



Mejores Prácticas en Exploración y Estimación de Recursos y Reservas Minerales

Elección de la Vecindad de Estimación

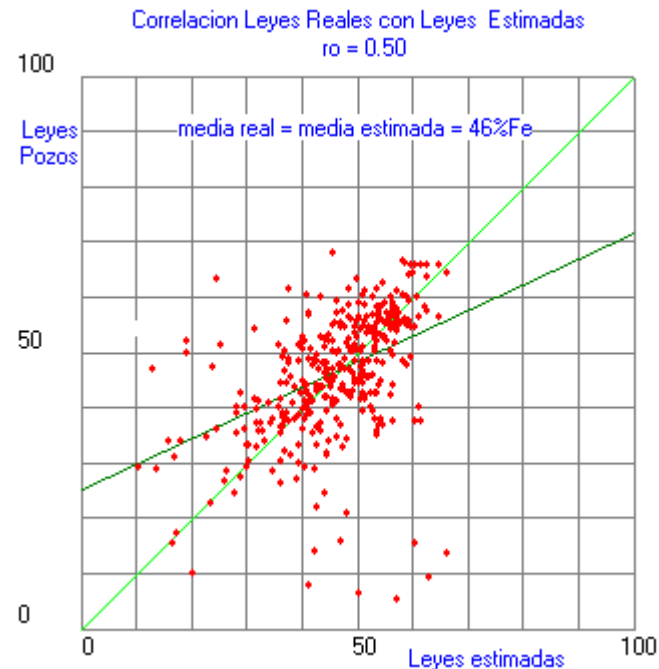
Por

Marco Alfaro

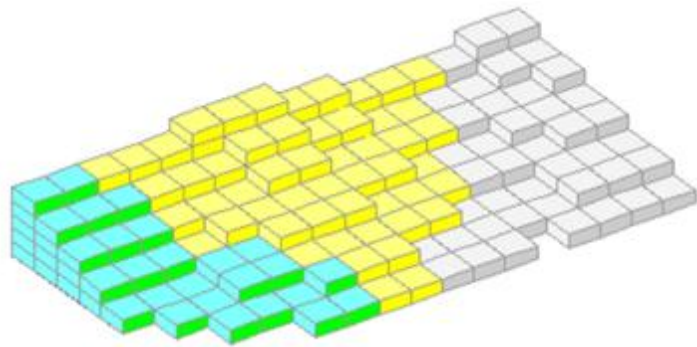
Elección de la vecindad de estimación en el kriging

Objetivo de un buen estimador para la planificación minera:

- Minimizar el error cuadrático medio
- Minimizar el sesgo condicional



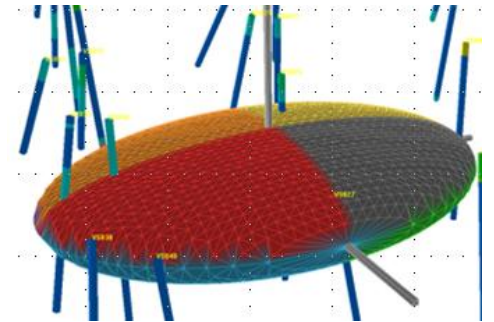
Modelo de bloques y Vecindad



Modelo de bloques 3D con 3 Unidades geológicas



Vecindad de estimación:
Puede ser isótropa o
anisótropa



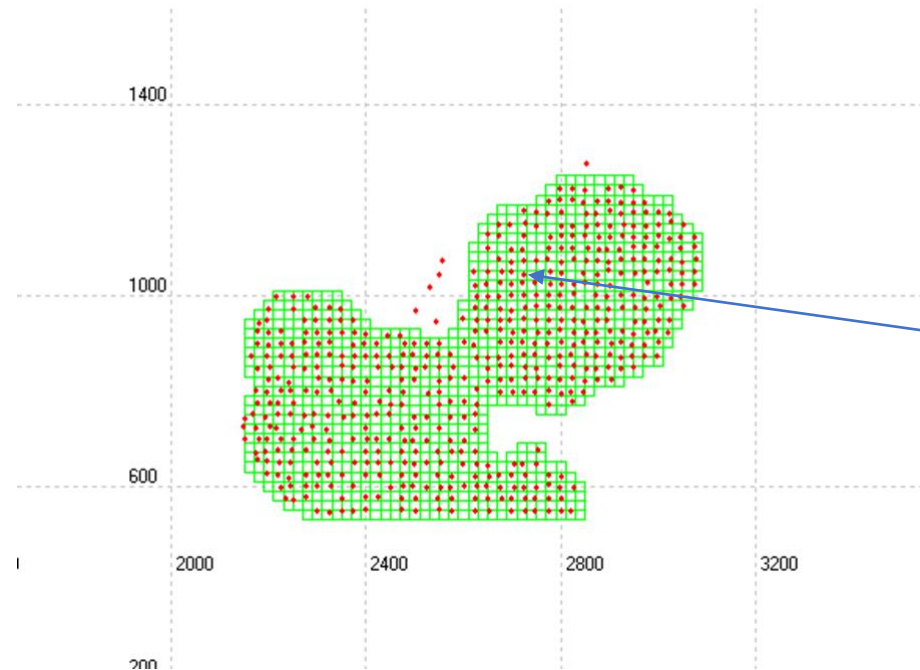
El método de interpolación es el kriging ordinario, definido por G. Matheron

El kriging consiste en encontrar la mejor estimación lineal posible de la ley de un panel, considerando la información disponible. Es decir, las muestras internas y externas.

Kriging = Pitágoras



G. Matheron, por M. Alfaro

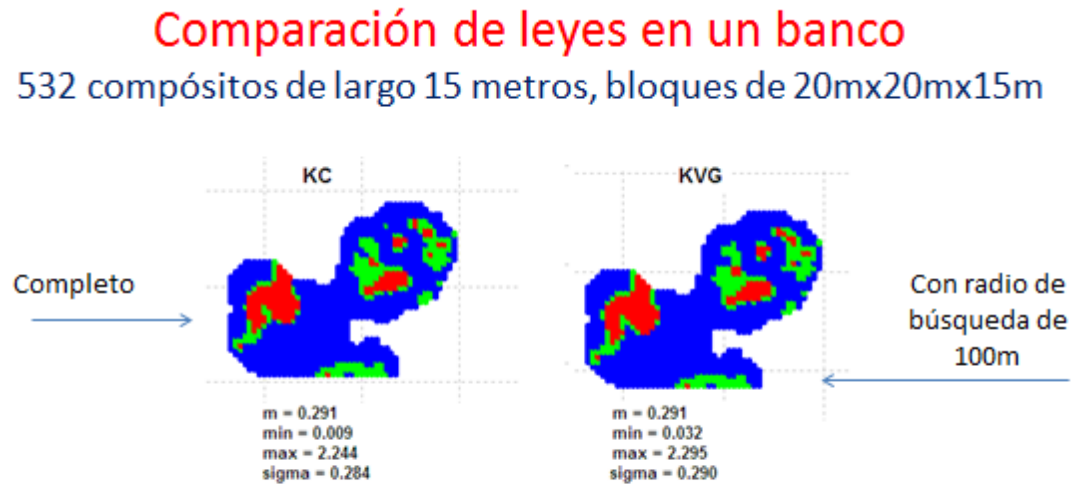


Kriging Completo
Lomas Bayas

Debido a restricciones de cálculo el krigeado se restringe a una vecindad del bloque a estimar

¿Cuál es la mejor vecindad?

Evidentemente debería ser la vecindad infinita: para estimar la ley de un bloque se utilizan todas las leyes disponibles.



El “cuco” de la dilución no existe

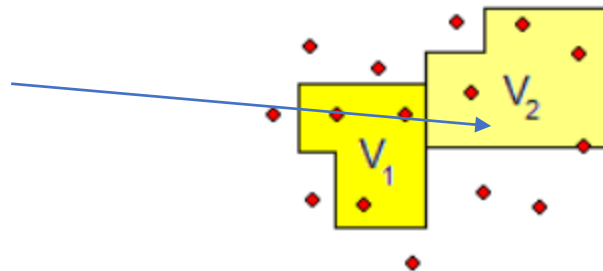
Ambos son casi iguales

¿Qué pasa si usamos?

