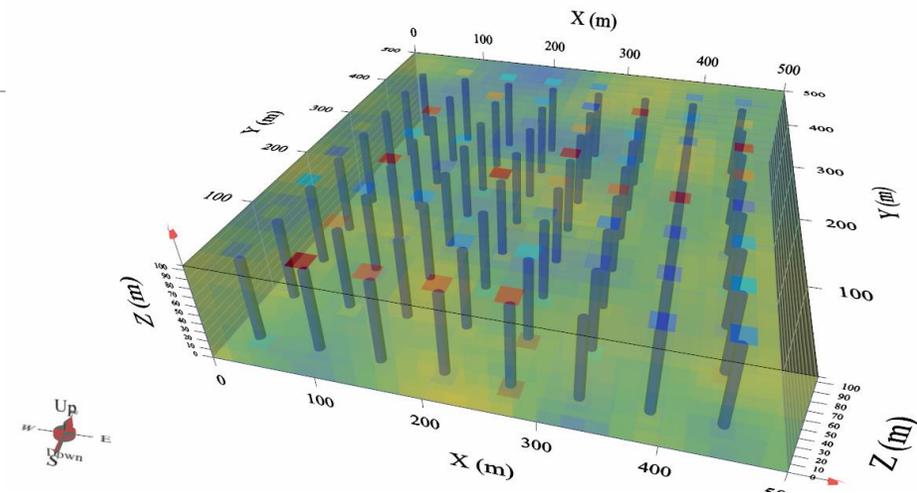


# Estrategia Muestreo Representativo en Geometalurgia

---

FACTORES MODIFICANTES



# Relación general entre resultados de exploración, recursos minerales y reservas mineras

JORC Code, 2012 Edition

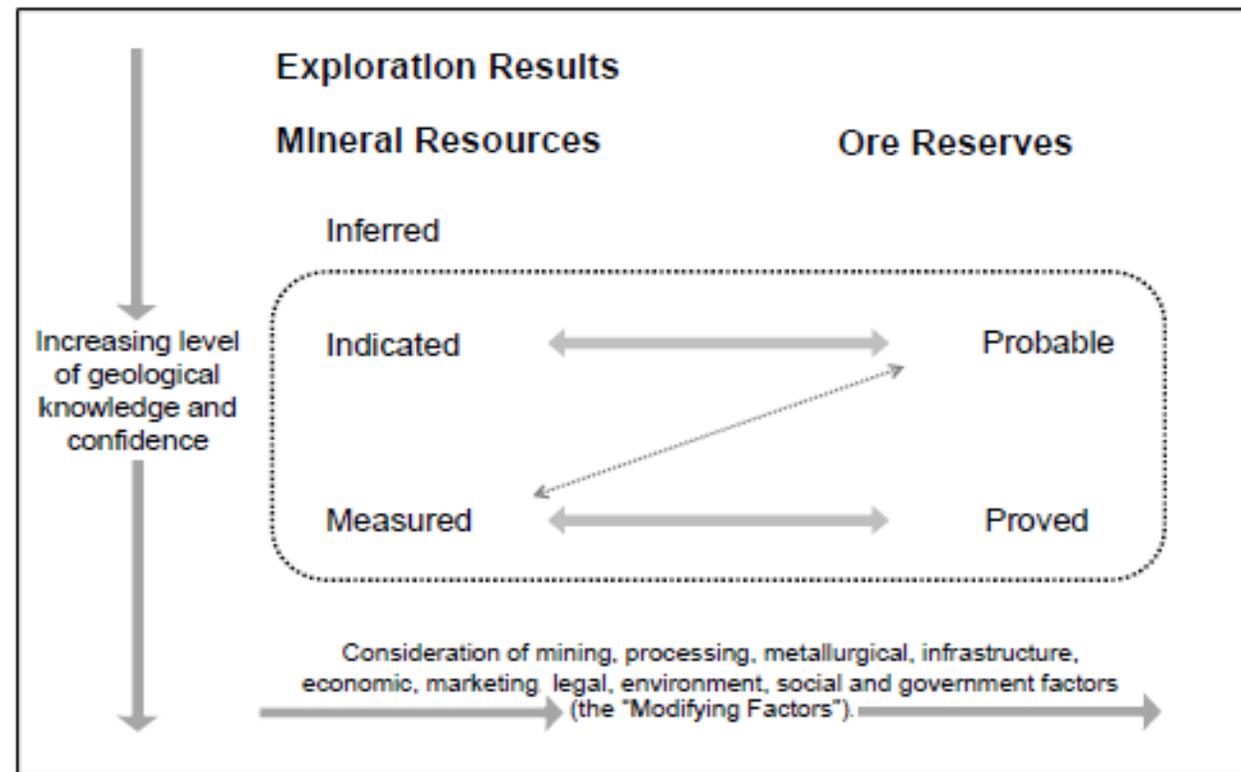


Figure 1 General relationship between Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves.

