

De las numerosas propiedades de las rocas, la resistencia a la fractura es conocida como un factor importante en el proceso de fragmentación, afectando por ejemplo la construcción de túneles, voladura y corte de rocas (Chang 2002; Donovan 2003). La fuerte correlación entre la resistencia a la tracción, la resistencia a la tracción dinámica y la resistencia a la fractura del tipo I (Guo 1990; Donovan 2003) indica que la resistencia a la tracción puede controlar las etapas iniciales de la conminución, como son la voladura y el chancado primario. Del mismo modo, el Bond Work Index (BWI o "WorkIndex") es ampliamente usado como indicador del consumo de energía durante la molienda. Es así como estas dos propiedades, la resistencia a la tracción y el BWI, se correlacionan fuertemente con la energía necesaria en la voladura, chancado y molienda, y pueden ayudar a predecir la energía necesaria en la voladura para obtener el P80 deseado.

Un potencial método para la estimación de las propiedades de las rocas incluye el uso de la tasa de penetración (PR) de cada perforación realizada para la voladura. Para la perforación rotatoria, el astillado producido por el torque y la indentación causada por el empuje uniaxial son los principales mecanismos de rotura (Maurer 1966). En una mina mediana, la perforación se realiza utilizando un burden y un espaciamiento de 20 a 40 ft. Por esta razón las propiedades de la roca podrían ser estimadas de manera relativamente fácil utilizando la PR, incluso sobre grandes áreas. Comparado con las pruebas de laboratorio convencionales, se obtienen algunas ventajas:

- No se requiere pruebas de laboratorio con costos de tiempo y dinero.
- Obtención de información en tiempo real.
- Obtención de información regular y sistemática.
- Posibilidad de manejar gran cantidad de información durante la vida de la mina.

Sin embargo, ya que la información de la PR no es sencilla de obtener debido a la variabilidad de las condiciones geológicas, es necesario procesar la información para así obtener datos significativos.

Medición durante la perforación

La medición durante la perforación (MWD por sus siglas en inglés) se refiere a la técnica que implica el uso de sensores durante la perforación para obtener información diversa. Esta tecnología es necesaria para obtener datos fidedignos de la perforación (Gráfico N°1). Aunque ha sido utilizada ampliamente en las industrias del petróleo y gas, esta tecnología ha sido usada también por investigadores para obtener información útil para el diseño de voladura. Segui y Higgins (2002) sugirieron un modelo de voladura para minas de mineral de hierro de BHP en Pilbara, al calcular la energía específica del rendimiento de la perforación. Zhouet al (2012) utilizaron

el rendimiento de la perforación para el reconocimiento automático de rocas al usar el proceso Gaussiano. Mozaffari (2007) y Rajib (2014) aplicaron MWD para determinar las características del macizo rocoso en una mina de cobre a cielo abierto en Aitik, Suecia.



La aplicación de MWD requiere obtener la PR de núcleos intactos de perforaciones, debido a que las condiciones geológicas y la perforación pueden variar de una zona a otra de la mina, aunque todo el macizo rocoso sea del mismo tipo de roca, esto debido a voladuras previas o discontinuidades regionales. El experimento desarrollado en este estudio se centra en rocas intactas, asumiendo que dentro de un mismo barrenos pueden existir sólo pequeñas variaciones en el consumo de energía en la conminución. Es posible entonces detectar rangos de PR constantes al utilizar la metodología MWD.

Debido a que los modelos de optimización MTM para una operación necesitan una gran cantidad de información de largo plazo, y cubren varios tópicos, se desarrollan pruebas preliminares al estudio en terreno para discernir posibles escenarios y construir prototipos. Al tomar en cuenta la roca intacta del macizo rocoso será posible investigar la influencia de las propiedades de la roca en el proceso de conminución.

Aunque trabajos previos se han enfocado en la relación entre la PR y la dureza, o la resistencia a la compresión uniaxial (UCS), se podrían correlacionar con propiedades como la resistencia a la tracción y el BWI, dentro de un mismo tipo de roca. Si esto es así, entonces las relaciones encontradas pueden ser utilizadas en la optimización MTM.

Diseño experimental

La conminución es el proceso de reducción de tamaño de las partículas a través de la acción física. Este proceso en una mina está típicamente dividido en tres etapas: 1) Voladura, 2) Chancado, y 3) Molienda. Tal como se muestra en la Tabla N°1, cada etapa está definida por variables que controlan la fractura. En este estudio se utilizan la PR, la resistencia a la tracción y el índice de moliendabilidad para definir cada una de las etapas de la conminución.