

Informes Generales

118 (1)

PROPIEDAD
SERVICIO MINERO NACIONAL
ONIA GEOLOGICO MINERO
MIGUEL LILLO 205 - Tel. 39836
C. C. N° 63 - Suc. 2
C. 4000 - S. M. de TUCUMAN

DIRECCION DE PROMOCION MINERA

DEPARTAMENTO DE EVALUACION DE PROYECTOS

"METODOLOGIA PARA LA DELIMITACION DE RESERVAS"

S U M A R I O

Pág.

1.	<u>INTRODUCCION.</u>	1
2.	<u>RESERVAS Y RECURSOS.</u>	2
	2.1 ANTECEDENTES.	2
	2.2 FACTORES QUE DETERMINAN SU CLASIFICACION Y SUBDI- SION.	2
	2.3 DEFINICIONES.	6
	2.3.1 Recurso mineral.	6
	2.3.2 Reservas.	9
	2.3.3 Reservas positivas.	9
	2.3.4 Reservas probables.	10
	2.3.5 Reservas industriales.	10
	2.3.6 Reservas posibles.	11
	2.3.7 Reservas prospectivas.	11
	2.3.8 Recursos subeconómicos.	12
	2.3.9 Recursos paramarginales.	12
	2.3.10 Recursos submarginales.	13
	2.3.11 Reservas o Recurso No Identificado.	13
	2.3.12 Recursos Totales.	14
3.	<u>CANTIDAD DE TRABAJOS MINEROS REQUERIDOS PARA LA DELIMI- TACION DE RESERVAS INDUSTRIALES</u>	15
	A N E X O 1 (Clasificación Rusa de yacimientos).	25

= = = = =

1. INTRODUCCION

Uno de los aspectos más importantes dentro de la industria minera y sobre el cual se basa la programación de trabajos, tanto de exploración como de explotación, es el cálculo o estimación de reservas y/o recursos:

En una mina en operación, el cálculo de reservas es un inventario periódico de la mena que es expuesta por medio de las labores de exploración desarrollo y preparación y que está disponible, o potencialmente disponible, para su explotación.

Dentro de la operatividad del F.F.M. se plantean dos problemas en el campo del cálculo de reservas:

El primero se refiere a la determinación del Potencial del yacimiento sobre el cual se programarán, si dicho potencial así lo justifica, los trabajos de exploración que financiará el F.F.M.

En el segundo caso, cuando una mina o prospecto ha sido seleccionado para pasar a una etapa avanzada de exploración, se trata de la determinación de la cantidad necesaria de trabajos mineros de exploración que delimiten una cierta cantidad de reservas industriales que justifiquen una inversión en un proyecto de explotación.

Sin embargo, debido a que cada yacimiento individual presenta características distintas de los demás, la planificación de la forma de exploración, desarrollo y explotación es un problema distinto y único para cada caso en particular; por lo tanto, no es posible fijar normas rígidas para la planificación de dichos trabajos, sino más bien determinar una metodología en la secuencia de trabajos mineros los que una vez ejecutados, nos delimiten la cantidad de reservas industriales programadas con márgenes adecuados de tolerancia; las estimaciones de estas reservas deben ser calificadas de acuerdo a normas aceptadas internacionalmente.

Después de la revisión de numerosa bibliografía se ha encontrado que las definiciones dadas por el U.S.G.S. y por U.S.B.M. son las más aceptadas debido a que, además de provenir de una fuente autorizada, éstas son las que más se adecuan a la industria minera; po

esta razón se adoptarán estas definiciones para el trabajo del F.F.M.

2. RECURSOS Y RESERVAS

2.1 ANTECEDENTES

De acuerdo a las recomendaciones dadas en forma conjunta por el USBM/USGS en abril de 1974 (Armine F. Banfield y J.F.Havard 1975) se recomienda adoptar las definiciones que se darán mas adelante.

"La filosofía en la que se basan las nuevas definiciones de USBM, USGM considera que: la planificación pública y comercial a largo plazo debe estar basada en la probabilidad de encontrar recursos minerales en depósitos aún no descubiertos, y que deben tomarse en cuenta factores tales como el desarrollo tecnológico de métodos económicos de extracción en depósitos minerales, que al presente no son explotables por razones de costo. Asimismo, aquellas entidades que definen recursos deben considerar posibles movimientos substanciales de precios con relación a la tendencia general del mercado. Se considera que todos los factores componentes que llevan a la estimación de recursos totales deben ser continuamente revisados de acuerdo al conocimiento geológico y tecnológico actualizado y de variaciones en las condiciones económicas y políticas. También es importante que el sistema de clasificación sea uniformemente aplicable a todos los productos, de modo que puedan compararse sobre posibles alternativas o sustitutos (USGS/USBM, 1974).

2.2 FACTORES QUE DETERMINAN LA CLASIFICACION Y SUBDIVISION

La definición de las diferentes categorías de reservas y recursos depende de la relación que existe entre tres factores. El primer factor es el criterio o "dimensión económica", es decir la relación entre precio y costo. El segundo factor es el grado de conocimiento geológico que se requiere o se tiene para obtener la estimación; ésta es la "dimensión geológica". El tercer factor es la clase y cantidad de información disponible o "dimensión estadística".

