

# Evaluación riesgo geológico del pit final

**Nelson Diaz Acevedo**  
GEOLOGO

E-mail: [Ndiaz2710@gmail.com](mailto:Ndiaz2710@gmail.com)

**RESUMEN:** Cuantificar la incertidumbre geológica en la ocurrencia del cobre fino en las reservas, identificando las amenazas y oportunidades del proyecto. La primera revisión, es la categorización del recurso, luego la geotecnia y la relación estructuras y, por último, en la simulación condicional y la generación de pits estocásticos (probabilísticos). Este trabajo aborda la incertidumbre del cobre fino en el pit planificado

**Palabras claves:** Incertidumbre, pit, cobre fino

## 1 Introducción

La etapa de planificación minera requiere de la mayor información para proponerle al dueño la mejor calidad de los minerales con una extracción segura, es por ello que el conocimiento del riesgo es fundamental. En este contexto la disciplina de geología genera un aporte sustancial.

arte de la categorización de las reservas la metodología de simular las leyes, aun precio dado, permite revisar el cumplimiento de fino y/o proponer actividades para mejorar la condición, situación que se muestra a continuación.

## 2 Metodología de trabajo

Además de las consideraciones específicas de la Simulación, la metodología implementada está orientada a cumplir los objetivos enunciados, es decir debe ser capaz de:

- Entregar una cuantificación de la incertidumbre en la cubicación del cobre fino de las reservas.
- Generar un pit que permita orientar al diseño a una estrategia de extracción que aumente la probabilidad de cumplimiento de cobre fino.
- Generar herramientas que permitan levantar un diagnóstico para evaluar el tamaño del proyecto.

Para obtener una medida de la incertidumbre se generan pits estocásticos, los cuales son obtenidos mediante orientaciones comerciales iteradas en cada realización de la simulación.

De este modo se siguen las siguientes subetapas:

- Ejecución de pits anidados sobre cada realización de simulación.
- Se marcan los bloques con los pits.
- Se calcula la probabilidad de que sean extraídos a un precio.

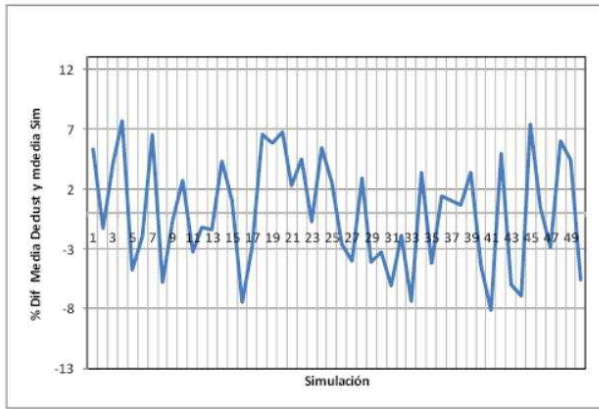
Por ejemplo, figura 1 en la simulación 01 se tienen bloques que fueron incluidos a un primer precio bajo (bloques 1), luego a un precio mayor (bloques 2) y así sucesivamente. En otras realizaciones se obtiene una secuencia similar con variaciones en los bloques que son extraídos a cada precio. Con esta información se genera una tabla de frecuencia de salida por precio, la cual es acumulada y finalmente transformada en probabilidades. Con lo anterior se calculan las reservas controlando la incertidumbre, estudio basado en la restricción de los bloques que cumplen con alta probabilidad de ser económicos (sobre un 90%).

## 3 Evaluación del riesgo basado en incertidumbre de leyes

La metodología de pit estocástico condicionado a la probabilidad de flotar a un precio dado, permite tener una referencia para evaluar el riesgo económico de un proyecto, asociado a la incertidumbre del cumplimiento de la ley de cobre. Esta referencia consiste en un histograma de cobre fino derivado de la cubicación de los pits estocásticos, sobre el cual se pueden sobreponer un nivel de cobre fino cubicado por la Fase del estudio. En general, en la figura 2 se aprecia que las simulaciones no exceden un 10% de diferencia, además que no muestran sesgo en relación a la media de los datos.

La sensibilización de las reservas es obtenida en base a las siguientes consideraciones:

- Orientaciones comerciales vigentes
- Ángulos de talud globales leídos desde la topografía final de Fase 5
- Modelo de recuperaciones y densidades variables por celda
- Realizaciones simuladas



**Figura 2.** Diferencia media del set de simulación con la simulación en particular. Mineral secundario

A las 50 realizaciones se les calculó la curva tonelaje-ley y el cobre fino In situ acumulado por ley de corte. La figura 3 representa el total de realizaciones para el tonelaje, la ley media y el cobre fino. El algoritmo utilizado para generar los pits económicos es Leach-Grossman, con un criterio selección mineral basado en valor económico. Los ángulos de talud son globales, registrados desde la topografía final de la fase (48° Oeste, 47° Este). Para efectos referenciales y de cubicación se calculan la ley de corte crítica y marginal obtenida con la siguiente expresión:

$$\text{Ley Corte Crítica} = \frac{C_p + C_m + C_{g\&A}}{(P - C_{lb}) \times R \times 2204.62}$$

$$\text{Ley Corte Planta} = \frac{C_p + C_{g\&A}}{(P - C_{lb}) \times R \times 2204.62}$$

Donde: Cp=Costo Planta; Cm= Costo Mina; Cg&A= Costo administración; P=Precio; Clb= costo libra cobre R= recuperación metalúrgica La ley de corte crítica obtenida es Lc=0.4 %CuT. La ley de Corte-Planta es LCp=0.31 %CuT.

