



COMISIÓN CALIFICADORA DE COMPETENCIAS
EN RECURSOS Y RESERVAS MINERAS



Importancia de la variabilidad geometalúrgica en la determinación de Reservas Mineras

Presentación para la Comisión Minera de Chile, 6 de abril del 2022

Romke Kuyvenhoven – MDE Minerals Consulting

Contenido y énfasis de la presentación



1. Introducción
2. Que se entiende por variabilidad geometalúrgica
3. Que dice la norma NI43-101 sobre la variabilidad geometalúrgica
4. La relación entre la variabilidad geometalúrgica y la determinación de Reservas Mineras

 Comisión Calificadora de Competencias en Recursos y Reservas Mineras		TALLER ONLINE REPORTABILIDAD DE PROCESOS METALURGICOS 6 de abril de 2022	
HORA	ACTIVIDAD		
08:50 – 09:00	Contacto y Coordinación del Taller Gladys Hernández, Secretaria Ejecutiva Comisión Minera		
09:00 – 09:10	Palabras de Bienvenida Aquiles González, Presidente Comisión Minera		
09:10 – 09:50	Impacto de los procesos metalúrgicos en la estimación de reservas Juan Pablo González, Consultor Principal en Minería, Geomine Associates SpA		
09:50 – 10:30	Revisión de los procesos metalúrgicos en los Reportes Técnicos NI-43-101 Sergio Lagos, Líder Ingeniero de Procesos y Nicolás Lorca, Ing. de Procesos, Ausenco		
10:30 – 11:10	Importancia de la variabilidad geo metalúrgica en la determinación de reservas mineras Romke Kuyvenhoven, Consultor Senior, MDE Minerals Consulting		
11:10 – 11:20	RECESO		
11:20 – 12:00	Evaluación de la disposición de relaves en la estimación de reservas Álvaro Huerta, Jefe de Área Servicios Mecánica de Suelos y Relaves, SRK		
12:00 – 12:40	Procesos metalúrgicos en la estimación de reservas de minerales de hierro Luis Bernal, Consultor Senior de Procesos, Process Minerals Consulting		
12:40 – 13:00	Comentarios y Conclusiones		



Sección 1

Introducción

AT THE PEAK

From initial private offerings at 30 cents a share, Bre-X stock climbed to more than \$250 on the open market. Near the peak of Bre-X share prices, major banks and media were on board.



Egizio Bianchini, stock broker and one of Canada's top gold analysts, said "What most people are now realizing is that Bre-X has made one of the great gold discoveries of our generation."



J.P. Morgan bankers talked up Busang in a conference call in which Bre-X's top geologist predicted the deposit might contain a staggering 200 million oz of gold, worth over \$240 billion in 2014 prices. Morgan declined to comment.



Major mining companies such as Barrick Gold, Placer Dome, and Freeport-McMoRan Copper & Gold, among other top producers, fought an epic battle to get a piece of Bre-X's Busang deposit.



Fidelity Investments, Invesco Funds Group, and other mutual-fund companies piled into the stock.

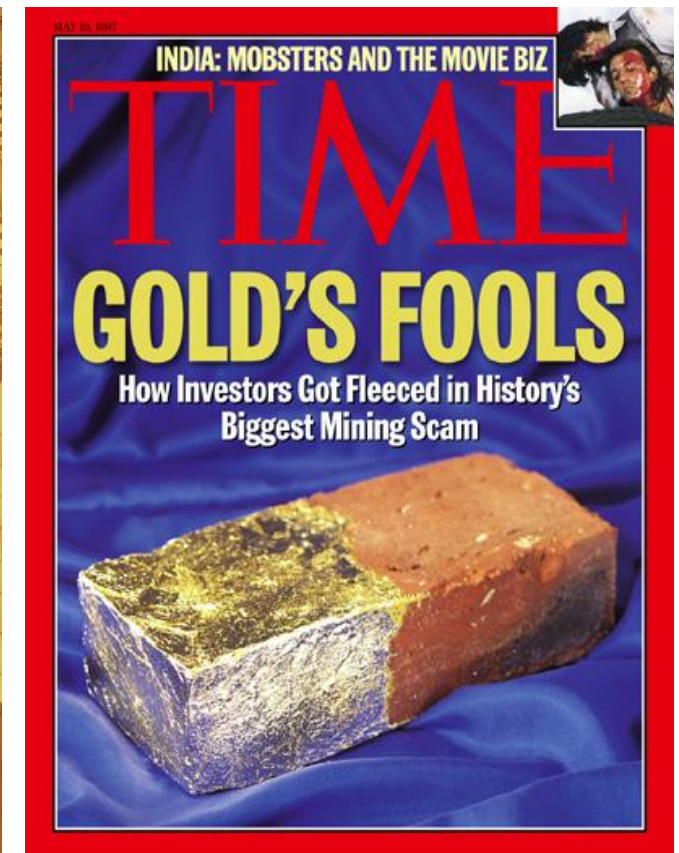
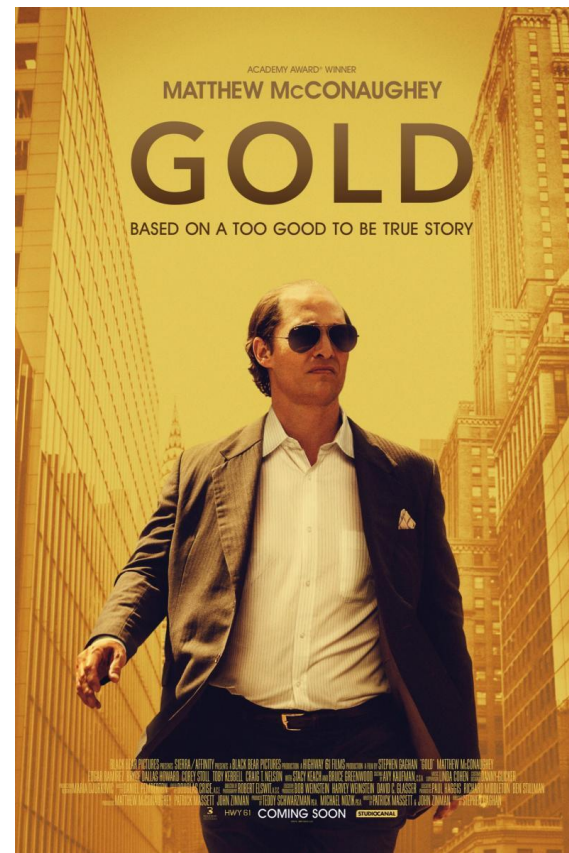


Indonesia's Suharto regime managed to grab 40% of the deposit for Indonesian interests.

