERFORACIÓN, ROCA, TÉCNICA, VOLADURA.

**Benjamín CEBRIÁN ROMO**  
Dtr. Técnico de BLAS CONSULT, S.L.

La distribución de la carga en un barreno, la calidad de la perforación y el diseño de voladura afecta a la roca circundante, condicionando tanto la fragmentación intencionada como al macizo residual.

Distribución de carga significa no sólo tipo y altura de carga de fondo y columna, sino también diámetro (ligado al % de acoplamiento directo a la roca) y composición de la misma. En ocasiones, hay que variar los parámetros normales de carga estándar de un barreno para orientar el trabajo del explosivo hacia las necesidades específicas de voladura: disminución de daños en el piso, reducción de finos, reducción de bolos y grietas en el macizo residual o incluso seguridad frente a cuevas o coqueras.

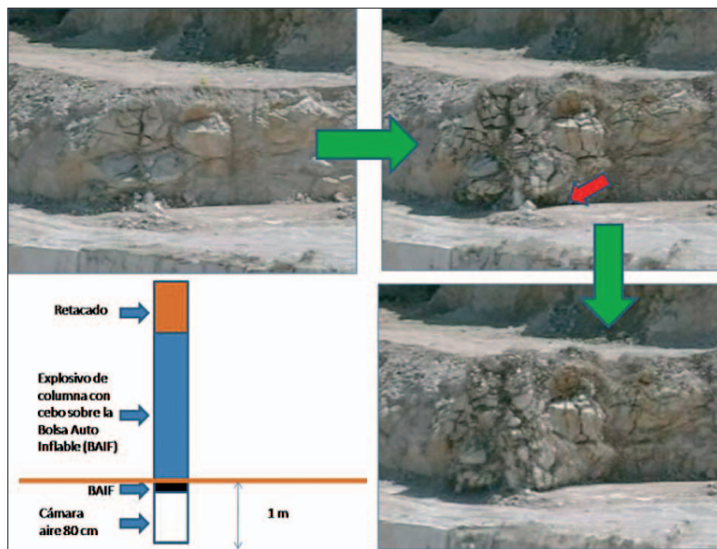
## Empleo de bolsas autoinflables (Baif) para prevención de daños en voladuras de desmonte de roca ornamental.

La voladura de roca de montera en canteras de roca ornamental es una labor que requiere ciertas precauciones en el diseño de la perforación y la carga de los barrenos para no dañar las capas rocosas de valor bajo la montera.

Esto es especialmente importante en la industria de las rocas blandas, como las pizarras o el mármol, donde la creación de una fractura puede ocasionar la pérdida de un porcentaje importante de la roca ornamental descubierta.

Según las teorías convencionales, la fragmentación alrededor de un barreno cargado a

**Esquema de carga de un barreno y secuencia de voladura sobre bancos de roca ornamental. La cámara de aire creada bajo nivel de corte facilita el corte por cizalla de la roca pero desacopla el explosivo, de forma que no se produzcan fisuras radiales ni daños a los niveles inferiores. Esto permite diseños de voladura multifila, multiplicando así la productividad de voladuras de desmonte.**



granel alcanza unas 10 veces el diámetro del mismo. Es decir, para 89 mm de diámetro, se daña directamente 0,89 metros. Si tenemos en cuenta que la presión sobre las paredes del barreno que ejerce el explosivo al detonar es directamente proporcional a la velocidad de detonación del explosivo y a su densidad  $Pd = Vd \times P$ , y que en las partes inferiores de los barrenos tenemos una carga de fondo potente y sobre-enterrada, podemos concluir que se dan una serie de factores críticos para proteger los niveles inferiores de roca.

El disminuir carga de fondo o sobreperforación suele implicar directamente la aparición de repies que hay luego que eliminar mediante maquinaria a mayor coste y pesando sobre

la productividad de la operación de desmonte. A continuación se ilustra un ejemplo práctico de solución a esta disyuntiva.

