

4 Determinación del factor de ponderación y ley

La determinación de las leyes se tratara solamente si el cálculo involucra la ponderación simple, por ejemplo, intervalos de ensayos en barrenos o con volúmenes de bloques de reserva.

Hoy en día, los métodos estadísticos y geoestadísticos están disponibles para determinar la ley de los depósitos o bloques de minado. Una herramienta importante es consultar libros de texto de geoestadística.

4.1 Ponderación en el cálculo de reservas.

Uno de los cálculos más frecuentes que los geólogos o mineros tienen que hacer es la ponderación, por ejemplo, para los cálculos de las leyes promedio de un barreno con intervalos de ensayos de diferentes longitudes o de la ley promedio de un depósito de las leyes combinadas de diferentes bloques no iguales.

Si G_1 hasta G_n son los valores con los cuales se determina la media ponderada, y de a_1 hasta a_n son los factores de ponderación, entonces la media ponderada es G_w :

$$\overline{G}_w = \frac{G_1 a_1 + \dots + G_n a_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} = \frac{\sum_{i=1}^n G_i a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (1)$$

Ejemplo. Se presentan los siguientes resultados analíticos de intervalos consecutivos pero diferentes (Tabla IV). ¿Cuál es la media ponderada?

La media ponderada es:

$$\overline{G}_w = \frac{2.1 \cdot 1 + 8.4 \cdot 1.5 + 12.0 \cdot 0.75 + 10.2 \cdot 1.25}{1.00 + 1.50 + 0.75 + 1.25}$$

$$\overline{G}_w = \frac{36.45}{4.50} = 8.10\% Pb$$

Deben tenerse consideraciones cuidadosas para la elección de los factores de ponderación correctos. La ponderación en el ejemplo anterior asume que las densidades son constantes (o la diferencia de densidades es insignificante). Si esta suposición no es justificada, como es común para depósitos en vetas en los cuales los sulfuros masivos y mineral diseminado se encuentran juntos, entonces la densidad debe tomarse en cuenta para la ponderación.

Tabla IV.

Resultados analíticos (% Pb)	Intervalos de muestra (m)
2.1	1.00
8.4	1.50
12.0	0.75
10.2	1.25

Ejemplo. Calcular la media ponderada para las siguientes intersecciones de barrenos en un depósito de Barita (Tabla V).

Tabla V.

Resultados analíticos (% BaSO ₄)	Intervalos de muestra (m)	Densidades (g/cm ³)
70.0	1.50	3.7
98.0	2.80	4.2
50.0	1.00	3.4

$$\bar{G}_w = \frac{70 \cdot 1.5 \cdot 3.7 + 98 \cdot 2.8 \cdot 4.2 + 50 \cdot 1.0 \cdot 3.4}{1.5 + 3.7 + 2.8 + 4.2 + 1.0 + 3.4}$$

$$\bar{G}_w = \frac{1771.0}{20.7} = 82.7\% \text{BaSO}_4$$

Un ejercicio adicional mostrara que tan importante es realizar correctamente la ponderación.

Ejemplo.

- 1) Pregunta: ¿Cuál error es arrastrado en los siguientes cálculos de reservas y que tan grande es este error?
- 2) Descripción del caso: Un depósito Níquel-Laterita, ha sido muestreado mediante barrenación. Los barrenos tienen 25m de separación uno de otro. Cada barreno tiene por lo tanto un área de influencia de 12.5 m de cada lado. Las líneas en las cuales las excavaciones están localizadas están a una distancia de 50 m así que es asignada a cada excavación un área de $50 \times 25 = 1250 \text{ m}^2$. Dos tipos diferentes de mineral mena con diferentes densidades fueron encontrados en las excavaciones (Figura 7): la Laterita (L) tiene una densidad in situ de 1.25, la Serpentina descompuesta (ZS) tiene una densidad in situ de 1.0 g/cm^3 .

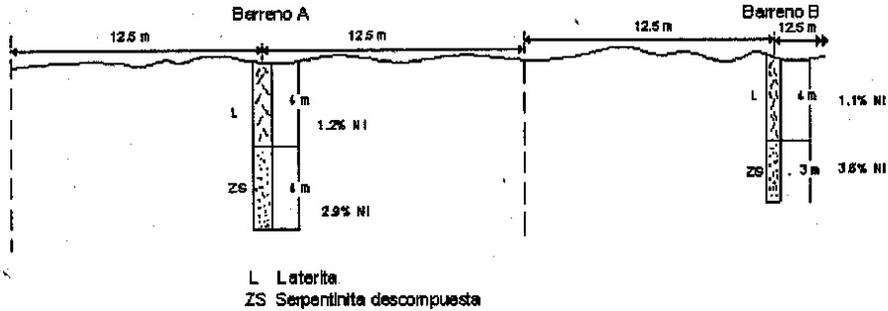


Figura 7. Muestreo en barrenos en un depósito de Laterita de Níquel.