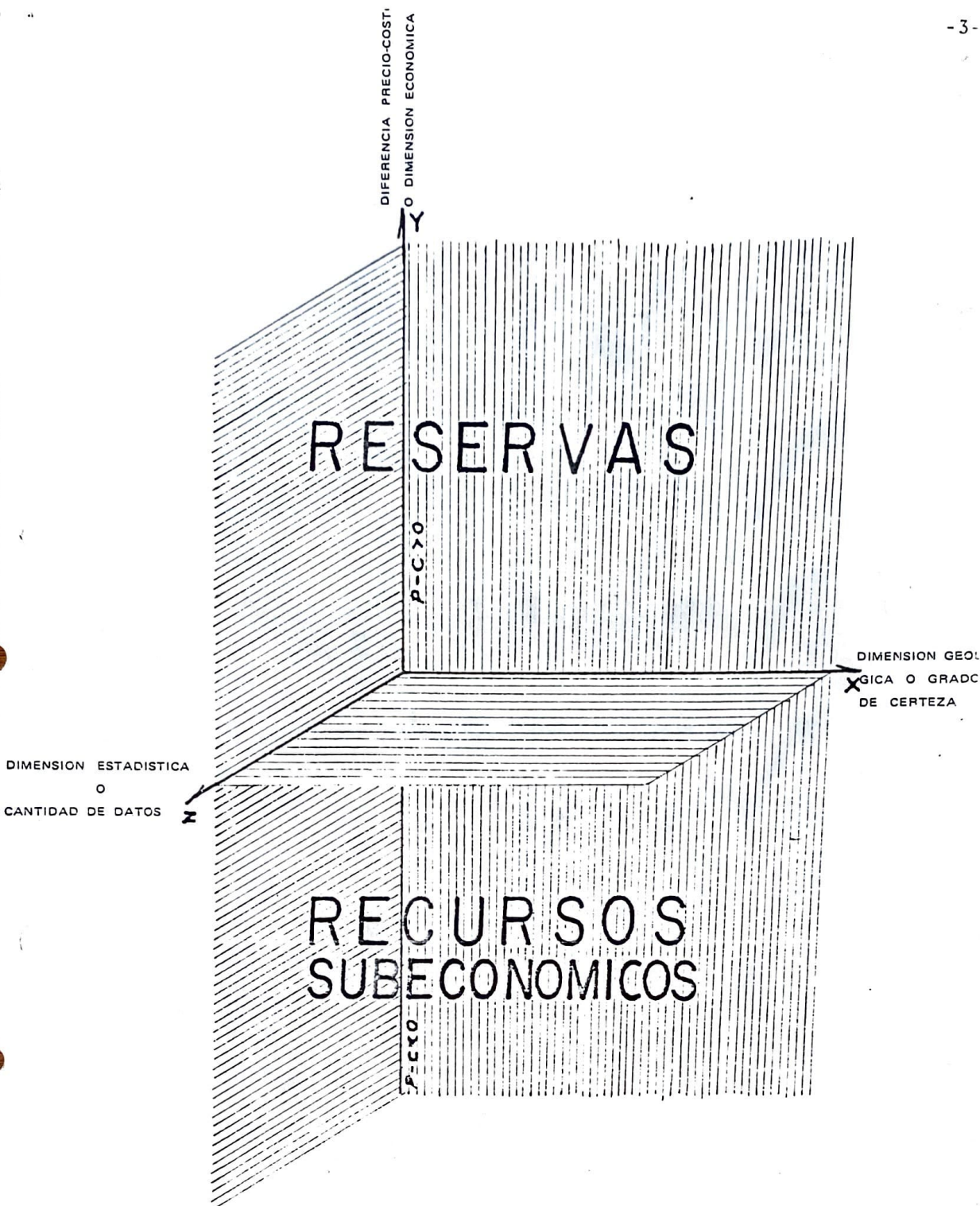


FIGURA N° 1. Relación esquemática tridimensional entre los parámetros que determinan la clasificación de Reservas y Recursos Subeconómicos.

La figura 1 muestra en forma esquemática como éstas relaciones pueden ser representadas en forma idealizada en un sistema de coordenadas tridimensionales.

De acuerdo a la "magnitud" de cada una de las "dimensiones" indicadas, se clasificará dentro de diferentes categorías la parte o las partes respectivas de un yacimiento mineral.

El cuadro N°1 muestra la relación que existe entre el grado de conocimiento geológico que se requiere para una clase determinada de recurso o reserva (dimensión geológica) y la "dimensión económica" o diferencia entre costo y precio del producto a obtenerse del recurso mineral, por ej: si el costo es mayor que el precio del producto, éste es un recurso subeconómico y si el precio es mayor al costo entonces el recurso pasa a la categoría de reservas.

De acuerdo al grado de conocimiento que se tenga del yacimiento o de sus partes, las reservas o recursos podrán variar desde positivas, en el extremo izquierdo, cuando la "dimensión geológica" sea cercana al 100%, hasta llegar al extremo derecho con reservas o recursos no identificados, donde la "dimensión geológica" es mínima.

