



---

## LOS RIESGOS EN LOS FUNDAMENTOS DEL MODELO DE RECURSOS RECUPERABLES

Bruna Novillo J.<sup>1</sup>, Bassan J.<sup>2</sup>, Rossi M.<sup>3</sup>

(1) Geólogo Senior, Tomas Garzón 6669. C.P.: 5147. Córdoba, Argentina.

[jbruna\\_geo@hotmail.com](mailto:jbruna_geo@hotmail.com)

(2) Geólogo Senior, Ingeniero Jacobacci, C.P.: 8418, C.C.: 119, Río Negro, Argentina.

[bassanjo2005@yahoo.com](mailto:bassanjo2005@yahoo.com)

(3) Geostadístico, GeoSystems International, Delray Beach, Florida, EEUU.

[mrossi@geosysint.com](mailto:mrossi@geosysint.com)

### RESUMEN

En caso de ser exitosos en la exploración de algún mineral de valor en el mercado, el proyecto requerirá de un modelo de recursos recuperables. Un modelo de recursos recuperables se funda a partir de la inversión realizada, en donde las personas, desde los ayudantes de campo, hasta el directorio de la compañía responsable del mismo, tendrán control directo sobre las variables endógenas. Estas variables incluyen el muestreo, la interpretación del modelo geológico y los presupuestos asociados directamente a las técnicas de exploración para una determinada área. El entendimiento y construcción del modelo geológico estarán asociados al control de calidad y experiencia de las personas que intervienen en la exploración del proyecto. Este modelo será la base del valor económico del proyecto en el mercado, dependiendo de las condiciones económicas reinantes en ese momento para acrecentar las expectativas o desestimar el mismo, además de otra serie de factores de riesgo técnico, ambiental y social. Para llegar a este valor de mercado se necesita cumplir con ciertos requisitos o normas, tal es así que cuando se modela el yacimiento se usa toda la información disponible. Esa información proviene en gran parte de las muestras recolectadas y brindarán información geológica para realizar la interpretación correspondiente. El muestreo y el modelo geológico son los fundamentos del modelo de recursos recuperables, siendo los pilares para el cálculo de recursos y reservas de un yacimiento y es donde se apoyará la geoestadística, herramienta que permitirá desarrollar mediante un método de interpolación, el modelo de recursos y reservas.

La muestra es el primer pilar, porque con sus controles de calidad, es el dato duro y el modelo geológico será el segundo pilar, con una componente más subjetiva, dado que la interpretación geológica dependerá de la experiencia de los geólogos en el tipo de yacimiento que se esté describiendo e interpretando.

Casi todas las decisiones que se hacen respecto de un proyecto minero, desde la exploración hasta el cierre de la mina, están basadas en valores obtenidos de material muestreado. La muestra es una parte o porción extraída de un conjunto por métodos que permiten considerarla como representativa del mismo.

Toda muestra arrastra consigo una serie de errores, algunos relacionados a las características geológicas del material muestreado, otros relacionados a las técnicas de muestreo empleadas, y a las técnicas de preparación y analíticas empleadas. Los procesos de recolección, manipulación de muestras y posteriores datos de laboratorio son sometidos a controles de calidad (QA-QC), que aseguren precisión, exactitud y representatividad de los valores obtenidos. Las siglas QA-QC, significan, el Aseguramiento de la Calidad (Quality Assurance), dado por el conjunto de actividades preestablecidas y sistemáticas necesarias para garantizar que una determinada actividad u operación, alcance un grado aceptable de calidad; y el Control de Calidad (Quality Control), que son las técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para determinar el nivel de calidad realmente alcanzado.

El modelo geológico es el segundo pilar para la construcción de un modelo económico geoestadístico de bloques y requiere de un conocimiento profundo de las litologías, alteraciones, estructuras, mineralizaciones y génesis del yacimiento. Para la construcción de un modelo geológico se requiere no sólo de la información suministrada por los sondeos, si no también información de mapeos de superficie y de interpretación de secciones; estos datos son de utilidad para entender la continuidad de las diferentes unidades a modelar y así obtener como resultado un modelo geológico de mayor representatividad. En base a la descripción geológica de los testigos de perforación de diamantina se construyen secciones verticales en donde se interpretan la litología, alteración, mineralización, estructuras y zonas de oxidación. Este análisis de las secciones y el AED (Análisis Exploratorio de Datos), sirve para definir las "Unidades Geológicas" o "Unidades de Estimación" (UG<sub>E</sub>) basadas en la litología, mineralogía, alteración, estructuras, etc.

El modelo geoestadístico es el modelo de leyes que permite completar la estimación de los recursos, tanto en leyes como en contenido de metal, para las distintas leyes de corte que sean de interés. Mientras que la geología y los dominios de estimación definen en gran medida el tonelaje disponible de mineralización en los recursos, el modelo geoestadístico define la cantidad de metal recuperable, que a su vez define el activo y los futuros flujos de caja.