- Máximo de datos en la vecindad
- Máximo de datos por sondaje
- Máximo de datos por octante
- Elipsoides de búsqueda con orientación variable
- “Corridas” o “Runs”

Todos producen sesgo condicional, el cual, puede ser importante

En general V1 y V2 son paralelepípedos



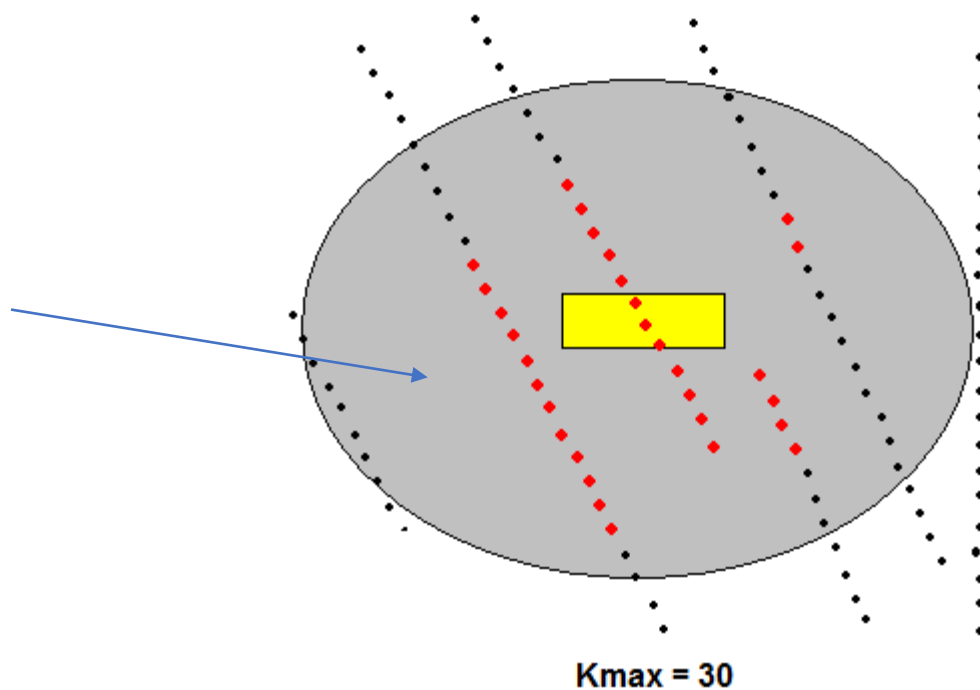
La “composición” de krigeados no es válida.