En este cuadro, dentro de la subdivisión de reservas identificadas, se indican las equivalencias entre las diferentes clasificaciones. Estas equivalencias no son universalmente aceptadas, sin embargo, se han incluido las más comunes (Patterson 1959, D.S.Brooks 1976). Para uso del F.F.M. se propone adoptar la terminología de: Positivas, Probables, Posibles y Prospectivas, que es aceptada por la mayor parte de las empresas nacionales relacionadas con la minería.

El cuadro N°2, muestra las relaciones que existen entre la "dimensión estadística" y la "dimensión geológica".

El grado de precisión y la cantidad de información requerida para ubicar parte o el total de un recurso o reserva dentro de determinada categoría dependerá de la naturaleza misma de cada yacimiento. En el cuadro N°3 se indica el espaciamiento entre muestras que se necesita para determinar la ley de un yacimiento

CATEGORIAS DE RESERVAS MINERALES Y ESTIMACION DE RECURSOS

NIVEL DE CONOCIMIENTO SOBRE EL RECURSO MINERAL (DIMENSION GEOLOGICA)

CALIDAD DEL RECURSO MINERAL		Dimensión que Relaciona Precio - Costo	ECONOMICO Precio-Costo > 0	RESERVAS	RECUPERABLES BAJO CONDICIONES TECNOLOGICAS Y DE MERCADO ACTUAL	EN DEPOSITOS O DISTRITOS CONOCIDOS			En distritos no descubiertos	TOTAL	
						RESERVAS IDENTIFICADAS			NO IDENTIFICADAS	POTENCIAL DE RESERVAS	
						RESERVAS DEMOSTRADAS	Reservas Medias.	Reservas Indicadas.	Reservas Inferidas.		
						Reservas Positivas probab.	Reser. No Desar.	Reser. Posib.			
						RESERVAS INDUSTRIALES	RESERVAS GEOLOGICAS				
						A	B	C			
						RECURSOS	MINERALES IDENTIFICADOS	PARAMARGINALES	RECURSOS MINERALES PARAMARGINALES NO IDENTIFICADOS.	POTENCIAL DE RECURSOS PARAMARGINALES	
						RECURSOS	MINERALES IDENTIFICADOS	SUBMARGINALES	RECURSOS MINERALES SUBMARGINALES NO IDENTIFICADOS.	POTENCIAL DE RECURSOS SUBMARGINALES.	
						TOTAL	TOTAL DE RECURSOS MINERALES IDENTIFICADOS			RECURSOS NO DESCUBIERTOS	POTENCIAL DE RECURSOS - TOTALES

CUADRO N°1 = Relación entre factor precio-costo (dimensión Económica) con grado de certeza (Dimensión Geológica), en la estimación de Reservas.

en forma precisa y completa en función del coeficiente de homogeneidad del mismo (V.M, Kreiter; 1964). Por ejemplo: un yacimiento masivo de hierro requerirá de un espaciamiento en el muestreo mucho mayor que un yacimiento vetiforme de Sn donde, debido a su naturaleza heterogenea, se deben tomar muestras con un espaciamiento mucho más estrecho.

En el cuadro 2 también se puede ver, por ejemplo, que para clasificar un recurso o reserva como positivo, es más importante tener datos sobre su ley y su geometría que sobre su geología; en cambio, para indicar la posibilidad de la existencia de un recurso o reserva aún no identificado, es más importante tener datos geológicos, especialmente acerca de las relaciones regionales, ya que obviamente podrán ser extrapolados de los datos de yacimiento ubicados en ambientes geológicos similares.

En resumen, las estimaciones de reservas y recursos son dependientes de tres factores:

- a) del límite aceptado para las posibilidades de explotación económica (reservas y recursos subeconómicos);
- b) del grado de certeza con que se hace la estimación (positivas, probables, posibles, etc.) (Blondel y Lasky 1956);
- c) La cantidad y exactitud de datos disponibles sobre el recurso o reserva en cuestión (Patterson, 1959).

Por las razones anotadas se deduce que no pueden existir conceptos absolutos tales como reservas o recursos de determinada mina o área, sino que solamente existen estimaciones aplicables dentro de ciertas limitaciones económicas y grados de certeza (Blondel y Lasky 1956).

2.3 DEFINICIONES

2.3.1 Recurso Mineral

"Es una concentración de materiales sólidos, líquidos o gaseosos, que se presentan en forma natural en o sobre la corteza terrestre de tal forma que la extracción económica de un producto mineral es factible en el presente o en el futuro"

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACION DE RECURSOS Y RESERVAS MINERALES