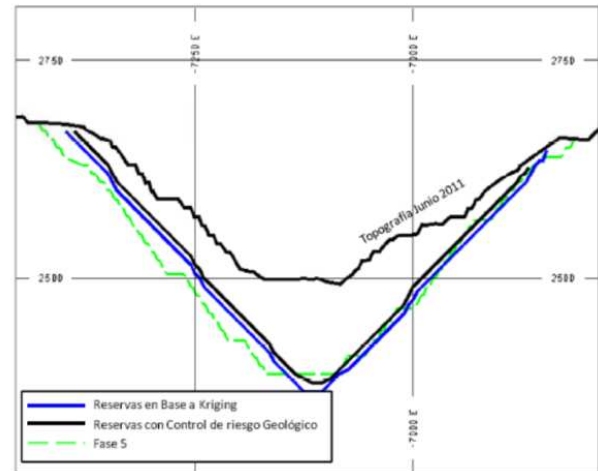
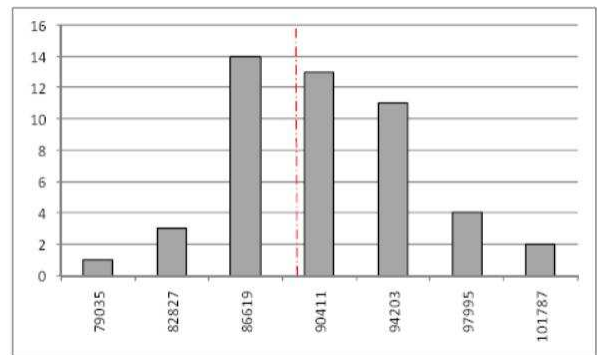
#### 4 Conclusión

Bajo todas las consideraciones asumidas en este estudio, la Fase tendría un 19% adicional de cobre fino en relación al pit con control de riesgo geológico, lo que implica que podría estar siendo optimista en relación a esa referencia. La sobreextracción de cobre fino tiene su consecuencia en el costo mina por el aumento de razón lastre-mineral. No obstante el diseño mina, por lo que se informó al proyecto, podría estar afectado por

consideraciones geomecánicas que eluden ciertos sectores complejos del depósito, aspecto que no fue considerado en este estudio de riesgo y el planteamiento de las reservas.

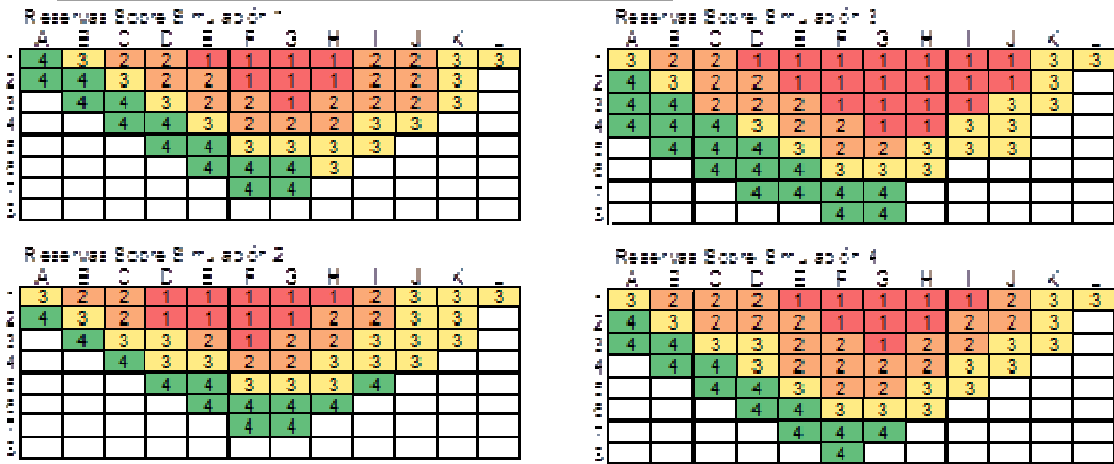
#### Referencias

- Díaz A, N., 2011, Actualización geología y estimación de recursos. Reporte Interno. División El Salvador CODELCO, Chile
- Prado, E., Vergara, A. 2011, Riesgo geológico y revisión del pit final basado en incertidumbre de leyes, yacimiento Campamento Antigo. Reporte Interno. División El Salvador CODELCO, Chile 65 p.



**Figura 3.** Distribución de cobre fino para Mineral con Ley CuT ≥ 0.4 en grafico de barra y los distintos pit (verde pit planificado, en azul por kriging, negro simulación)

### Metodología: Pits de Bajo Riesgo Geológico



**Tabla de precios**

1	0.5	US\$/lb
2	1.0	US\$/lb
3	1.5	US\$/lb
4	2.0	US\$/lb

Por ejemplo el bloque E1 en las 4 simulaciones "flota" desde el primer precio.

Figura 1. Metodología indicando la alternativa de extracción del bloque a distintos precios