Entonces la curva tonelaje-ley no necesariamente es válida

Máximo de muestras en la vecindad

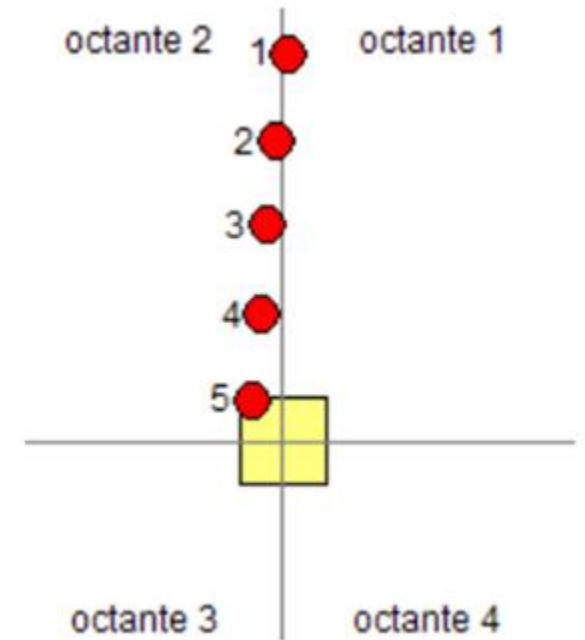
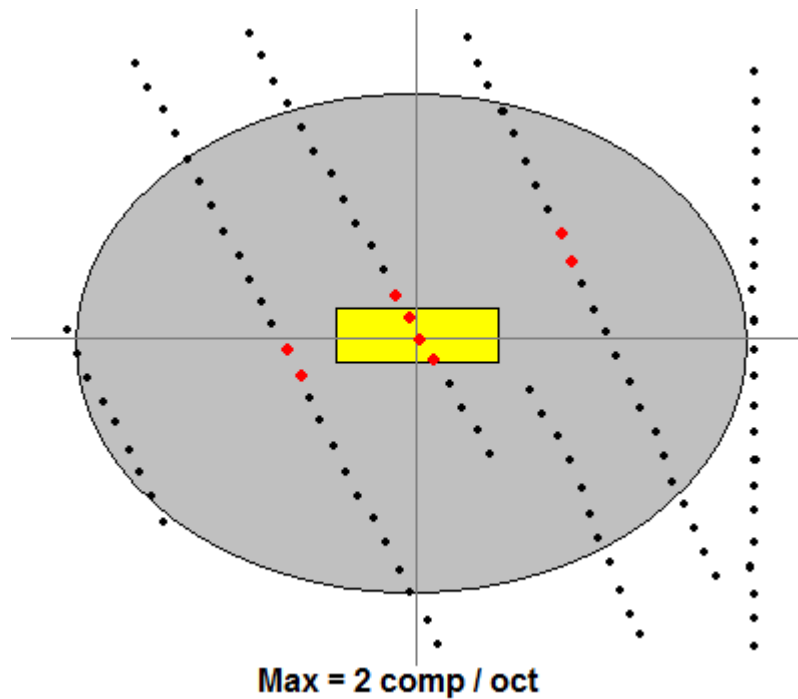
En todos los proyectos que he auditado KMAX es del orden de 20 (o inferior)

¡Este es un ejemplo
2D!



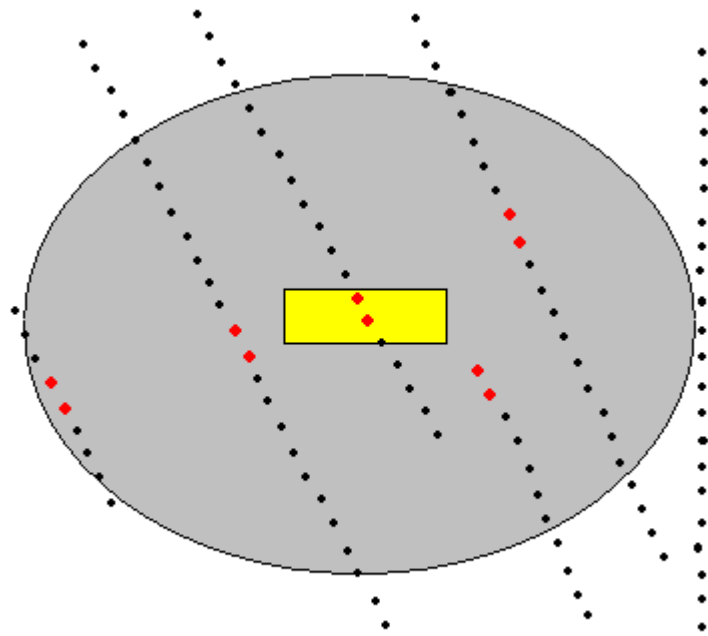
Solo se usan los KMAX compósitos cercanos al centro del bloque