DIMENSION GEOLOGICA

DIMENSION ESTADISTICA		RECURSOS Y/O RESERVAS MINERALES					GRADO DE INFORMACION REQUERIDO
		IDENTIFICADOS				NO IDENTIFICADOS	
		MEDIDOS POSITIVOS	INDICADOS		INFERIDOS PROSPECTIVOS		
			PROBABLES	POSIBLES			
		A	B	C	C'		
CLASE Y CANTIDAD DE INFORMACION	LEY	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Diagonal lines]
	GEOMETRIA DEL YACIMIENTO	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Vertical lines]
	EXTENSION AREAL	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Vertical lines]
	ESPESOR	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Vertical lines]
	PROFUNDIDAD	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Vertical lines]
	UBICACION	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Horizontal lines]
	DATOS GEOLOGICOS	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Horizontal lines]
	TIPO DE YACIMIENTO	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Vertical lines]
	COMPORTAMIENTO DEL YACIMIENTO	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Vertical lines]
	RELACION CON LA ROCA ENCAJANTE	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Vertical lines]
CARACTERISTICAS DEL DISTRITO O DE LA LOCALIDAD	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Vertical lines]	
RELACIONES REGIONALES	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Vertical lines]	
MINERALOGIA	[Diagonal lines]		[Vertical lines]	[Vertical lines]	[Horizontal lines]	[Vertical lines]	
PROCEDENCIA PRINCIPAL DE LOS DATOS	MUESTRAS	MUESTRAS Y GEOLOGIA	GEOLOGIA CON MUESTRAS	GEOLOGIA			
TIPO DE RAZONAMIENTO EMPLEADO	INDUCTIVO	INDUCTIVO	DEDUCTIVO INDUCTIVO	DEDUCTIVO			

GRADO DE INFORMACION REQUERIDO

- [Diagonal lines] Datos precisos y completos
- [Vertical lines] Datos definidos y relativamente completos
- [Horizontal lines] Datos parciales y/o extrapolados
- [White box] Información general o antecedentes

CUADRO N 2 RELACION ENTRE GRADO DE CERTEZA (Dimensión Geológica) con CANTIDAD Y CALIDAD DE DATOS (Dimensión Estadística) EN LA ESTIMACION DE RESERVAS.

CARACTER DE LA DISTRIBUCION DE LOS COMPONENTES A DETERMINARSE	COEFICIENTE DE VARIACION V %	TIPOS REPRESENTATIVOS DE YACIMIENTOS	DISTANCIA ORIENTATIVA ENTRE MUESTRAS m
HOMOGENEA	5 - 40	Yacimientos de carbón, materiales de construcción piedras calizas, S, sal, fosfatos, algunos yacimientos de Fe y Mn, con un coeficiente de variación casi frecuente (V=5-10%). Yacimientos de sales más complejos, de Fe tipo anomalía de Kursk.	50 - 6
HETEROGENEA	40 - 100	Yacimientos hidrotermales y de contacto: en su mayoría yacimientos de Cu y yacimientos polimetálicos, una parte de los yacimientos de W, Mo y algunos yacimientos primarios de Au.	6 - 4
MUY HETEROGENEA	100 - 150	Algunos yacimientos polimetálicos, la mayoría de los yacimientos de Sn, W, Mo; incluyendo muchos yacimientos de Au.	4 - 2.5
DEMASIADO HETEROGENEA	15-	Muchos yacimientos de metales raros, Au y Pt	2.5 - 2

La práctica ha demostrado que los problemas que se presentan durante el muestreo sistemático de labores mineras pueden ser solucionados en forma satisfactoria utilizando los datos que se dan en el cuadro. Para utilizar este cuadro hay que tomar en cuenta:

- 1) El coeficiente de variación del contenido y otras propiedades que se requieran sirve solamente de indicación y caracterizan el grado de homogeneidad en la mineralización.
- 2) Las distancias entre muestras que se dan son orientativas y pueden ser mayores o menores dependiendo de las condiciones del lugar (generalmente mayor)

$$V = \frac{\sigma}{M_p} \times 100\%$$

donde $M_p = \frac{\sum M_i}{n}$

$$y \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (M_i - M_p)^2}{n - a}}$$

M_i = Valor de los análisis químicos o de alguna de las características del yacimiento por ej: Ancho o Peso específico.

M_p = Valor del Promedio Aritmético.

Cuadro N°3 : Grado de homogeneidad de los yacimientos minerales en función del coeficiente de variación con distancia de las muestras dependiendo del carácter de distribución de los componentes.
De prospección y exploración de yacimientos minerales. V.M. Kreiter, 1961. Trad. Ing. V. Castillo

Los recursos minerales pueden dividirse, de acuerdo al grado de conocimiento que se tenga de ellos en:

Recurso mineral identificado

"Cuerpos específicos que contiene minerales cuya ubicación, calidad y/o cantidad son conocidos a partir de evidencia geológica, respaldadas por mediciones de ingeniería, de acuerdo a la categoría mostrada".

Recurso mineral no identificado

"Cuerpos no descubiertos que pueden contener minerales que se presume que existen en base a teoría y a un conocimiento geológico general".

2.3.2 Reservas

"Aquella parte de un recurso mineral identificado aprovechable en las condiciones legales y económicas del momento".

Las reservas pueden ser clasificadas como positivas, probables, posibles y prospectivas, dependiendo del grado de conocimiento de los diferentes parámetros geológicos.

Cuando se use en un contexto relativo a depósitos minerales los términos reservas de mena y reservas no son sinónimos.

2.3.3 Reservas Positivas

"Es una reserva mineral mostrada en forma tan detallada que el tonelaje, ley, geometría y recuperación de la mena dentro del bloque o bloques de la corteza terrestre bajo consideración pueden ser calculados con suficiente precisión de tal manera que la determinación de la factibilidad positiva de una operación minera no está afectada por ninguna incertidumbre."