# Factores Modificantes

---

- Los **Factores Modificantes** son consideraciones usadas para convertir Recursos Minerales a Reservas
- Estos incluyen, pero no se restringen sólo a ellos, factores de **minería, proceso, metalurgia, infraestructura, economía, marketing, legales, ambientales, sociales y gubernamentales**

# Contexto: la Geometalurgia tiene un impacto en el valor económico

- Definición (simple) de la función de Beneficio:

$$B = I - C$$

I : Ingresos; C: Costos

$$I = \text{Ley Cu} * \text{Recuperación Metalúrgica} * \text{Precio} * \text{factor conversión}$$

$$C = \text{costo mina} + \text{costo proceso}$$

# Importancia de la Geometalurgia

---

- La predicción de los parámetros metalúrgico es de primera importancia en las estimaciones del valor del negocio minero,
  - Por ejemplo:
  - La estimación de la **recuperación metalúrgica** impacta directamente en la estimación del **Ingreso**
  - La estimación del **tph** impacta directamente en el **costo del proceso**
  - **Por lo tanto, la estimación de estos parámetros es de primera relevancia para la valorización**

# Podemos estimar los parámetros con pocas o muchas muestras, es cuestión de riesgo...

- ¿Cómo estimamos estos parámetros metalúrgicos?
  - **Opción 1:**
    - Podríamos estimar estos parámetros basándonos en experimentación metalúrgica sobre algunas pocas pruebas en “muestras tipo”, (más bien son especímenes\*)
    - Solicitar una “opinión experta”
      - Esta opción apunta siempre a un promedio pero no se hace cargo de la variabilidad ni el riesgo asociado
  - **Opción 2:**
    - Construir un modelo que represente lo mejor posible la variabilidad o medias locales, lo cual sólo se puede hacer con muestras representativas y en número suficiente para cubrir el riesgo asociado
      - (\*) Se representan así mismas, no necesariamente a un espacio muestral

# Modelo con muestras representativas y suficientes → bajo riesgo en la predicciones

- El modelo geometalúrgico *in situ* corresponde a la predicción de la respuesta metalúrgica de los minerales y elementos de interés económico de un yacimiento, determinando la relación entre atributos geológicos con respuestas metalúrgicas en condiciones estándares de laboratorio.
- El producto final del modelo geometalúrgico *in situ* es el desarrollo de un modelo de bloques, poblado con los parámetros metalúrgicos de interés en base a la información generada a partir de pruebas metalúrgicas estándares en condiciones de laboratorio.
  - (Guía Geometalúrgica de Codelco Chile)

# Muestreo Representativo

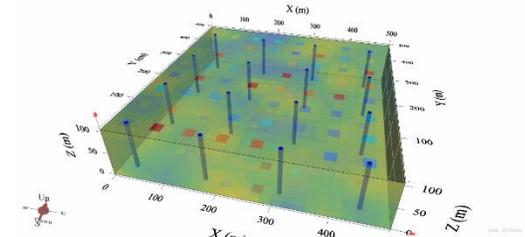
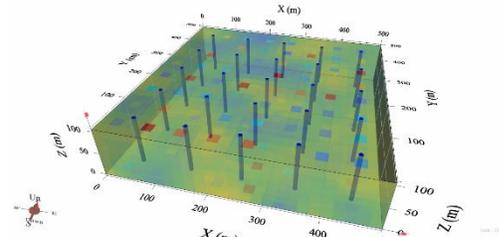
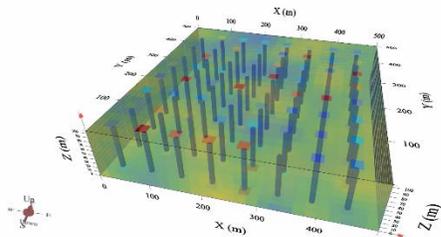
---