Máximo de compósitos por octante

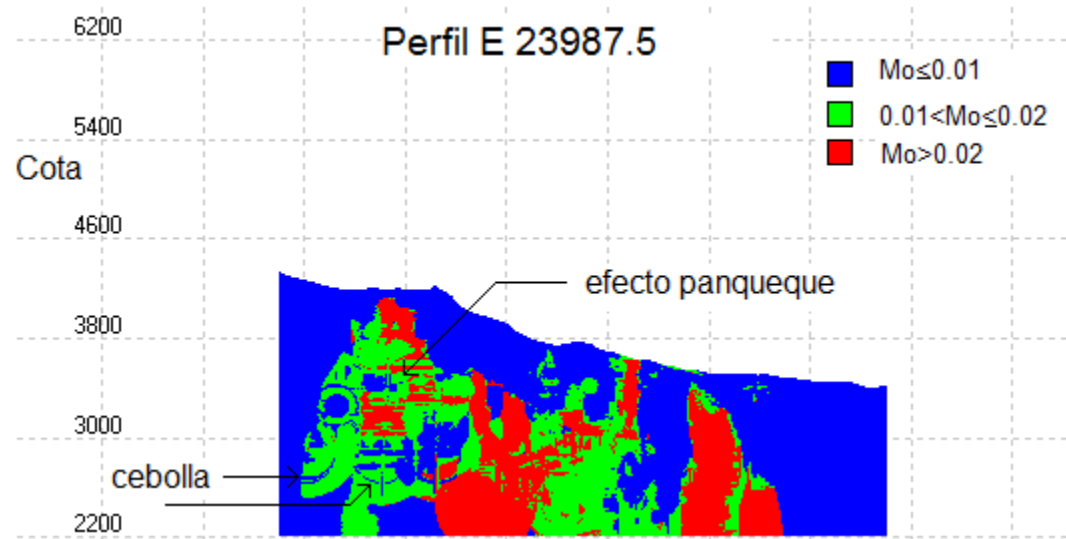


Solo se usan los datos 1, 4 y 5
¿Qué pasa con el 2 y el 3?

Máximo de compósitos por sondaje



Max = 2 comp / sond



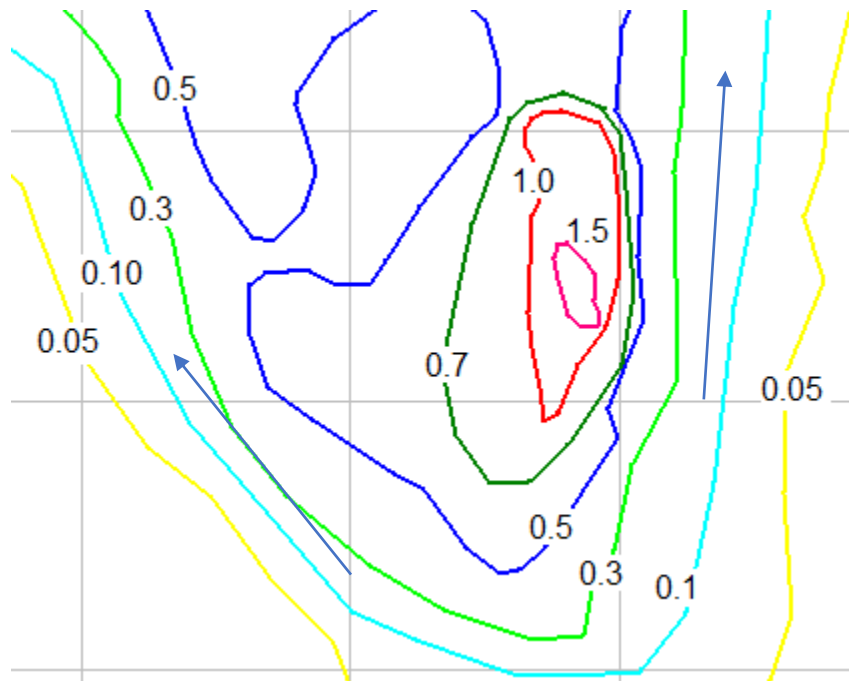
Una cita de Pierre Gy

En los problemas de estimación de recursos y de muestreo minero, la intuición es mala consejera