Del cuadro N°2 se desprende que para poder calificar a

una parte del recurso o reserva como positiva será necesario conocer en forma precisa y completa: la ley, geometría del yacimiento (extensión areal, espesor, profundidad) y ubicación. El número de muestras o mediciones necesarias para conocer en forma precisa y completa la ley y geometría puede determinarse por métodos estadísticos en función de la homogeneidad del yacimiento. La ubicación de la reserva se efectúa por métodos usuales en ingeniería. La procedencia principal de los datos son los resultados del muestreo efectuado. Asimismo, se necesitará datos definidos y relativamente completos acerca del comportamiento del yacimiento y su relación con la roca encajonante, ya que este conocimiento obviamente será adquirido durante la recolección de los datos mencionada líneas arriba. Las características geológicas del distrito o de la localidad, así como las relaciones regionales no son importantes y no tienen influencia en la calificación de esta categoría

Si la mineralización fuera un factor determinante, por ejemplo en la recuperación y ésta estuviera por debajo del nivel económico, obviamente la parte del recurso en cuestión no podría calificarse como reserva.

2.3.4 Reservas Probables

"Una reserva de mena en la cual puede asumirse suficiente continuidad de dimensiones y ley para efectuar un planeamiento financiero preliminar, pero en el cual el riesgo de falta de continuidad es mayor que para el mineral positivo".

Para poder calificar una reserva como probable, los datos de su ley, geometría, tipo del yacimiento y su comportamiento deben ser conocidos en forma definida y relativamente completa. Además es necesario conocer con precisión su ubicación. Sólo será necesaria una información general sobre las relaciones con la roca encajonante sobre las características del distrito. Las regionales y mineralógicas no son determinantes en la definición de estas reservas.

2.3.5 Reservas Industriales

"Se califica como reservas industriales a la suma de las reservas positivas más las reservas probables".

2.3.6 Reservas Posibles

"Material mineralizado cuyas dimensiones y ley se basa en correlaciones geológicas de muestras espaciadas tan ampliamente o localizadas tan erráticamente que es necesario efectuar exploración adicional para establecer y confirmar si existen o no reservas industriales".

Para calificar una reserva como posible, es necesario conocer los diferentes parámetros en el mismo grado de precisión que para las reservas probables a excepción de la ubicación, que en este caso, puede ser conocida en forma menos precisa.

2.3.7 Reservas Prospectivas

"Es la mena para la cual las estimaciones están basadas principalmente en un amplio conocimiento del carácter geológico del yacimiento sobre el que existen ninguna o pocas muestras o mediciones. Las estimaciones se basan en la supuesta continuidad o repetición de rasgos geológicos; esta evidencia puede incluir la comparación con yacimientos de tipo similar. Pueden incluirse masas de mineral que esten ocultas por completo, si existe una evidencia geológica específica de su presencia. Las estimaciones de mena inferida deben incluir una indicación de los límites espaciales dentro de los que ésta pueda estar ubicada.

De acuerdo al cuadro 2, para calificar la reserva como inferida los datos sobre ley y geometría son parciales o extrapolados; la ubicación, tipo de yacimiento, comportamiento del yacimiento, relación con la roca encajonante y las características del distrito o de la localidad son datos definidos y relativamente completos. Se necesita solamente información general o antecedentes de relaciones regionales y mineralogía.

Los datos son de procedencia geológica, siendo subordinada la información proveniente de muestras.

2.3.8 Recursos Subeconómicos

"Materiales que no son reservas pero que podrían convertirse en tales como resultado de cambios en las condiciones económicas y/o legales".

En el cuadro N°1 se ve que el criterio para la clasificación de recursos subeconómicos está hecha en base a la dimensión económica, es decir la relación entre precio y costo. Si la diferencia precio-costo es negativa se tiene un recurso subeconómico. De acuerdo a la magnitud de esta diferencia se clasifican en recursos paramarginales y submarginales.

Eventualmente ambas categorías podrán subdividirse en recursos subeconómicos positivos, probables, etc., de acuerdo al grado de certeza y a la cantidad de información disponible.

2.3.9 Recursos Paramarginales

"La parte de recursos subeconómicos que: a) bordea el límite en cuanto a su aptitud de ser producida en forma económica o, b) no está disponible en forma comercial, solamente por razones o circunstancias políticas o legales del momento".

En general, se admite que la producción sea factible, con costos hasta dos veces mayores a los actuales o con un avance equivalente en la tecnología.

Bajo esta clasificación podrían agruparse por ejemplo, algunas acumulaciones de colas de ingenio (especialmente de Sn), que por razones tecnológicas al presente no pueden ser tratadas en forma económica.

En forma matemática se puede enunciar la definición

como sigue:

Recursos Paramarginales: $1 < c/p < 2$

donde $c =$ costo

y $p =$ precio

2.3.10 Recursos Submarginales

"La porción de recursos subeconómicos que requerirían un precio substancialmente más alto (de dos a diez veces en el momento de la estimación), un costo muy reducido o un avance equivalente en la tecnología para poder ser producidos en forma económica".