In December 1996, Lehman Brothers Inc. strongly recommended a buy on "the gold discovery of the century."

\$ 286

El caso BRE-X (1997): el origen del NI43-101



Fuente: www.valuewalk.com/bre-x-scandal/

Fuente: Film Affinity

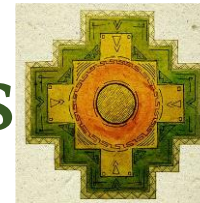
Fuente: Time Magazine

Norma NI43-101



- La norma 43-101 es un instrumento canadiense que regula la publicación de información técnica de empresas mineras que transan en la bolsa de valores en Canadá.
- El objetivo de la norma NI43-101 es finalmente **financiero**
 - Establece entre otras cosas, el rol de la *Persona Competente*, quien – al firmar un informe técnico o una sección de éste – asume la responsabilidad legal por la veracidad de la información publicada, ya que esta información influye directamente en el valor bursátil de la minera
- La definición de Reservas Mineras es una definición **financiera**
 - Las Reservas Mineras corresponden a los Recursos Medidos y/o Indicados, que pueden ser explotados *de forma económica*
- Cualquier parámetro del proceso metalurgico, que puede cambiar el OPEX y/o el CAPEX del proyecto, tiene potencial de cambiar la utilidad, y podría impactar en la definición de las Reservas Mineras, y entonces es regulado implícitamente por la norma NI43-101.

Definición *simplificada* de Recursos y Reservas



La clasificación de los recursos minerales es la clasificación de los depósitos minerales basado en su **certeza geológica** y **valor económico**

Recursos Mineros

- Ocurrencias de mineral o prospectos **de interés geológico, pero no necesariamente de interés económico**. Sí deben tener una razonable posibilidad de poder ser explotados económicamente.

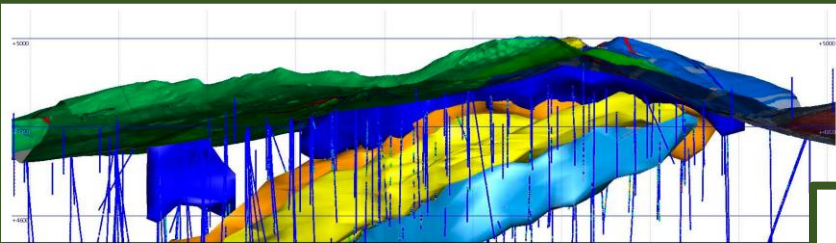
Reservas Mineras

- Es la parte **económicamente explotable o extraíble** de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias Recurso Mineral Medido, cuya factibilidad de explotación ha sido establecida con un moderado nivel de confianza.

Interacción geología – mina – planta



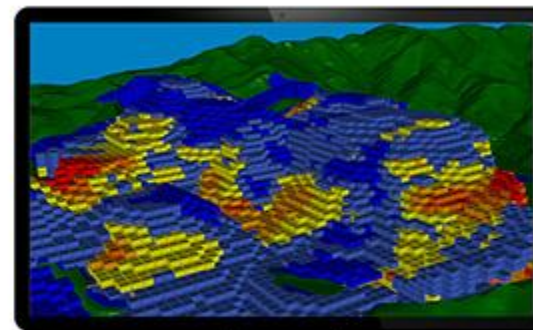
6. Los bloques que restan y no suman al VAN quedan fuera de las Reservas



Geometallurgy—A Route to More Resilient Mine Operations (Dominy, O'Connor, Parbhakar-Fox, Glass, Purevgerel)

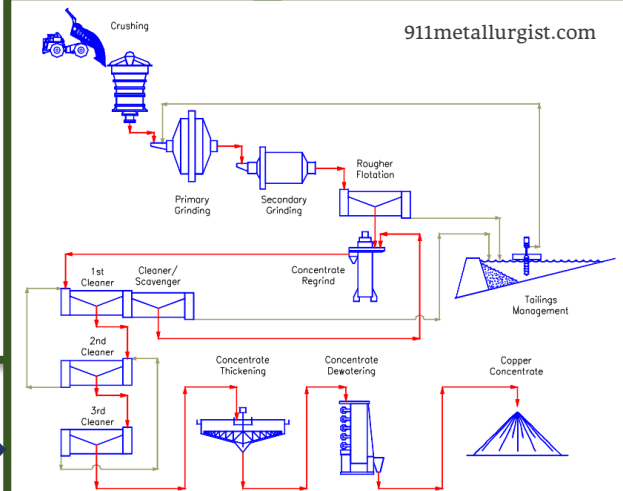
1. Definición de Recursos Mineros en función del modelo geológico