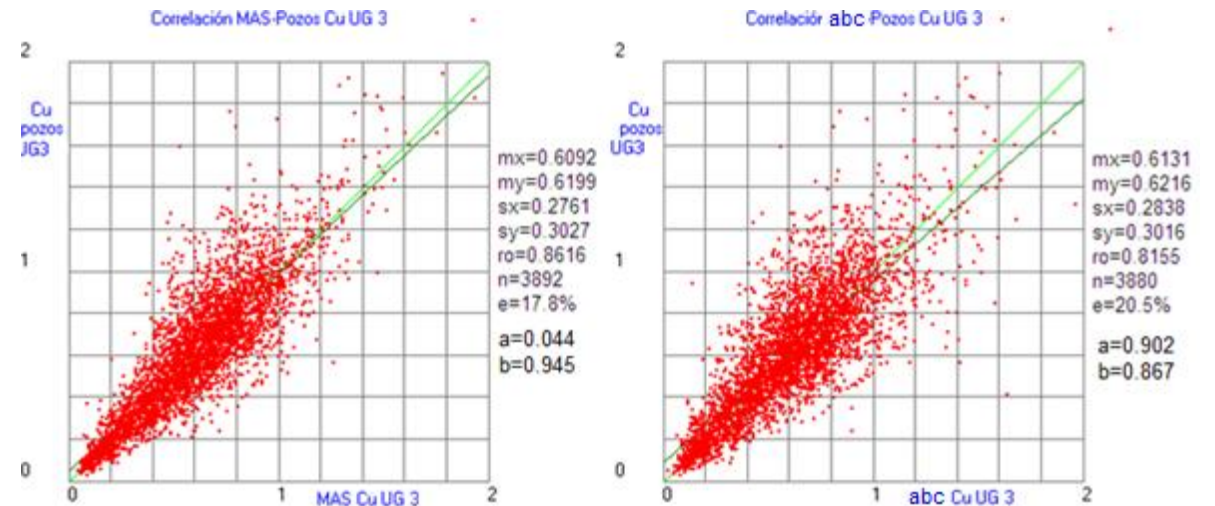


Pierre Gy (1924-2015)

Elipsoide de búsqueda con orientación variable. Ejemplo mina "abc"



Isoleyes de CuT en una planta de un open pit (abc)



¿Porqué es mejor el modelo MAS (KC)?

El modelo MAS es mejor y lo hice en media hora mientras que el abc demora 2 meses.

Sin embargo son cercanos pero ¿si comparamos As y Mo?

El problema es que las isoleyas son ESTIMADAS

En Estadística clásica se demuestra que si uno hace lo siguiente:

Se **estima** una cantidad y luego se **estima** otra cantidad que depende de la primera, se tiene un sesgo seguro