La fórmula matemática que enunciaría esta definición es:

Recursos Submarginales: $2 < c/p < 10$

Desde luego, el límite de 10 es bastante arbitrario y de ninguna manera lo suficientemente alto para definir todos los recursos básicos.

2.3.11 Reservas o Recurso no Identificados

"Materiales no descubiertos que razonablemente puede esperarse que existan en un distrito o yacimiento dado, bajo condiciones geológicas conocidas".

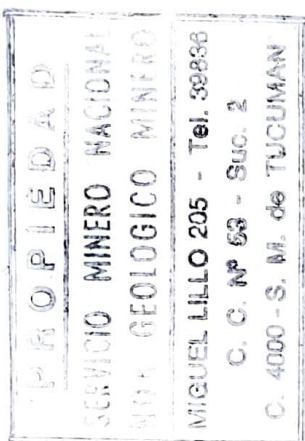
"La exploración puede confirmar su existencia y al revelar su cantidad y calidad, permitirá su reclasificación como reserva o recurso identificado subeconómico".

El término "Reservas no Identificadas" es casi contradictorio en si mismo, no obstante refleja el hecho de que existe material que será descubierto dentro de algún nivel de planificación y que será descubierto dentro de algún nivel de planificación y que será de grado económico cuando se descubra.

Empero el problema es más de concepto que de estimaciones cuantitativas. Este problema ha sido encarado en base a técnicas estadísticas modernas y junto con un razonamiento geológico cuidadoso, permite en algunos casos hacer estimaciones. Aún si este no fuera el caso, todavía es importante tener una subdivisión de este tipo donde exista cierto grado de libertad para representar cantidades de material que todavía no se han descubierto.

Las reservas o recursos no identificados pueden ser estimados desde luego en análisis hechos a todo nivel: la mina, el distrito, la región, etc. pero parece no ser un concepto práctico a menos que se trate de un distrito o de un territorio de dimensiones importantes (David B. Brooks, 1976).

Eventualmente los recursos o reservas no identificados pueden ser subdivididos en hipotéticos y especulativos, ya sea que se trate de un distrito o un yacimiento conocido o no descubierto, respectivamente. De acuerdo a la relación precio/costo que se espere, podrán clasificarse también en reservas y recursos no identificados paramarginales o submarginales.



2.3.12 Recursos Totales

Todavía no existe un criterio uniforme sobre la terminología a usarse, pero se recomienda adoptar por el momento la terminología dada en el cuadro N°1, o sea que el potencial de recursos totales de una mina o región estará dado por la ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{Recursos Totales} &= \text{Reservas} + \text{Recursos Subeconómicos} + \text{Recursos No Identificados.} \\
 &= \text{Reservas} + \text{Recursos Condicionales} + \text{Recursos No Identif.} \\
 \text{Reservas Potenciales} &= \text{Recursos No Identificados} + \text{Recursos Condicionales}
 \end{aligned}$$

3. CANTIDAD DE TRABAJOS MINEROS REQUERIDOS PARA LA DELIMITACION DE RESERVAS INDUSTRIALES

La planificación de la explotación en una operación minera se hace en base a la cantidad disponible de "Reservas Industriales", que es la suma de las reservas positivas más las probables.

Las compañías mineras generalmente se refieren a la mena positiva y probable como su reserva verdadera. La mena posible se considera más en la categoría de un objetivo de exploración (William C. Peters, 1978)

Por otra parte, se puede indicar una de las conclusiones de una encuesta hecha entre un grupo de compañías mineras canadienses; la mayoría de los encuestados estaba de acuerdo en que la sumatoria de leyes y tonelajes de las dos primeras categorías de mena puede ser aceptable, si se aclara que éstas están combinadas pero la suma de la tercera y/o cuarta no es aceptable (Herbert, H. Cox, 1968).

Comibol también acepta la subdivisión de reservas en dos grupos mayores es decir en industriales (positivas mas probables) y geológicas (posibles más prospectivas) y asigna importancia económica sólo al primer grupo; da importancia a la reserva geológica solamente para estudios a nivel oficial (a nivel de gobierno) o para la determinación del potencial de recursos de una mina o de una zona o provincia metalogénica (Aurelio Bustos, 1973).

En toda evaluación minera, el valor directo que se determina cuando se hace el análisis de reservas de mena, puede basarse solamente en la reserva combinada de mena positiva y probable pero no en la mena potencial que se clasifica como "posible" o "tonelaje de mena futura".

Sin embargo, las condiciones geológico-mineralógicas, junto con los tonelajes estimados de mena posible, juegan un rol en la evaluación que hace el ingeniero en una propiedad minera, ya que son estos factores los que hacen que una propiedad sea atractiva. Como cualquier inversión debe ser hecha solamente cuando las condiciones geológico-mineras garanticen que se justifica la continuación de trabajos (E. A. Jones, W.T. Pettijohn, 1973).

De las anteriores consideraciones se concluye que en las minas seleccionadas por el F.F.M. y en las que éste financiará trabajos de exploración, el alcance de trabajos programados deber ser tal, que cuando se llegue al final de la etapa "3" debe existir la suficiente cantidad de reservas industriales (positivas más probables) junto a una adecuada infraestructura, de tal forma que esté garantizada la factibilidad del proyecto.