5. El plan minero busca maximizar VAN en base al costo y beneficio del ejercicio minero



Hexagon Mining

4. El mineral y el diseño planta definen el costo planta para el plan minero



3. El diseño planta se basa en el plan minero anual

2. Plan minero convierte parte de los Recursos en Reservas y define la capacidad nominal de la planta

Fuente: Elaboración propia RK

Plan minero e input planta

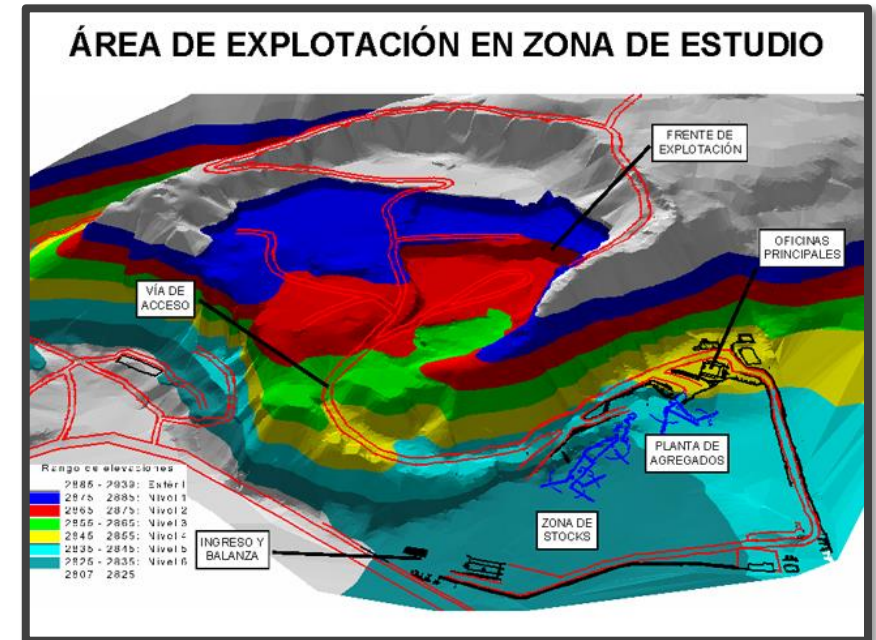


- Las Reservas Mineras corresponden a los Recursos que pueden ser explotados de forma económica (*Beneficio > Costo*)
- El plan minero optimiza la secuencia minera para que los bloques con mayor **valor** sean explotados primeros, con tal de maximizar el VAN del proyecto

$$\text{Valor} = \text{Beneficio} - \text{Costo}$$

$$\text{Beneficio} = \text{tonelaje} \times \text{recuperación Cu} \times \text{valor Cu}$$

$$\text{Costo} = \text{costo mina} + \text{costo planta} + \text{costo comercialización}$$



Monografias.com



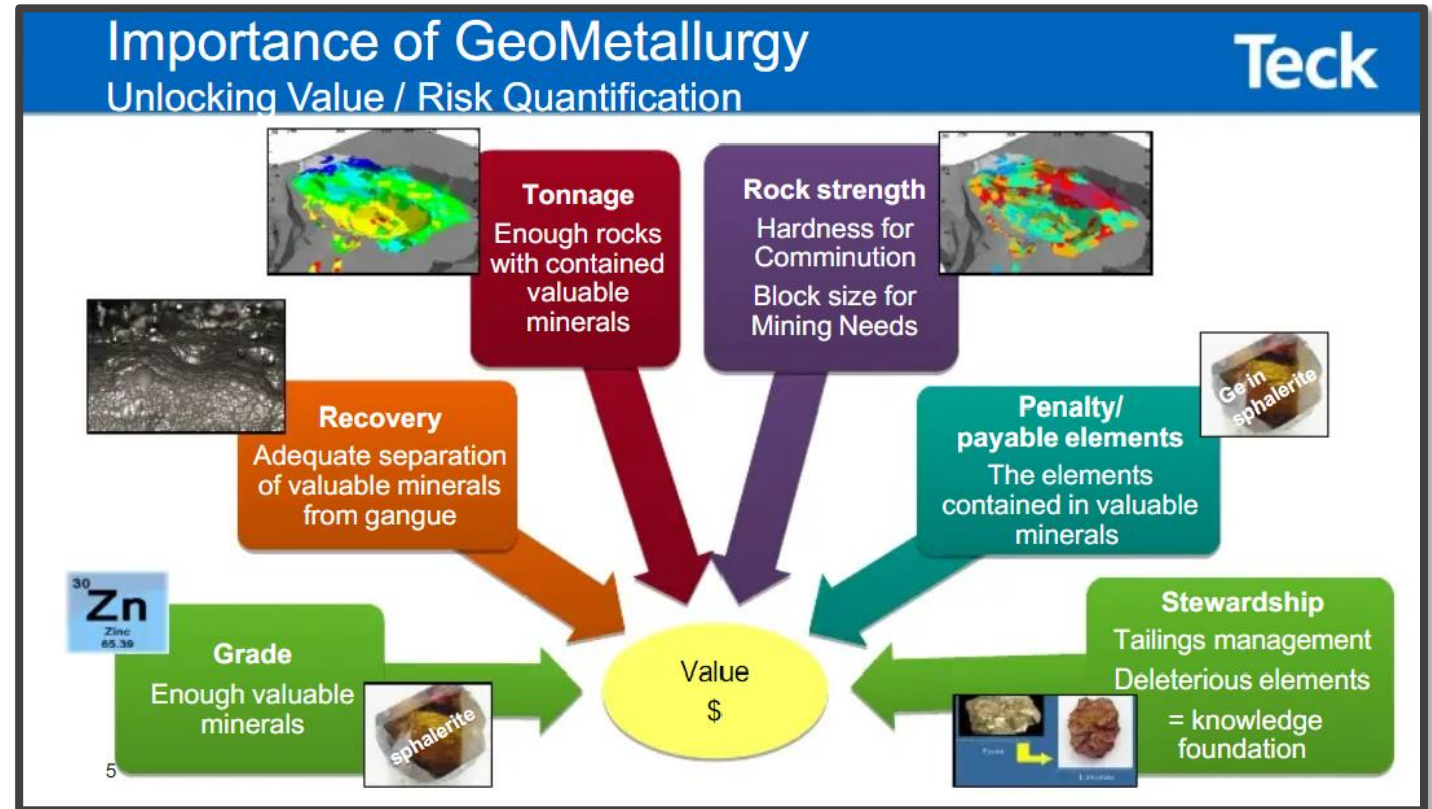
Sección 2

El impacto de la variabilidad geometalúrgica

Los parámetros principales



1. Ley de mineral
2. Recuperación de elementos valiosos
3. Tonelaje (tph)
4. Dureza
5. Penalties y créditos
6. Gestión de relaves



