

BENEFICIO ECONÓMICO EN MINERÍA BLOCK CAVING CONSIDERANDO DILUCIÓN DEL MATERIAL A EXTRAER



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA



Departamento de Matemática
UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

MAT-282 LABORATORIO DE MODELACIÓN 1

PROFESOR: PEDRO GAJARDO PEDRO.GAJARDO@USM.CL

ALUMNO: BASTIÁN ALVARADO PORIER BASTIAN.ALVARADO.13@SANSANO.USM.CL

ESPECIALISTA: DIRECTOR DEL LABORATORIO DE PLANIFICACIÓN MINERA DELPHOS

NELSON MORALES NELSON.MORALES@AMTC.CL

CHILE Y LA MINERÍA



Abstract :

Chile is a country with large reserves of minerals. The future projection indicates that underground mining will be the best option to keep a profitable business.

The most important underground projects that are expected are the Mina Chuquicamata Subterránea, in 2019, and the new El Teniente mine level, in

2023, both by the National Copper Corporation of Chile (Codelco).

This type of mining set out great challenges due to the technique used. The extraction of the material is helped by the gravity force and this causes the mixing of the materials involved : the ore and the waste stone.

Resumen:

Chile es un país con grandes reservas de minerales. La proyección a futuro indica que la minería subterránea será la mejor opción para mantener un negocio rentable.

Los proyectos subterráneos más importantes que se esperan son Mina Chuquicamata Subterránea, en 2019, y el nuevo nivel de mina El Teniente, en 2023, ambos de la Corporación Nacional del Cobre de Chile (Codelco).

Este tipo de minería plantea grandes desafíos debido a la técnica utilizada. La extracción del material es ayudada por la fuerza de gravedad y esto provoca la mezcla de los materiales involucrados: el mineral y la roca estéril sin valor.

EL PROBLEMA

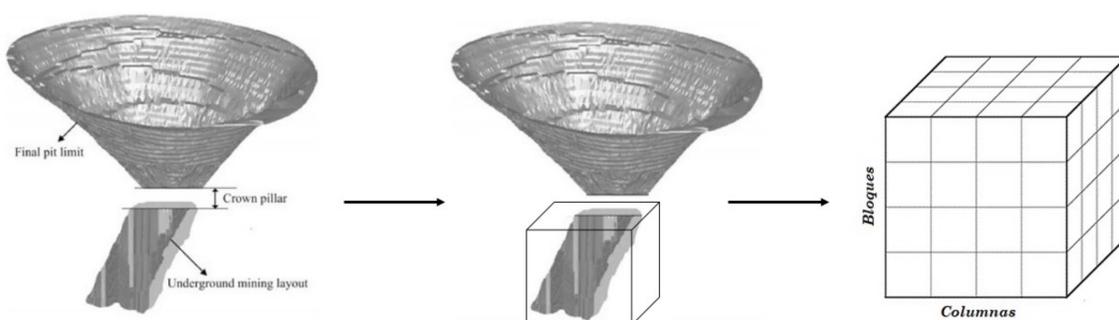
Cada vez que se extraen T toneladas de material se consiguen T^u toneladas de mineral y T^L toneladas de roca estéril.

El arrastre de material sin valor durante La extracción da origen al fenómeno conocido como *dilución*.

¿Es posible incluir a la dilución en los cálculos económicos?

BLOCK CAVING

La minería subterránea puede realizarse de diversas maneras, y un método en particular es el Block Caving (hundimiento por bloques) que consiste en dividir al cuerpo mineralizado en columnas las cuales luego se subdividen en bloques.



DILUCIÓN

El concepto de dilución se representa como el cambio en el volumen de material sin valor V^L respecto del volumen total V

$$D = \frac{dV^L}{dV}$$

La dilución presente en un determinado bloque, al momento de extraerlo, dependerá principalmente de la altura a la que se ubicaba y del porcentaje de entrada de dilución (PDE) de la columna.

A menor PDE se tendrá mayores niveles de dilución y viceversa. Una función creciente respecto a la altura, acotada por cero y uno y que responde al PDE con este comportamiento es:

$$D(h) = 1 - \frac{1}{1 + |\ell_M - \ell_m| e^{(h-H)PDE\alpha}}$$

Donde:

H = Altura máxima de la columna

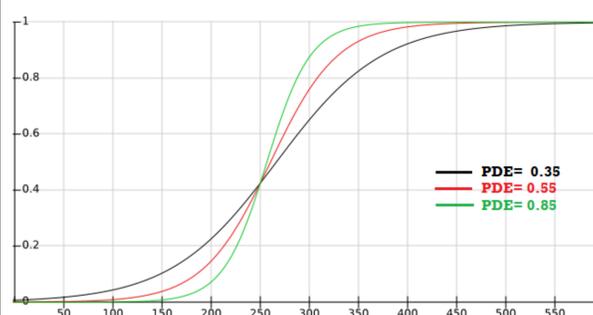
n = número de bloques en la columna

ℓ_i = Ley Mineral del bloque i

$\ell_M = \max\{\ell_i \quad i = 1, \dots, n\}$

$\ell_m = \min\{\ell_i \quad i = 1, \dots, n\}$

$\alpha = \frac{|\ell_M - \ell_m|}{n}$



MODELO DE OPTIMIZACIÓN

Considerando:

P = Precio de venta

C_m = Costo de mina

C_p = Costo de planta

C_v = Costo de refinación y venta

ρ = Densidad de la columna

ℓ = Ley mineral

Volumen $V = rh$, r constante de área

Las toneladas del elemento objetivo acumuladas hasta una altura a son:

$$T_{(a)}^* = \int_0^a \ell_{(h)} \rho_{(h)} (1 - D_{(h)}) r \, dh$$

Por lo tanto, el beneficio obtenido de excavar la columna hasta la altura a es:

$$U_{(a)} = (P - C_v) T_{(a)}^* - (C_m + C_p) T_{(a)}$$

Finalmente el problema de optimización es

$$\max_a U_{(a)}$$

$$S.a \quad 0 \leq a \leq \hat{H}$$

\hat{H} es alguna cota superior para la altura.

CONCLUSIONES

De tener una función que describa el comportamiento de la dilución en la columna, es posible encontrar una altura óptima que maximiza el beneficio de la extracción de material. Por lo tanto, el trabajo a futuro es estudiar este fenómeno y proponer formas de conseguir, a priori, información para utilizar a la hora de planificar.

REFERENCIAS

- [1] A. Susaeta, E. Rubio, J. Henríquez, G. País. (2008). "Dilution behaviour at Codelco Panel Caves mines"
- [2] P. A. Vergara. (2016). "Estudio Experimental de Flujo Gravitacional en Minería de Panel Caving"(Memoria). Universidad de Chile.
- [3] Y. Pourrahimian. (2013). "Mathematical programming for sequence optimization in block cave mining". University of Alberta.