La empresa Segura S.L. tiene en la localidad de Pedrera (Sevilla), una operación combinada de desmonte de material calizo para producción de cal con extracción de roca ornamental. El desmonte tradicional para cal requería pequeñas voladuras de una sola fila y un extremo cuidado en la perforación para no dañar la roca de gran calidad en niveles inferiores.

Mediante el empleo de **Baifs**, se pudieron disparar voladuras de 2 y hasta 3 filas, multiplicando la productividad por voladura entre un 100% y un 200%. Esto no sólo benefició los ritmos de desmonte, autentico cuello de bote-



**Vista general de la cantera de Segura S.L. en Pedrera (Sevilla), con producción combinada de roca ornamental con el proceso industrial de cal. Esto requiere diseños de voladura especiales que no produzcan finos y que no dañen un entorno cuyo valor se basa en la integridad de una roca de cualidades ornamentales.**



**El artillero de Segura SA. Antonio Fernández, junto a la corta de Matagallar, con una BAIF, las cuales a adaptado especialmente a la explotación combinada mediante voladura e hilo diamantado.**

lla de la explotación, sino que también contribuyó a reducir los finos por voladura, perjudiciales para el sistema de producción de cal.

## Empleo de Baifs para disminución de daños en talud o separación esteril-mineral

Las voladuras en minería y obra civil de grandes volúmenes de roca tratan de maximizar la cantidad de roca arrancada en cada disparo. Esto reduce el tiempo de inactividad de la maquinaria, los cortes de carreteras, días de abastecimiento de explosivo, etc. Sin embargo, cuando deseamos dejar taludes finales en buen estado, el esponjamiento de roca producida en grandes voladuras puede dañar el talud final, incluso en los casos en los que se dispara un precorte.

En voladuras multifila, la carga y el secuen-

ciado de las 2 o 3 últimas filas de la voladura es fundamental para prevenir el efecto de apilamiento sucesivo de roca que se acumula tras las primeras filas. El desplazamiento de la pila es considerablemente superior en éstas, mientras que la roca acumulada constituye un impedimento al desplazamiento de los fragmentos de filas posteriores.

No se debe confundir los mecanismos de rotura y fragmentación, los cuales son intensos y más efectivos en las filas intermedias, con el espacio de esponjamiento disponible. En la parte intermedia de la voladura se encuentra roca intacta y rodeada de explosivo de manera uniforme (no como suele ocurrir en el frente del banco a volar), se da una cooperación efectiva entre barrenos de diferentes filas y, además, funcionan mecanismos secundarios de choques y atrición entre fragmentos.

Las filas posteriores encuentran menos posibilidad de desplazar frontalmente la roca, y el explosivo actúa con un mayor componente vertical. Esto es multidireccional, es decir, ocurre frontalmente y también hacia la parte trasera del banco, la cual está destinada a ser el futuro talud final.

La capacidad de generar gases en los explosivos tipo ANFO, como la Nagoltia o el Al-nafo, es suficiente como para que la energía de burbuja que los caracteriza dañe en diferentes grados a los taludes finales. Por esto, los diseños convencionales de voladura deben adaptarse de forma que este efecto sea el menor posible.

## Disminución de finos mediante empleo de bolsas autoinflables (Baifs)

Existen una serie de actividades extractivas que se ven seriamente perjudicadas por la presencia de finos en la pila de voladura. Depende de cada operación el determinar qué tamaño es fino y cual no, pero, en cualquier caso, suponen un porcentaje de los recursos que no se aprovecha, y un gasto en perforación, voladura, carga y transporte que no se recupera.