El valor que puede generar la geomet



1. Diseño de una planta de flotación de Mo

- Tamaño de grano
- Presencia de minerales de ganga hidrofóbicos

2. Freeport planta 96 ktpd

- Variabilidad de dureza hace mas atractivo la opción HPGR vs SAG a pesar de que los valores de dureza de los compositos favorecían la opción SAG

3. Pórfido de Cu con Mo/Ag

- Limite de precisión en análisis Ag por método empleado
- Cambio de método demostró aumento de recuperación de Ag (15 millones oz life-of-mine)

Caso	Descripción	Costo	Valor Generado
1	Geometalúrgia de filosilicatos en concentrados colectivos	\$1 millón	\$100 millones (CAPEX de una planta de moly, o 1 año de producción)
2	Geometalúrgia de dureza en estudios comparativos HPGR	\$0.5 millón	\$50 a 80 millones (VAN)
3	Ensayos de plata de alta precisión	\$5K	\$150 millones (VAN)
	Promedio	~\$0.5M	~\$105 Millones

Ejemplos de “Red flags” o banderas rojas



Mirando solo el circuito de flotación & relaves

- Contenido de arsénico en un concentrado de cobre
 - Define el **penalty que recibe la minera por comercializar un concentrado que** sobrepasa el límite máximo
 - En caso extremo, **puede generar un concentrado que no se comercializable**
- Contenido de arcilla en los relaves que limitan recuperación de agua
 - Afecta directamente el **agua disponible para procesar mineral fresco** y por ende, el TPH de la planta
- Variaciones en cantidad de concentrado o mineral en el ducto
 - Ej: Un concentraducto tiene una muy limitada capacidad de manejar cambios en densidad de concentrado, % de sólidos y reológicos de pulpa
 - El mal manejo de la variabilidad en el ducto puede llevar a contingencias operacionales mayores (parada planta) o **riesgos ambientales** tales como rotura del concentraducto, o necesidad de “llenar” el ducto con agua.

Impacta directamente la utilidad al bajar los ingresos de la minera

Impacta directamente la producción y por ende la venta de finos de cobre

Impacta directamente el costo operacional, la disponibilidad de concentrado final e implica riesgos ambientales

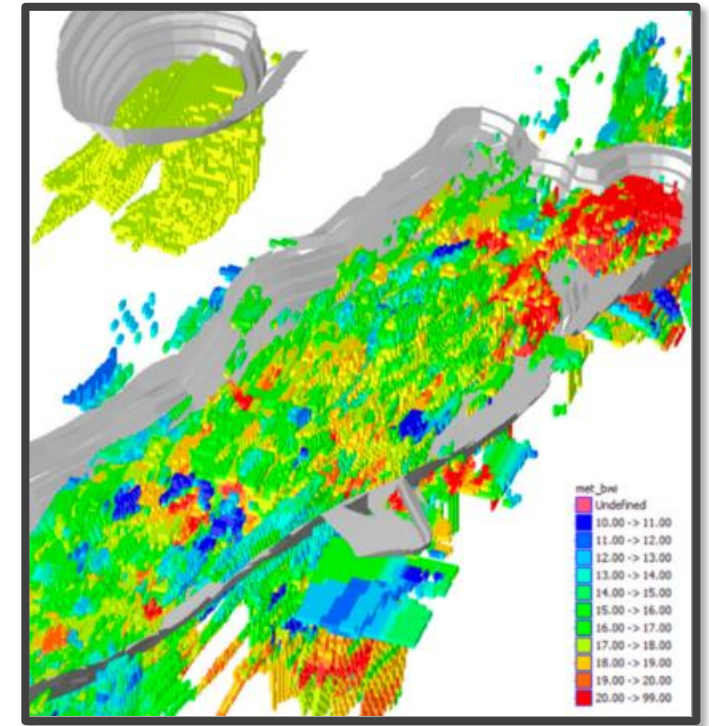
Geomet en la planta de molienda



La mirada del geometalurgista:

¿Qué pasa si...se logra conocer en etapa temprana del proyecto u operación, la alta variabilidad en dureza?

- Se considera un diseño planta de conminución apto para minerales altamente variables en CEE (kWh/t)
- Se puede hacer ajustes a tiempo para minimizar eventuales debilidades en el diseño planta
- Se da mayor robustez al plan de producción y la operación dará mayor cumplimiento de este plan



Fuente: Geometallurgy—A Route to More Resilient Mine Operations (Dominy, O'Connor, Parbhakar-Fox, Glass, Purevgerel)

Geomet en la planta de molienda



Gerente:

¿Qué pasa si...se logra conocer en etapa temprana del proyecto u operación, la alta variabilidad en dureza?

- Se considera un diseño planta de conminución apto para minerales altamente variables en CEE (kWh/t)
- Se puede hacer ajustes a tiempo para minimizar eventuales debilidades en el diseño planta
- Se da mayor robustez al plan de producción y la operación dará mayor cumplimiento de este plan