# Selección – obtención, de muestras representativas: Factor clave para un modelo

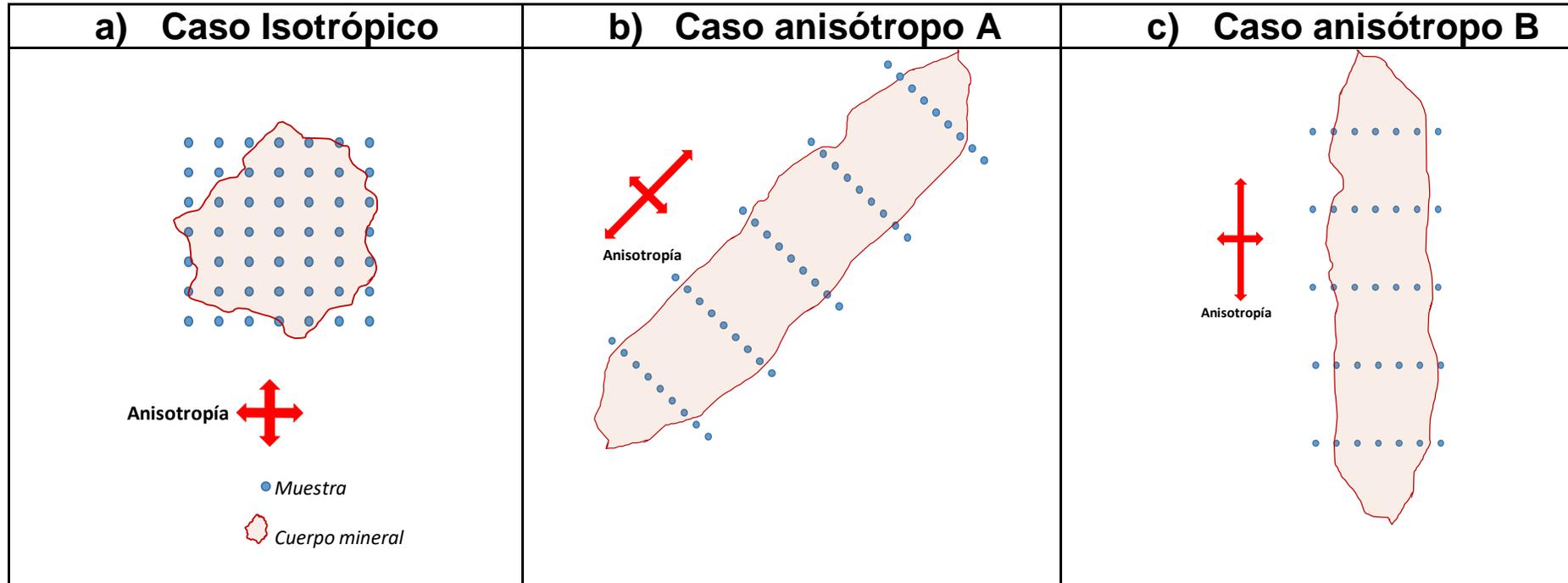
- El modelo geometalúrgico *in situ* se debe sustentarse en pruebas metalúrgicas obtenidas de un muestreo representativo de cada UGM.
- Las muestras se obtienen con la intención de inferir propiedades de la totalidad de la población.
- Se entiende que cada UGM representa a una población
- Las propiedades que se requieren inferir de las UGM son: valor medio esperado de la respuesta metalúrgica, grado de dispersión estadístico (varianza), variabilidad espacial, cuartiles y coeficiente de variación.
- Debe escogerse una técnica de muestreo que permita una selección de carácter aleatorio
- Contrariamente se obtendrá una muestra sesgada cuyo interés y utilidad es más limitado

# Debemos garantizar un muestreo equiprobable

- Para garantizar un muestreo aleatorio (no sesgado) se deben localizar muestras en el espacio de forma sistemática
- De este modo, todos los puntos dentro del espacio de la unidad tendrán igual probabilidad de ser muestreados (muestreo equiprobable)
- Por esto se recomienda, localizar las muestras a distancias relativamente constantes (concepto de mallas regulares) como una forma de que la equidistancia garantice un muestreo equiprobable, es decir, aleatorio



# El muestreo equiprobable no implica necesariamente una malla regular simétrica



# 7 consideraciones para un muestreo equiprobable

---

- a) **Espacio o volumen de interés que se va a caracterizar**
- b) Proporción de UGM's dentro de este volumen
- c) **Número de muestras o densidad de muestreo**
- d) **Verificación espacial de la ubicación de las muestras**
- e) Tipo de muestra y restricciones
- f) Largo o soporte de muestreo
- g) Distribución espacial equidistante de las muestras