Aunque no existen límites precisos entre los trabajos de exploración, desarrollo y preparación, debe entenderse que los trabajos programados y financiados por el F.F.M. deben llegar a un punto tal que la explorabilidad económica del yacimiento quede bien determinada y definida.

Por otra parte, los tonelajes y leyes calculadas para ser usados en las proyecciones financieras ya deberían estar afectados por todos los factores de corrección necesarios que tomen en cuenta los métodos tanto de muestreo, explotación y concentración empleados o a emplearse. En caso de no disponerse de datos concretos se tomarán factores que, en base a comparación con yacimientos similares, sean adecuados a juicio del técnico encargado del proyecto.

Ahora bien, la clase y cantidad de trabajos de exploración y/o desarrollo necesarios para llegar a hacer factible un proyecto minero depende del volumen, forma, valor y grado de homogeneidad del mismo. De acuerdo al cuadro N°3, (Kreiter, 1964) el coeficiente de homogeneidad (V) hace posible la clasificación de los yacimientos minerales en cuatro grupos y esta clasificación de los yacimientos minerales corresponde en forma bastante aproximada a la clasificación hecha por W.S.Petrascheck et al., en base a las características geológicas de los yacimientos (ver cuadro N°4).

A modo de información también se incluyen los cuadros 6 y 7 y el anexo 1, con la clasificación soviética de yacimientos de acuerdo al grado de dificultad en la exploración.

Usando métodos geoestadísticos que se han desarrollado ultimamente, también es posible determinar la densidad mínima de muestreo que se requiere para lograr niveles dados en la determinación del error permisible y grado de confianza en las leyes calculadas para las estimaciones de reservas. En muchos casos se puede obtener estadísti

cos puros. (Royle, 1977).

El F.F.M., dentro de su operatividad técnica, efectuará trabajos en yacimientos, los que variarán desde prospectos o zonas donde se tenga solamente la categoría de reservas no identificadas, hasta minas donde ya se cuentan con reservas posibles. Las etapas de factibilidad terminarán cuando se hayan cubicado una cantidad adecuada de reservas industriales. (positivas + probables).

En base a los cuadros de los dos autores citados y también en base a referencias citadas por N.Nicolaivic (1978) se ha confeccionado el cuadro N°5, adecuándolo a las necesidades del F.F.M., donde se indica el orden de magnitud en la densidad de trabajos geológicos, de perforación y/o labores mineras que deberían ejecutarse en un yacimiento filoniano seleccionado por el F.F.M. para que pueda cubrirse determinada categoría de reservas.

Grupo 1	Yacimientos de grandes extensiones. Yacimientos de forma sencilla. Yacimientos de mineralización homogénea.
Grupos 2	Yacimientos de mediana y gran extensión. Yacimientos de forma medianamente o muy complicada. Yacimientos de mineralización medianamente regular.
Grupo 3	Yacimientos de mediana extensión. Yacimientos de forma complicada. Yacimientos de mineralización irregular.
Grupo 4	Yacimientos de pequeña extensión. Yacimientos de forma muy complicada. Yacimientos de mineralización irregular.
Grupo 5	Pequeños yacimientos lenticulares totalmente irregulares en forma, tamaño y mineralización.

Cuadro N°4 Clasificación de los yacimientos según su extensión, forma y tipo de mineralización.

Tomado de W.E.Petrascheck et al.

TIPO DE YACIMIENTO	RESERVAS POSITIVAS	RESERVAS PROBABLES	RESERVAS POSIBLES	RESERVAS PROSPECTIVAS
HOMOGENEO (Grupo 1)	Red de perforaciones 100 x 100 Se requieren labores mineras subterráneas sólo en casos muy especiales.	Red de perforaciones 100 x 100	Red de perforaciones 500 x 500	Información geológica Anomalías geofísicas Anomalías geoquímicas
HETEROGENEO (Grupo 2)	Red de perforaciones 25 x 25 Como alternativa de acuerdo a cada caso especial se requiere una red adecuada de labores mineras	Red de perforaciones 50 x 100	Red de perforaciones 100 x 200 o ejecución de zanjas si el yac. está semi-cubierto	Información geológica combinada con geofísica o geoquímica y/o algunos taladros
MUY HETEROGENEO (Grupo 3)	Red de labores mineras en el orden de 50 x 50	Red de labores mineras en el orden de 100 x 100	Red de labores mineras en el orden de 200 x 200	Información geológica combinada con geofísica y geoquímica mas afloramientos muestreados no sistemáticamente y/o pocos taladros.
DEMASIADO HETEROGENEO (Grupo 4 y 5)	No es posible en mayoría de los casos determinar reservas positivas	Red de labores mineras espaciadas en el orden de 30 x 30	Red de labores mineras espaciadas en el orden de 100 x 100	Información geológica combinada c/muestreo sistemático de afloramientos y algunas labores mineras

Nota: Todas las dimensiones son en metros.