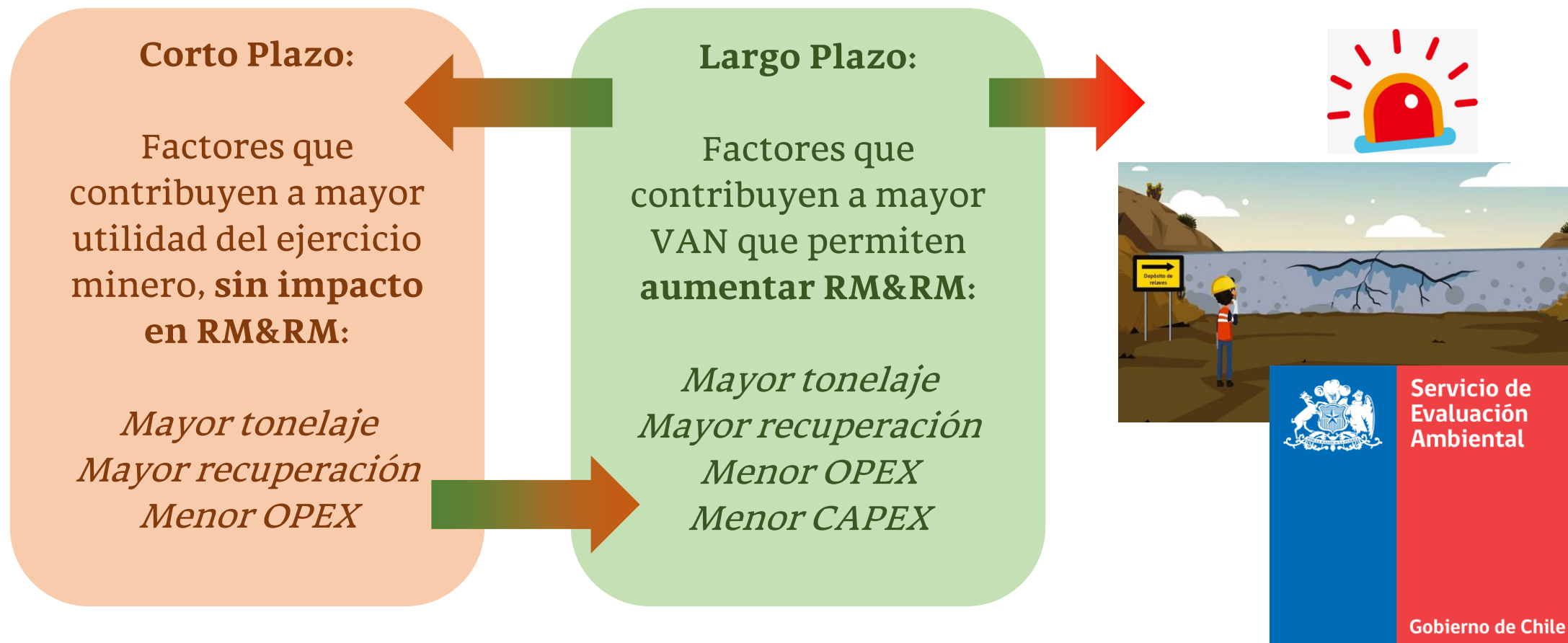
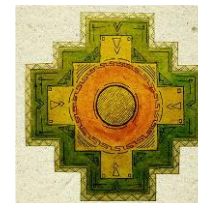
¿Cuanto cuesta?

¿Funciona de verdad?

¿Qué pasa si no hacemos esto?

¿Tengo un mejor destino para los recursos que se necesitan?