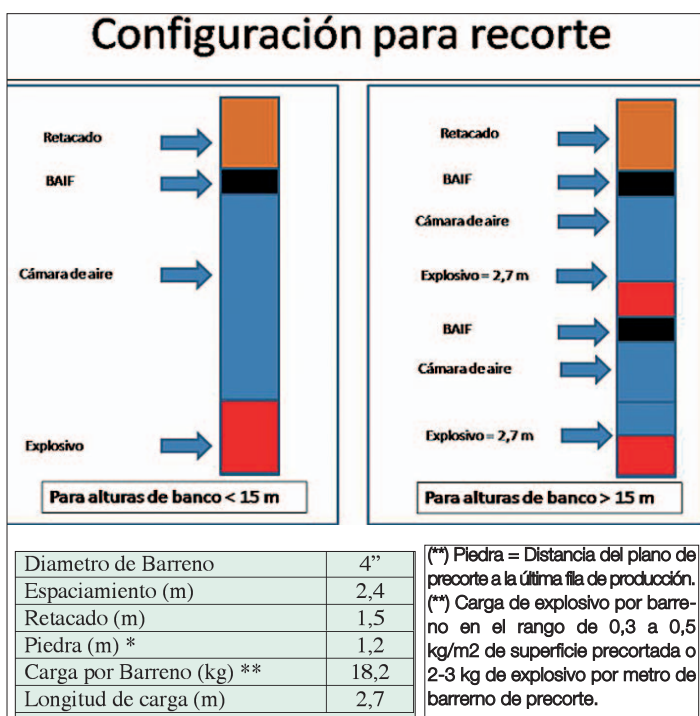
Los mecanismos por los que se generan finos en voladuras han sido objeto de numerosos estudios. El más importante de los últimos años ha sido el denominado *less fines*, patrocinado por la Unión Europea y llevado a cabo por reputados especialistas de universidades y empresas del sector.

Este estudio concluye que existen grandes incertidumbres sobre los mecanismos del explosivo en una voladura y su relación con la fragmentación y generación de finos en las voladuras. Parece que los choques y roce entre diferentes fragmentos de roca durante el movimiento de la voladura generan una gran cantidad de finos, además de la compresión alrededor de los barrenos por acción directa de la detonación del explosivo.

Algunas relaciones directas entre fragmentación y carga específica pueden ayudar a controlar la generación de finos, dentro de la imprecisión de los sistemas de secuenciación de detonadores pirotécnicos, falta de homogeneidad en macizos rocosos e imprecisiones en la perforación y carga de explosivo.

El problema de reducir carga específica resulta en que, según como se realice, puede derivar en una gran presencia de sobretamaños y sobrecostes en el tratamiento de la roca. Encontrar un equilibrio entre reducir finos y tener una pila razonablemente bien fragmentada requiere ajustar el explosivo adecuadamente dentro del barreno y del propio macizo rocoso.

Las *Baifs* son una herramienta que puede ayudar a reducir la creación de finos alrededor de los barrenos y limitando el empuje del explosivo. Al crear cámaras de aire dentro de los



**Esquemas posibles para minimizar daños a macizo residual creando un "efecto suave" del explosivo al compartimentar cámaras de aire donde los gases de explosión crean empuje pero sin agrietamiento radial por contacto directo del explosivo con la roca.**





Vista general de frente de explotación de cantera “La Mezquitilla” de BPB – Saint Gobain. La estructura litológica cambiante y la fragmentación fina de voladuras multifila hacen que los finos sean un problema a tener en cuenta, ya que parte de las reservas se pierden, además del coste que supone desechar un material perforado, volado y transportado.

barrenos, sin ocupar este espacio por retacado inerte, desacoplamos el explosivo de las paredes del barreno, evitando la acción de la onda de choque por detonación sobre la roca, pero permitimos la acción de los gases de voladura. Esto es equivalente a la acción de un explosivo de baja densidad.

## Agradecimientos

El autor quiere agradecer al personal de Segura S.A., Rio Narcea Resources, PEAL y BPB – Saint Gobain, las facilidades prestadas para la realización del presente artículo.



Las voladuras del flanco oeste facilitan una fragmentación eficiente sin exceso de fenómenos de atrición entre juntas y producción de finos por mecanismos secundarios (originados en el movimiento de roca). En otras direcciones, el empleo de BAIFs genera de manera artificial condiciones equivalentes para conseguir este efecto.

### Información:

**BLAST CONSULT, S.L.**  
General Castaños, 45  
11201 Algeciras (Cádiz)  
Tel.: 609 98 81 20 • Fax: 956 12 92 69  
E-mail: [blast-consult@blast-consult.com](mailto:blast-consult@blast-consult.com)