- i) Las leyes promedio de las excavaciones fueron determinadas por ponderación con las longitudes:

$$\text{Barreno A: } \frac{4 \cdot 1.2 + 4 \cdot 2.9}{8} = 2.05\% \text{ Ni}$$

$$\text{Barreno B: } \frac{4 \cdot 1.25 + 4 \cdot 1.0}{7} = 2.13\% \text{ Ni}$$

- ii) Además, las densidades fueron determinadas por ponderación de las longitudes de las muestras:

$$\text{Barreno A: } \frac{4 \cdot 1.25 + 4 \cdot 1.0}{8} = 1.125$$

$$\text{Barreno B: } \frac{4 \cdot 1.25 + 3 \cdot 1.0}{7} = 1.143$$

- iii) Ya que a cada barreno le ha sido asignada un área de 1250 m^2 y las excavaciones tienen una profundidad de 7 y 8 m respectivamente, se obtuvieron los siguientes tonelajes:

$$\text{Barreno A: } 1250 \cdot 8 \cdot 1.125 = 11250 \text{ t con } 2.05\% \text{ Ni}$$

$$\text{Barreno B: } 1250 \cdot 7 \cdot 1.143 = 10000 \text{ t con } 2.13\% \text{ Ni}$$

- iv) La ley del Níquel del tonelaje total fue determinado por ponderación con sus tonelajes correspondientes:

$$\frac{2.05 \cdot 11250 + 2.13 \cdot 10000}{21250} = 2.09\% \text{ Ni.}$$

- 3) *Respuesta correcta:* El siguiente error fue hecho en el paso i): las leyes promedios de cada excavación no fueron determinadas por ponderación directa con las densidades. El procedimiento correcto es:

$$\text{Barreno A: } \frac{4 \cdot 1.25 \cdot 1.2 + 4 \cdot 1.0 \cdot 2.9}{4 \cdot 1.25 + 4 \cdot 1.0} = 1.96\% Ni$$

$$\text{Barreno B: } \frac{4 \cdot 1.25 \cdot 1.1 + 3 \cdot 1.0 \cdot 3.5}{4 \cdot 1.25 + 3 \cdot 1.0} = 2.00\% Ni$$

- ii) Los pasos iii) y iv) están correctos. Usando las leyes correctas en el paso iv) resultara:

$$\frac{1.96 \cdot 11250 + 2.0 \cdot 10000}{21250} = 1.98\% Ni$$

El error conduce a una sobreestimación del 6%. Por puras matemáticas el error es inaceptablemente grande para el propósito de cálculos de reserva.

4.2 Cálculo de leyes para clavos de mineral masivo.

Determinar las leyes mediante estimaciones visuales es otra manera de donde la correcta ponderación con densidades es de importancia. Para depósitos de tipo veta en los cuales el mineral

ocurre de manera masiva, el control visual de la ley es a menudo de gran importancia.

Ejemplo. Tratando con una veta inclinada que, por razones técnicas, tiene que ser minada en un espesor mínimo de 1 m. En la veta, se encuentra un macizo de clavos (clavo rico) de Estibinita. ¿Cuanto porcentaje de Antimonio corresponde a una banda de 1 cm de Estibinita?

La Estibinita tiene una densidad de 4.5 g/cm^3 , la roca encajonante tiene una densidad de 2.6 g/cm^3 . Teóricamente la Estibinita (Sb_2S_3) contiene 71.7% Sb. Asumimos un 70%.

El espesor de las bandas de Estibinita masiva ha sido medido en intervalos de 1 m. Consideramos una superficie de veta de 1 m^2 y un ancho de minado de 1 m.

- 1) Con 1 m de ancho de minado y 1 cm de banda de Estibinita, el tonelaje de la roca encajonante por 1 m^2 de superficie de veta es:

$$0.99 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 2.6 \text{ t/m}^3 = 2.574 \text{ t.}$$

- 2) 1 cm de Estibinita por 1 m^2 de superficie de veta corresponde a:

$$1 \cdot 10^4 \text{ cm}^3 \cdot 4.5 \text{ g/cm}^3 = 45 \text{ kg.}$$

3) Conclusión: 1 cm de Estibinita $\approx 31.5/2619 \approx 1.2\%$ Sb.

Puesto que el espesor de la roca encajonante más ligera se reduce cuando se incrementa el grosor del clavo de mineral, este factor de conversión no puede ser usado como una función lineal con espesores de mineral más grandes. 30 cm de Estibinita no corresponden a 36 % Sb sino a 29.8 % Sb. Es mejor construir una gráfica en la que las leyes puedan ser fácilmente derivadas de los espesores del macizo del mineral (Figura 8).

A pesar de que las fases del mineral, a menudo aparentan ser puras, un ligero intercrecimiento con minerales ganga es frecuentemente revelado bajo el microscopio. Es aconsejable checar estos factores de conversión analíticamente, y, si es necesario, corregirlo mediante un factor.

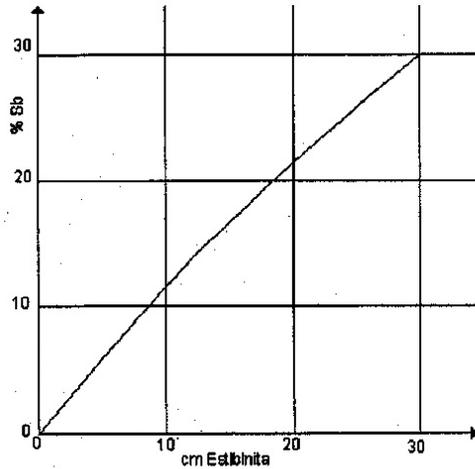


Figura 8. Gráfica para la conversión de grosores de macizos de mineral (en este caso, Estibinita).