Corto Plazo vs. Largo plazo



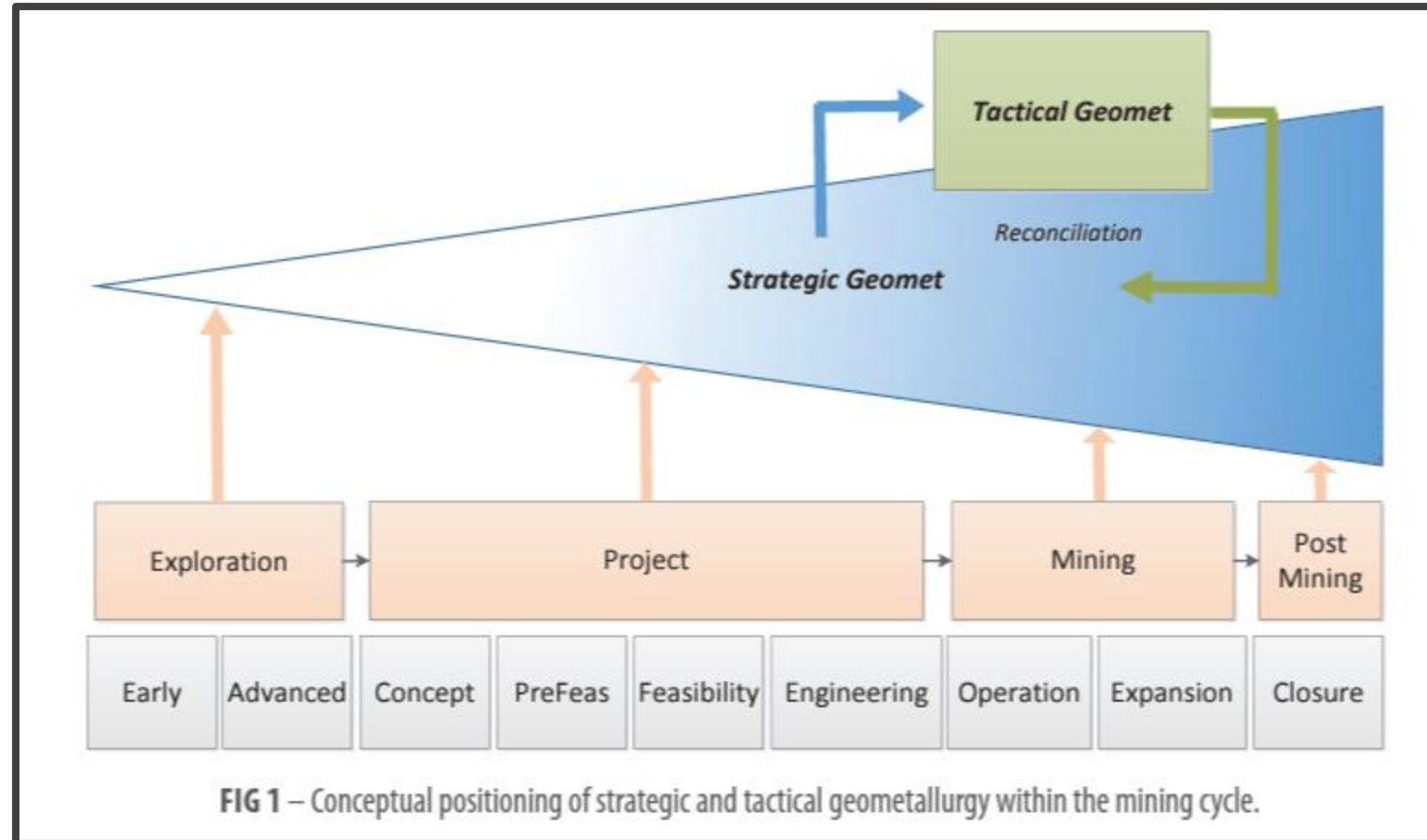


Otro ejemplo: planta de flotación



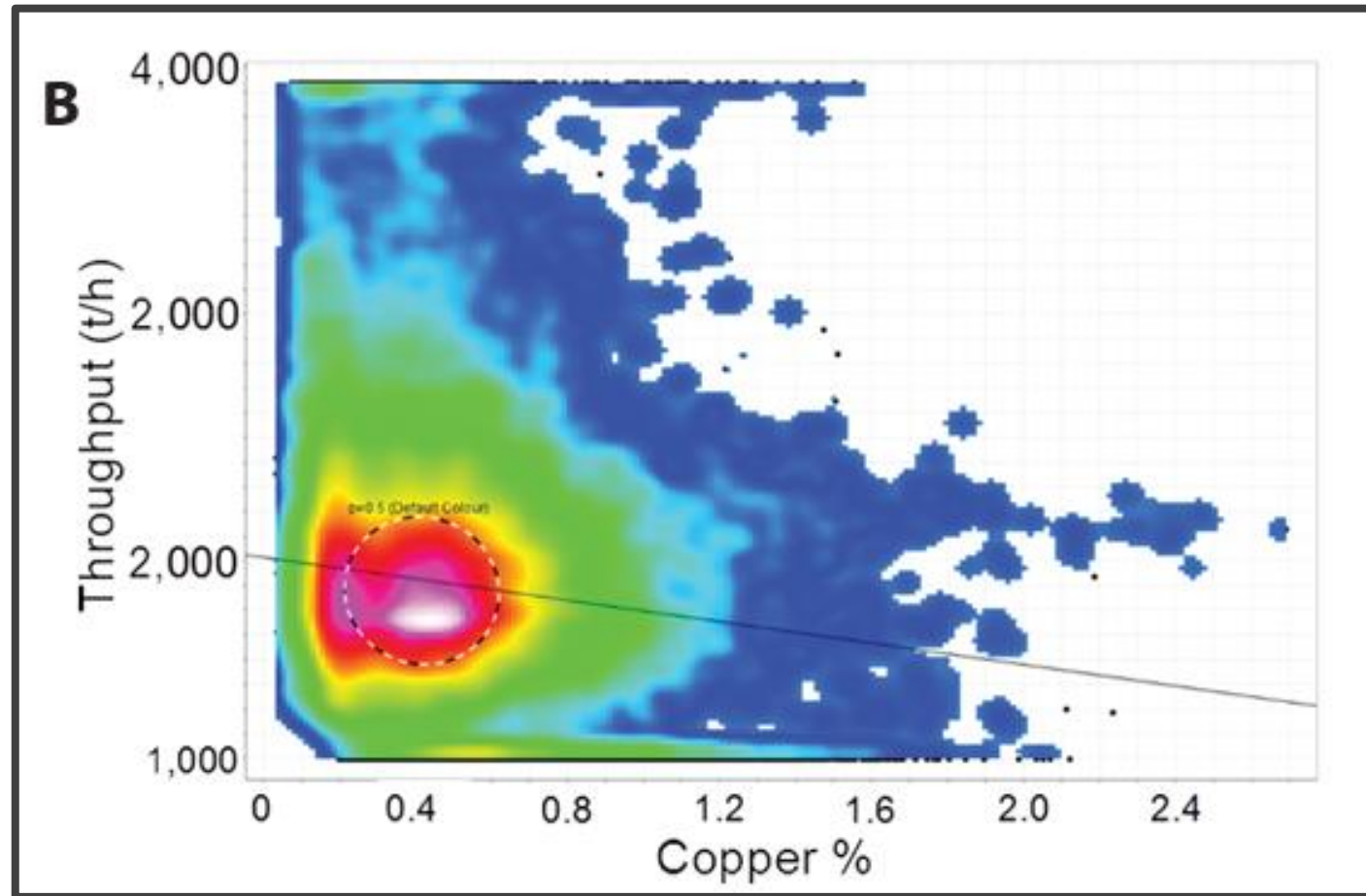
1. Se logra mayor recuperación de Cu al usar un reactivo novedoso. **¿Cual es el costo de lograrlo?**
2. Se produce mayor cantidad de Cu fino. **¿Cuanto mas?**
3. ¿El beneficio generado paga el costo asociado? **SI/NO**
4. ¿Aumento del valor por bloque permite procesar sectores de mas baja ley? **SI/NO** ¿El CEE (kWh/t) de los sectores de mas baja ley es igual, mayor o menor?
5. ¿Es significativo el volumen de los sectores nuevos que podrán ser procesados? **SI/NO**