# El espacio muestral = volumen de interés económico

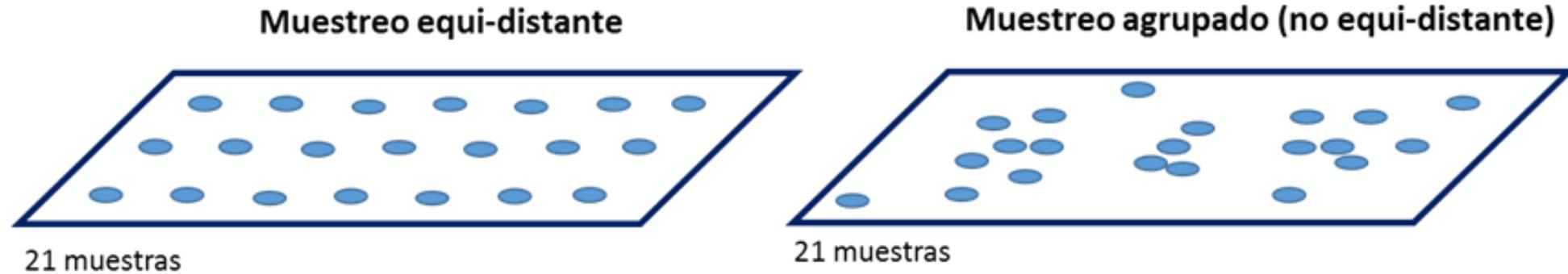
---

- Se debe determinar cuál es el espacio o volumen del yacimiento que se desea caracterizar, esto se refiere específicamente a la parte o fracción del recurso mineral que será transformado a reservas mineras.
  - Exploración avanzada      Envolvente Económica
  - Perfil      LOM
  - Prefactibilidad      Periodos Anuales & LOM
  - Factibilidad      Periodos Anuales & Quinquenal
  - Operación      Quinquenal & Año

# N° muestras depende de la etapa del estudio o de la precisión que se requiere

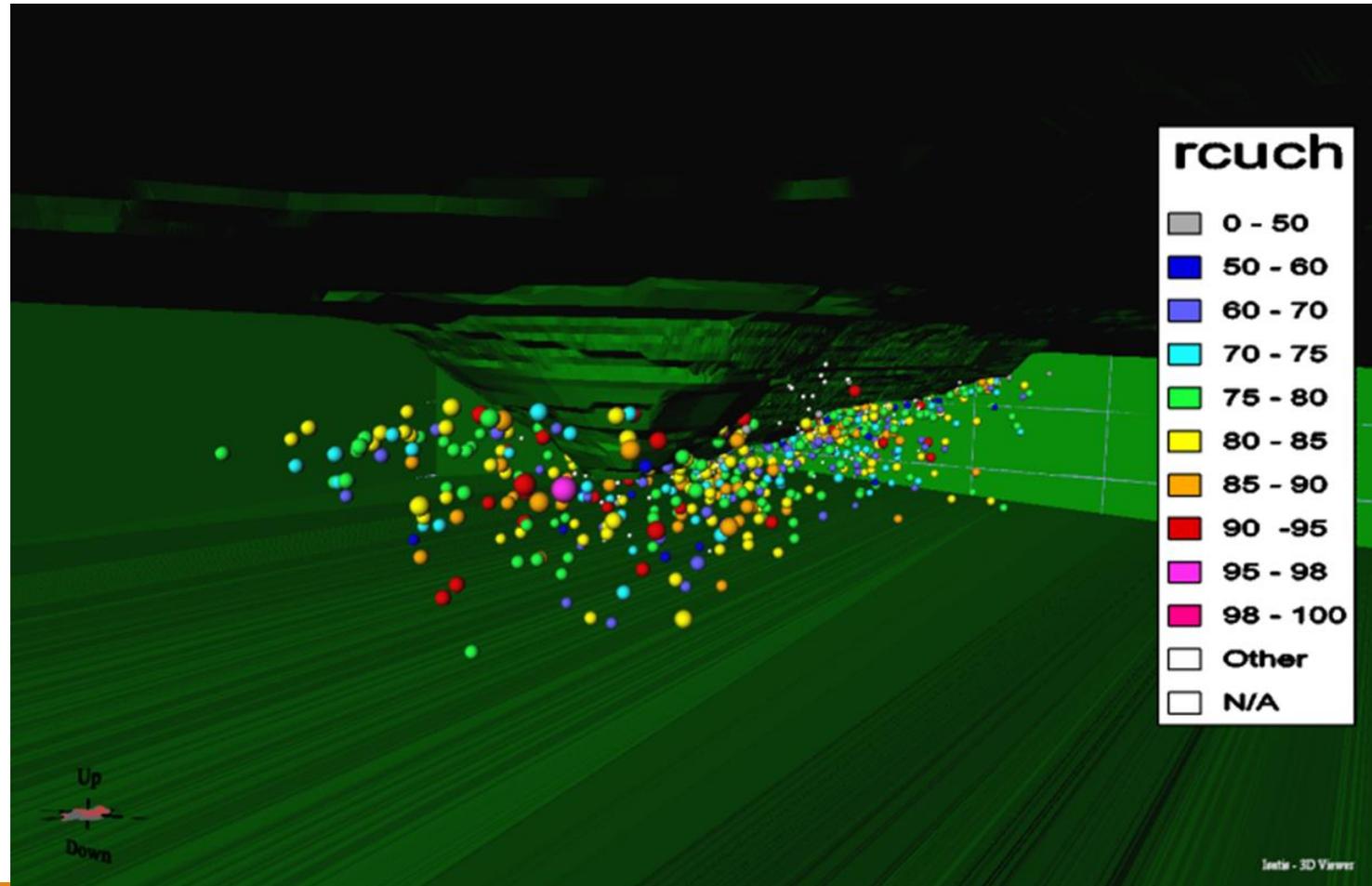
- El número de muestras, depende de la etapa del proyecto.
  - En exploración avanzada se requiere menor densidad de muestreo por UG, y en etapas avanzadas (prefactibilidad y factibilidad), de una densidad mayor.
  - Para operaciones se deberá considerar muestras adicionales que abarquen horizontes de producción anuales, bianuales o quinquenales del plan de producción.
- El espaciamiento máximo entre muestras no debe superar una distancia crítica
  - Ya que más allá de esta distancia las muestras no se relacionan entre sí
  - Esto puede ser definido a través de un variograma experimental, siendo esta distancia igual al alcance del variograma
- Por ello, se debe determinar un espaciamiento máximo en función del variograma experimental, para cada variable metalúrgica