A esto yo lo llamo el **doble manejo**

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2$$

SESGADO

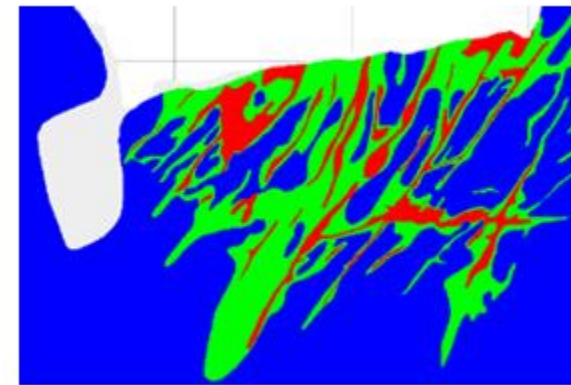
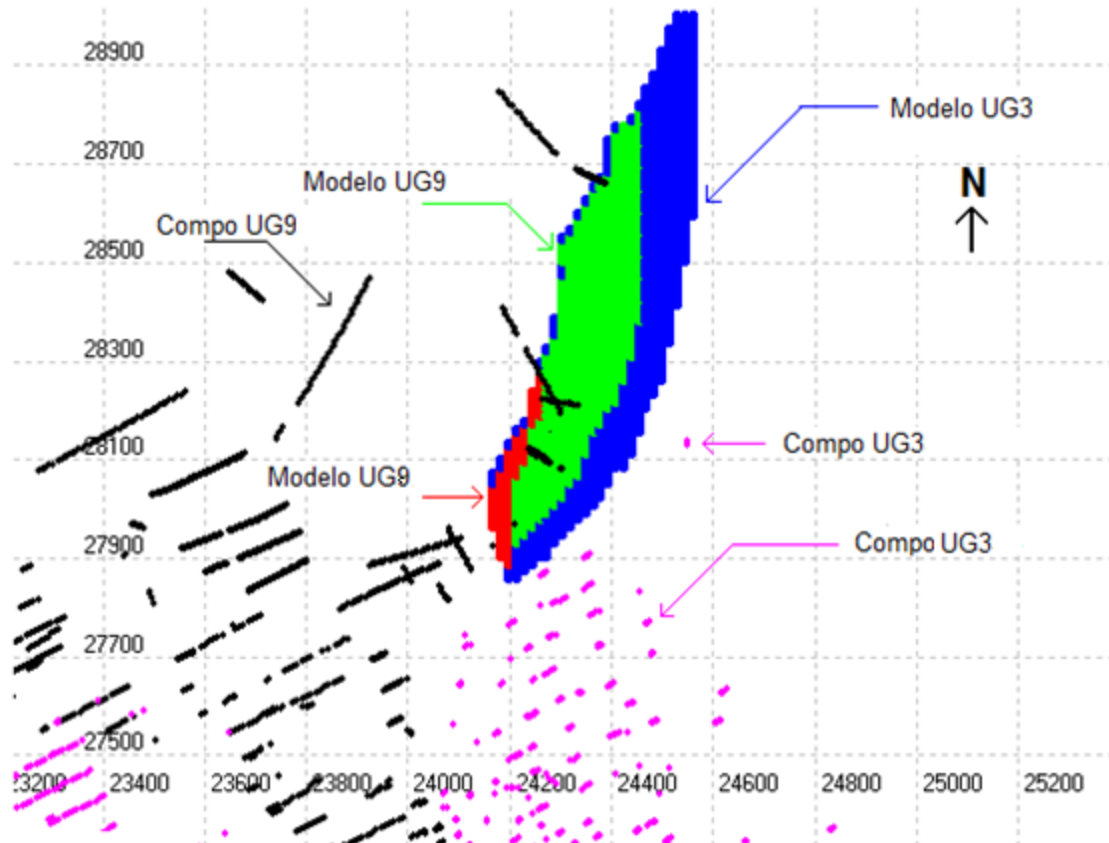
$$\sigma_2^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2$$

INSESGADO

ESTIMADO

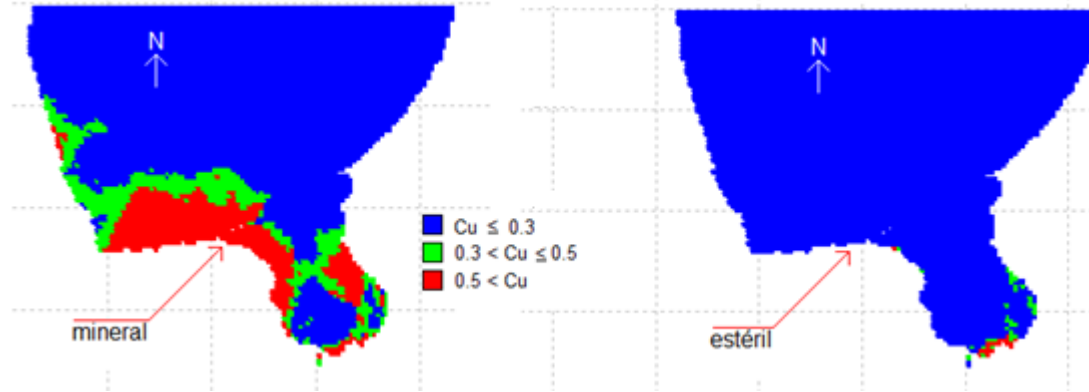
En este caso, en la formula, primero se estima la media por \bar{x} y luego se estima sigma al cuadrado. Lo mismo ocurre con el correlograma, muy utilizado en geoestadística.