Geometalúrgia Estratégica vs Tática



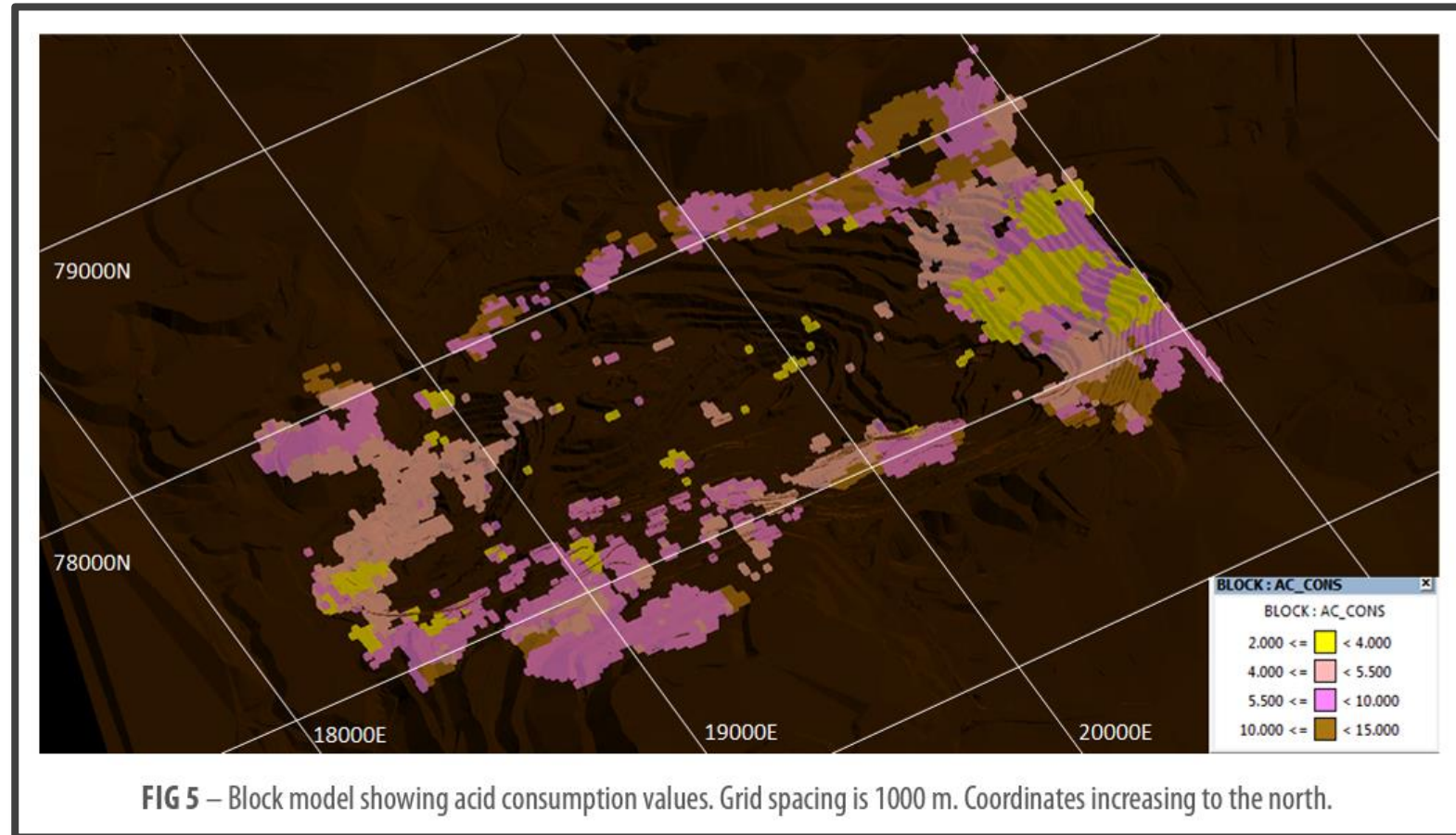
Fuente: Strategic and Tactical Geometallurgy at **Anglo American** – a Systematic Process to Add and Sustain Resource Value (McKay, Vann, Ware, Morley, Hodkiewicz)

Ej. TPH en función de ley de Cu(%)



Fuente: The Business Case for Early-stage Implementation of Geometallurgy – an Example from the **Productora** Cu-Mo-Au Deposit, Chile (King and Macdonald)

Ej. Consumo de acido en modelo de bloques



Fuente: Adding Copper Recovery and Acid Consumption Variables to the Geological Model of **Quebrada Blanca** (Chait and Schiller)



Sección 3

Que dice la norma NI43-101 sobre la variabilidad
geometalúrgica

Información CIM Canadá sobre NI43-101



WhatsApp x CIM - The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum x +

cim.org/#

Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum FR Log in JOIN

About Us Membership **Library** Events Communities Professional Development

CIM MAGAZINE
COMPASS MINERALS
Junior Financing
Market upswing: 2022 looks bright for juniors that can capture the attention of both new investors and traditional players

Technical Resources
Bookstore
Canadian Metallurgical Quarterly
CIM Academy
CIM Journal
CIM Technical Paper Library
Conference Proceedings
OneMine
Reproduction Permission Request

Industry Resources
Mining Industry Human Resources Council (MiHR)
Global Action on Tailings
Global Mining Guidelines Group
Canada Mining Innovation Council
Rare Earth Elements & Chromite

MRMR
STANDARDS, BEST PRACTICES & GUIDANCE FOR MINERAL RESOURCES AND MINERAL RESERVES

CIM Estimation of Mineral Resources & Mineral Reserves Best Practice Guidelines

Standards
Best Practices
Guidance
Valuation
CRIRSCO

https://www.cim.org/#

Escribe aquí para buscar.