# Relación N°muestras por tonelaje no garantiza representividad



- Relación N°muestras/tonelaje es válida si y solo si, la malla es regular y las muestras no se separan más allá la distancia crítica
- *Ambas figuras muestran igual número de muestras por área, pero sólo la primera configuración representa un muestreo representativo*

# Verificación de distribución espacial es visual



# Tipo de muestras

---

- Las muestras para pruebas metalúrgicas deberán ser originadas a partir de:
  - **Testigos de sondaje diamantino (DDH)**
  - Rechazos gruesos (bajo 6# o 10# Ty) del proceso de preparación mecánica
  - Sondajes tipo aire reverso (AR), en algunos casos

# Criterios para la selección de las muestras

---

- Las muestras deben corresponder a **un solo tramo continuo** (“muestras unitarias”).
- Los tramos de sondaje **deben tener un largo mínimo**, tal que no sean representadas características geológicas puntuales
- **Tener un largo máximo**, con tal de no ocultar la variabilidad que quiere ser representada.
- El soporte de las muestras debe ser uniforme en el tiempo
- Solo deben usarse muestras provenientes de testigos correctamente identificados y regularizados
- Las muestras deberán ser seleccionadas dentro del volumen considerado por un plan minero
- **Se deben representar los dominios geológicos**

# Criterios para la selección de las muestras

- **Restricción de uso de sondajes antiguos:** no deben considerarse sondajes que representen sectores ya explotados
- **Restricción de uso de testigos alterados:** no se deben seleccionar testigos que hayan sufrido evidentes cambios químicos y/o mineralógicos posterior a la perforación
- **Restricción zonas estériles o de baja ley:** no deben provenir de zonas del depósito mineral que no se procesarán metalúrgicamente. Se exceptúan las zonas estériles de dilución
- **Restricción por baja recuperación de testigo**
- **Restricción por perturbación:** no deben utilizarse muestras provenientes de testigos de sondaje perturbados (mal cortado, contaminado o mal manipulado, o en donde no sea confiable el orden que presentan los tramos de testigo, o donde ya se haya extraído una muestra previamente, por ejemplo, para determinación de densidad.

---

# FIN PRESENTACION

*Gracias !!*