Las fronteras duras producen sesgos



Modelo Molibdeno Sección vertical (3 rangos de leyes)

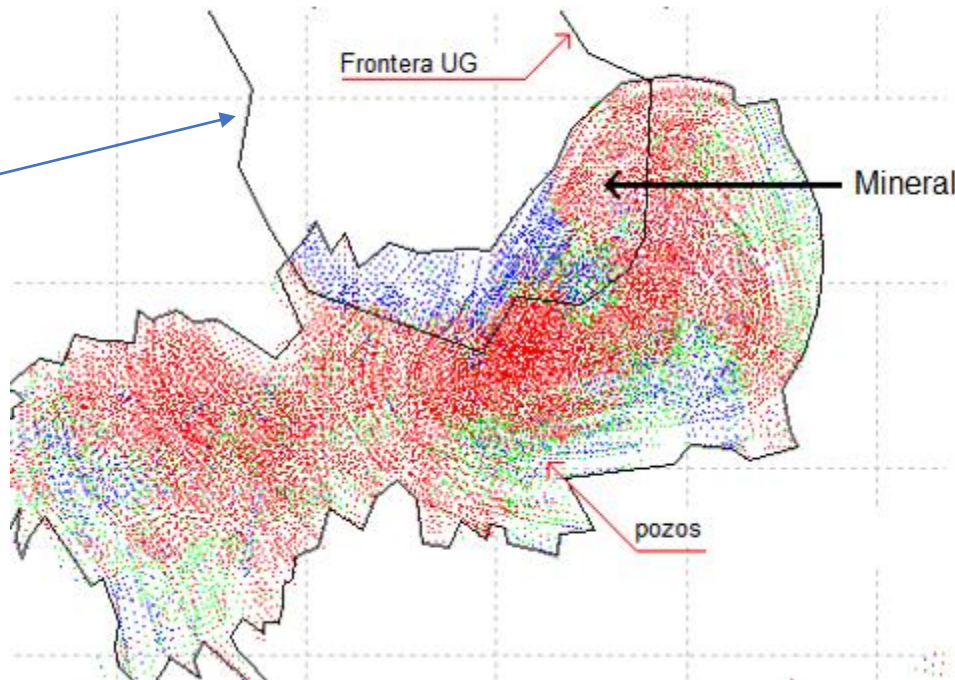
CuT



MAS

abc

ZOOM



seguimiento de la explotación del banco

Las corridas o pasadas o runs

Consisten en definir, por lo general 3 corridas.

En cada corrida se define un número mínimo, un número máximo de compósitos y un radio de búsqueda.

El primer radio de búsqueda define el bloque como medido (R del orden $1.5 \times \text{lado del bloque}$), el segundo define el bloque como indicado (R entre $1.5 \times \text{lado}$ y $3 \times \text{lado}$), el tercer radio define el bloque como inferido (R entre $3 \times \text{lado}$ y un valor grande).

El primer radio siempre es pequeño, lo cual sobre-estima las leyes altas y sub-estima las leyes bajas (principio de la geoestadística).

Se producen también discontinuidades de leyes entre Pass1 y Pass2 y Pass3, contrario a la geología.

Para comprobar que el método no funciona bien hacer en vuestra mina el ejercicio siguiente:

Hacer un modelo $a \times b \times c$ con pasadas y luego re-bloquear a $(2a) \times (2b) \times c$ comparar el modelo re-bloqueado con el modelo $(2a) \times (2b) \times c$

Si es un open pit comprobar que en la parte explotada los bloques medidos tienen un fuerte efecto proporcional.

Conclusiones

Debido al arsenal de información que producen nuestras minas, Chile debería estar a la vanguardia en el desarrollo de métodos, modelos y software para la estimación de recursos y reservas.

Todos los cálculos aquí mostrados se hicieron con α , software creado por el autor

