

FUNDACIÓN  
**MAXAM**

[fundacionmaxam.net](http://fundacionmaxam.net)



[mumi.es](http://mumi.es)



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE MINAS Y ENERGÍA

[minasyenergia.upm.es](http://minasyenergia.upm.es)

*SOLUCIONES  
DE VOLADURA*  
**FRAGMENTACIÓN  
DE ROCA**

FUNDACIÓN  
**MAXAM**



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR

El objetivo básico de toda voladura es lograr la fragmentación del macizo rocoso en una distribución granulométrica adecuada, junto a la disposición de la pila de escombros y su esponjamiento. La fragmentación resultante puede impactar significativamente en las fases posteriores de la operación.

En este sentido, un resultado adecuado para la carga, trituración y molienda lograría reducir el consumo energético y, consecuentemente, los costes totales de la operación. Por este motivo, la cuantificación de la fragmentación resultante a través de técnicas fotogramétricas combinadas con modelos predictivos es una etapa fundamental en el proceso de mejora continua de toda operación minera.

## INTERACCIÓN EXPLOSIVO-ROCA

La energía liberada con la detonación de la carga explosiva genera una poderosa onda de choque que se transmite al macizo rocoso circundante y es continuada por una violenta expansión gaseosa. Aunque parte de la energía desprendida en la detonación se pierde en trabajo no efectivo, la mayor parte de ella se concentra en dos fases distintas: (i) dinámica, dominada por la acción de las ondas de choque; y (ii) semi estática, dominada por la acción de la expansión gaseosa en el macizo rocoso.

Durante la fase dinámica, las altas presiones generadas por la detonación de la columna de explosivo son transmitidas a la roca a través de ondas de choque. Estas se propagan radialmente por el macizo rocoso mediante pulsos de compresión concéntricos que se atenúan a medida que se alejan del centro de carga. Tras el paso de las ondas de choque, el estado dinámico a que fue sometida la roca recobra su estado casi estático. Las propiedades estáticas del macizo rocoso comienzan a manifestarse de manera más efectiva debido al surgimiento de un campo semi estático de tensiones correspondientes a la presión de los gases en las paredes del barreno.

Así es como la combinación de ambas fases da lugar a una distribución granulométrica, esponjamiento y formato de la pila muy específicas.

### EL ANÁLISIS DE LA FRAGMENTACIÓN

La evaluación de la fragmentación de las voladuras es algo que se ha comenzado a hacer eficazmente muy recientemente. El volumen de las muestras a cribar, según las reglas del muestreo industrial, implicaría que, físicamente, esta evaluación



Análisis de fragmentación por fotometría.

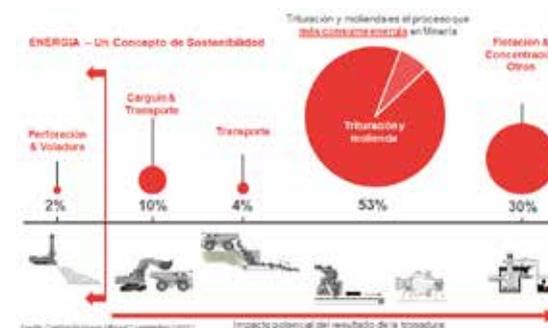


fuera inviable por los costes económicos, humanos y de tiempo que implicaría. Sin embargo, las nuevas técnicas fotogramétricas están muy extendidas tanto en minería como en la industria de tratamiento de minerales, permitiendo superar los impedimentos señalados y ofreciendo resultados casi inmediatos y de una forma cómoda y económica.

Los softwares de análisis fotométricos permiten trabajar con imágenes tomadas por cámaras de video convencionales fijas y móviles, cámaras de fotos o archivos digitales, además de con ortofotos obtenidas con drones. Emplean algoritmos automáticos que identifican bloques individuales por medio de la definición de contornos. En caso de que se desee o sea necesario, se pueden reeditar las imágenes para mejorar de forma manual la digitalización de cada uno de los bloques.

La flexibilidad del conjunto permite varios tipos de lecturas en función de los requisitos

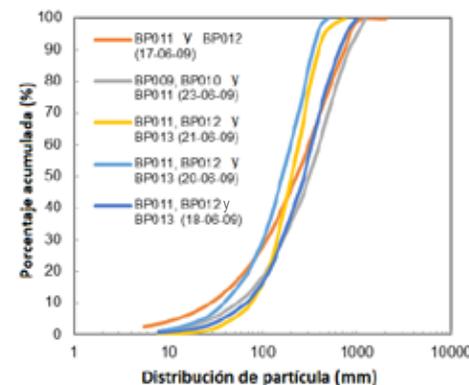
de cada operación, incluyendo los gráficos de distribuciones acumuladas, los histogramas y los flujos continuos para recoger posibles variaciones en la calidad del producto de una forma rápida en distintos periodos temporales.



Estimación del impacto energético promedio de cada operación unitaria.

El objetivo de mejora continua de toda operación minera hace necesaria la aplicación de modelos calibrables que sean capaces de predecir, en la fase de diseño el impacto de la fragmentación en las siguientes fases del ciclo de producción. De esta manera y tras contrastar las predicciones con los resultados reales, poder establecer la configuración óptima de energía en cada voladura.

Si deseas agregar valor a tu proyecto minero ampliando los servicios de optimización de la fragmentación, contacta con MAXAM.



Curva granulométrica.

Voladura en una cantera de Australia.