En un proyecto, durante las diferentes etapas de la exploración con sus programas de perforaciones asociados, se producen e inducen riesgos asociados a variables endógenas como son el muestreo y el modelo geológico. El conocimiento, entendimiento, interpretación y gestión de las bases del modelo para evaluaciones cuantitativas, es crítico. La mitigación de los riesgos que se producen, permitirá generar oportunidades de creación de valor y reducir la incertidumbre del proyecto en la valorización en el mercado. En un yacimiento tipo pórfido, algunos de los riesgos que se pueden presentar en las bases del modelo y sus consecuencias, son las siguientes (Tabla 1):

| MUESTREO              |  | RIESGO | CONSECUENCIAS   |
|-----------------------|--|--------|---|
| 1                     | Muestra no representativa  | Alto   | Impacta en la representatividad y calidad de la muestra.  |
| 2                     | Incorrecta selección de intervalo de muestreo  | Alto   | Impacta en la representatividad y en los costos.  |
| 3                     | No se incluyen o son insuficientes muestras de control                                     | Alto   | Impacta en el QA-QC y no cumple con los estándares según JORC y NI 43-101.  |
| 4                     | Medición discontinua y metodología inapropiada para medición de densidad                   | Alto   | Impacto en la cuantificación de toneladas.  |
| 5                     | Procedimientos escritos de muestreo y QA-QC  | Bajo   | Impacta en las auditorías externas al proyecto.   |
| MODELO GEOLOGICO      |  | RIESGO | CONSECUENCIAS   |
| 1                     | Incorrecta interpretación de unidades litológicas  | Alto   | Impacta en la definición de unidades geológicas (UG), mineralización, metalurgia, voladuras, molienda y minado.   |
| 2                     | Incorrecta interpretación de tipos de alteración   | Alto   | Impacta en la definición de UG, mineralización, metalurgia, voladuras, molienda, minado, y medio ambiente.  |
| 3                     | Incorrecta interpretación o ausencia de tipos de mineralización                            | Alto   | Impacta en la definición de UG, mineralización, metalurgia, voladuras, molienda y minado.   |
| 4                     | Incorrecta interpretación o ausencia de fallas principales                                 | Alto   | Impacta en la mineralización, definición de dominios geotécnicos, minado, estabilidad de paredes y diseño del pit.  |
| 5                     | Incorrecta interpretación o ausencia de zona de oxidación                                  | Alto   | Impacta en la definición de UG, mineralización, minado, metalurgia y molienda.  |
| 6                     | Incorrecta interpretación o ausencia de venillas de yeso-anhidrita                         | Medio  | Impacta en el diseño del <i>pit</i> , calidad del macizo de rocoso, voladura, minado, metalurgia y molienda.  |
| 7                     | Incorrecta interpretación o ausencia de venillas de cuarzo-magnetita-sulfuros              | Medio  | Impacta en la distribución de la mineralización, geotecnia, voladura, minado, molienda y metalurgia.  |
| MODELO GEOESTADISTICO |  | RIESGO | CONSECUENCIAS   |
| 1                     | Incorrecta definición de los controles de mineralización y los Dominios de Estimación (UG) | Alto   | Impacta todos los aspectos estadísticos y de estimación. Sin una buena definición de las UG no hay buen modelo de recursos.   |
| 2                     | Incorrecta definición de los planes de estimación de las distintas leyes                   | Alto   | Impacta en la incertidumbre de la estimación; la predicción de la variabilidad espacial de la mineralización; y las leyes y toneladas estimadas a distintas leyes de corte. |
| 3                     | Incorrecto entendimiento del efecto volumen-varianza                                       | Alto   | Impacta la estimación de las reservas mineras y la dilución que la operación encontrará. Impacta directamente la predicción del flujo de caja de la operación.              |
| 4                     | Insuficiente validación del modelo de recursos   | Alto   | Impacta en la valorización del proyecto por medio de la clasificación de los recursos.  |

**Tabla 1:** Riesgos y consecuencias en las bases del modelo de recursos y reservas.

## REFERENCIAS

- Bruna Novillo J., Bassan J., y Rossi M. (2010). "El Tablero de Control como Herramienta de Gestión en el Modelo de Recursos Recuperables". Argentina Mining 2010. VIII Convención Internacional sobre Oportunidades de Negocios en Exploración, Geología y Minería. 24 al 26 de Agosto de 2010: 1-13. San Juan, Argentina.
- Bruna Novillo J., Bassan J., y Rossi M. (2009). "Los Fundamentos del Modelo de Recursos Recuperables". USACH - SIMIN (XVI Simposium de Ingeniería en Minas Santiago, 18-21 Agosto, 2009: 1-14. Santiago, Chile.
- CIM, 2010. CIM Definition Standards - For Mineral Resources and Mineral Reserves November 27, 2010 1-10. Canadá
- JORC Code, (2012). Australasian code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. 20 de Diciembre, 2012; 1-44. Australia.
- Rossi, M. (2008). Curso de Geoestadística aplicada al cálculo de recursos y reservas. Nivel I y II, Teórico y Práctico. Universidad Nacional de San Luis., Marzo y Noviembre 2008: 1-74. San Luis, Argentina.