25°C Soleado 18:26 02/04/2022

Norma NI 43-101 y Estándar MR&MR CIM



Chapter 5

Rules and Policies

5.1.1 NI 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects, Form 43-101F1 Technical Report and Related Consequential Amendments

NATIONAL INSTRUMENT 43-101
STANDARDS OF DISCLOSURE FOR MINERAL PROJECTS

CIM Definition Standards for Mineral Resources & Mineral Reserves

Prepared by the
CIM Standing Committee on Reserve Definitions

Adopted by CIM Council May 19, 2014

Mejores practicas CIM Estimación RM&RM



CIM Estimation of Mineral Resources & Mineral Reserves Best Practice Guidelines

Prepared by the
CIM Mineral Resource & Mineral Reserve Committee

Adopted by CIM Council November 29, 2019

5.3. Geological Interpretation and Modelling



Las características geometalúrgicas, el grado de alteración superficial, y otras alteraciones secundarias asociadas a la mineralización, **comúnmente tienen implicancias importantes** para todo el Proyecto (minero) **desde la recuperación en la perforación hasta las características metalúrgicas de las zonas mineralizadas**. Como consecuencia, los profesionales **deben desarrollar un entendimiento de cómo el tipo y la intensidad de la alteración u otras características físicas o químicas, impacta potencialmente a las demás disciplinas mineras.**

7.8 Mineral Processing



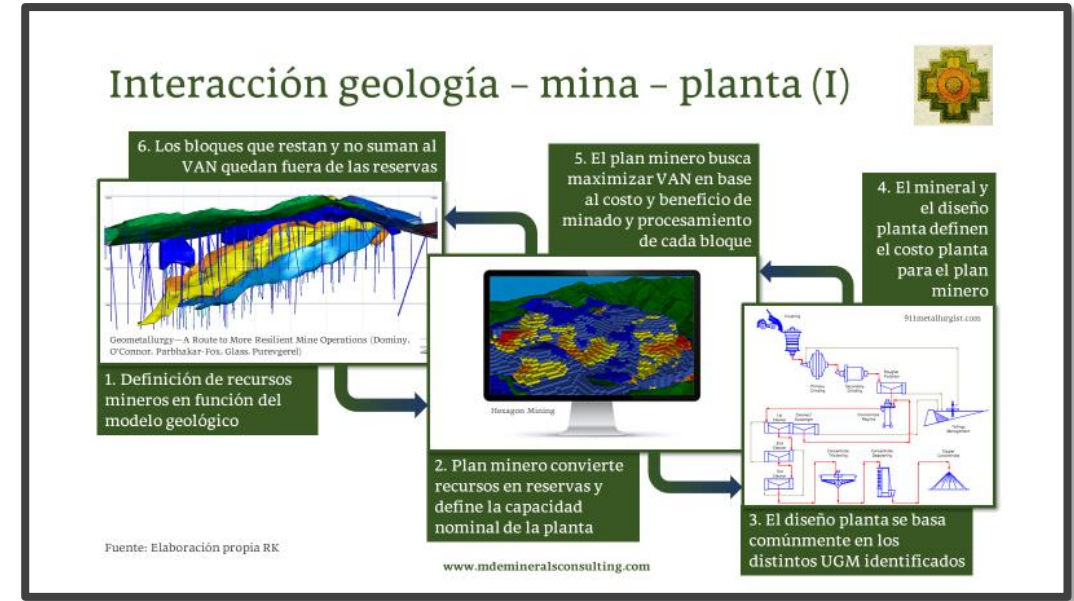
...proyectos en etapa de desarrollo **deben incluir trabajo experimental con muestra de mineral y muestras de estéril** para representar el material que razonablemente entrará a la planta de procesamiento. El objetivo del trabajo experimental es determinar la selección de proceso óptimo, **la naturaleza de variabilidad dentro del depósito**, la recuperación de metales o minerales... la dureza..., y los consumos requeridos de reactivos..., el manejo o el tratamiento de elementos nocivos... Una vez que se ha desarrollado un diagrama de flujo adecuado, **es importante determinar la respuesta de las muestras de variabilidad cubriendo un rango de leyes de alimentación... dominios del deposito, tipos litológicos, grado de alteración...**



Sección 4

La relación entre la variabilidad geometalúrgica y la
determinación de reservas

Variabilidad Geometalúrgica y Reservas Mineras



Mayor recuperación de cobre; mayor recuperación de elementos valiosos (Au, Ag)

Mayor tonelaje y menor parada planta; mejor control sobre elementos nocivos;

Mayor beneficio (B↑)

...o menor costo (C↓)

Mayor valor por bloque (V↑)

Permite explotar bloques de mas baja ley de cobre

Aumentan los recursos que se convierten en reservas

Unas palabras finales



1. La clasificación Reservas Mineras es una **definición económica**
2. Para que la geometalurgia impacte las reservas mineras, debe haber un **impacto económico demostrable**
3. En el **corto plazo**, la geometalurgia tiene potencial de **mejorar el resultado financiero** de la operación minera, pero no la determinación de las Reservas Mineras
4. **En el mediano y largo plazo, una mayor comprensión de la variabilidad geometalúrgica sí puede aumentar las Reservas Mineras**
5. El aporte y el valor intrínseco de la geometalurgia, junto con un eventual aumento en las Reservas Mineras, esta en la **mejor confiabilidad** del diseño planta y una **reducción de incertidumbre** asociado al plan de producción.

Agradecimientos



- Comisión Calificadora de Competencias en Recursos y Reservas Mineras, y en especial los participantes en el taller
- Varios de mis colegas y amigos por su apoyo técnico, en especial:
 - Steve Williams y Nicki McKay, de Blue Coast Canada; Alex Doll, Alex G. Doll Consulting; Peter Amelunxen, AMINPRO

- 2007 CMP Ore Characterisation of the Aqqaluk Deposit at...
- 2011 CIM Best Practice Guidelines for Mineral Processing
- 2011 NI_43 101 Standards for Disclosure of Mineral Proje...
- 2014 CIM Definition Standards for Mineral Resources and...
- 2016 Adding Cu Recovery and Acid Consumption to the ...
- 2016 Business Case for Early Stage Implementation of Ge...
- 2016 Embedding Geometallurgy into Mine Planning Pract...
- 2016 Strategic and Tactical Geomet at Anglo American
- 2018 Geometallurgy—A Route to More Resilient Mine Op...
- 2019 CIM Estimation of Mineral Resources and Mineral R...
- 2019 Re-thinking complex orebodies_ Consequences for t...
- 2021 The mechanisms of decision-making when applying...