Cuadro N°5 : Orden de magnitud en la densidad de perforaciones y/o labores mineras que se requieren para delimitar las diferentes clases de reservas de acuerdo al grado de homogeneidad del yacimiento.

GRUPO DE YACIMIENTOS DE ACUERDO A LA DIFICULTAD DE EXPLOTACION	RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DEL YACIMIENTO	MAYORIA DE SISTEMAS DE LABORES MINERAS.	TIPO DE LABORES MINERAS	DISTANCIAS HABITUALES ENTRE LABORES MINERAS Y/O PERFORACIONES PARA EL CALCULO DE RESERVAS				CATEGORIA DE RESERVAS NECESARIAS PARA DAR COMIENZO A LA EXPLOTACION.
				CATEGORIA A	CATEGORIA B	CATEGORIA C ₁	CATEGORIA C ₂	
a (1)	Yacimientos de forma sencilla y gran dimensión con mineralización regular que mantienen una forma constante y que tienen una diseminación homogénea del componente útil.	Perforación	Pozos de perforación.	100-200 m	200-400-m	Extrapolación a larga distancia.	GENERALMENTE EXTRAPOLACION	A, B y C (con predominio de las categorías A y B).
			Labores mineras.	Dos-cuatro niveles de explotación.	Extrapolación a corta distancia.	Extrapolación a larga distancia.		
b (2)	Yacimientos de grandes dimensiones (rara vez vetas) a veces interrumpidas de forma constante, con distribución heterogénea del componente útil.	Perforación, perforación con labores mineras.	Pozos de perforación.		600-200 m	Pozos diseminados y extrapolación a corta distancia.	GENERALMENTE EXTRAPOLACION	B y C, (con predominio de la categoría B).
			Labores mineras.	Dos niveles de explotación.	Tres-cuatro niveles de explotación.	Extrapolación a corta distancia y en parte a larga distancia.		
c (3)	Yacimientos de dimensiones medias con mineralización interrumpida, de diferentes formas y diseminación muy heterogénea del elemento útil.	Perforación c/ labores mineras o labores mineras solamente.	Pozos de perforación.			Pozos diseminados y extrapolación a corta distancia.	GENERALMENTE EXTRAPOLACION	B y C ₁ (con predominio de la categoría C ₁).
			Labores mineras.	Un nivel de explotación.	Dos niveles de explotación.	Algunas labores mineras y extrapolación a corta distancia.		
d (4)	Vetas pequeñas o alargadas muy entrecortadas con una diseminación demasiado heterogénea del elemento útil.	Labores mineras.	Labores mineras.		Un nivel de explotación (frecuentemente espaciado a corta distancia)	Dos niveles de explotación.	GENERALMENTE EXTRAPOLACION	C ₁ y C ₂
	Yacimientos muy pequeños y otros cuerpos pequeños.	La exploración se junta con la explotación.						

NOTA: Los números entre paréntesis corresponden a la clasificación de Petraschek.

Cuadro N°6: Algunos datos promedio sobre la exploración de yacimientos filonianos en la URSS, Tomado de N.V. Kreiter (1961) Trad. por Ing. Castillo.

FORMAS PRINCIPALES DE LOS CUERPOS MINERALIZADOS.	ROCA ENCAJONANTE Y FORMA DE PRESENTACION DE LOS DEPOSITOS	TIPO DE MINERALES (ELEMENTOS, MINERALES O MATERIAL PRIMAS)	VARIABILIDAD DE LOS DEPOSITOS	SISTEMAS PRINCIPALES DE EXPLORACION	OBSERVACIONES
1) Mantos y cuerpos en forma de mantos generalmente grandes.	a) Generalmente horizontales, mayormente sedimentos jóvenes, sueltos, suaves o mantos de suelo.	Manganeso, hierro, níquel, cobalto, azufre, bauxitas, arcilla cerámica, yeso, sales, carbón, magnesita, caolín, muchas piedras de construcción.	Regular	Perforaciones verticales.	
	b) Predominantemente aluvio y deluvio.	Varios placeres con oro, platino, diamantes, casiterita, wolframita, rutilo, ilmenita, monazita, zircon y columbita.	Regular y Errática 50% < V < 200%	Perforaciones con pozos como chequeos.	Solo ciertos placeres de costas y menos a menudo playas aluviales.
	c) Rocas sedimentarias y sedimentarias metamórficas antiguas y dislocadas y series de carbonatos con bajo buzamiento con menor frecuencia areniscas.	Carbón bituminoso y antracita, lutitas carbonosas, menas de hierro y titanio, bauxitas, fosforitas, menas de uranio numerosas, piedras de construcción, magnetitas, berita (algunas veces con sulfuros), espatofluor, menas de plomo, zinc y cobre.	Regular y Errática	Perforaciones principalmente vertical e inclinada.	Vetas de titanio y menas de hierro también caen bajo esta categoría.
	d) Predominantemente rocas efusivas de buzamiento bajo y masas estratificadas básicas y alcalinas.	Impregnaciones de cobre, níquel (con platinoides) apatitas, mantos con niobio, titanio, zirconio, tierras raras, cromoespinelas, rocas plátíferas.	Regular y Errática	Perforaciones verticales, ocasionalmente perforación tipo churndrill.	
2) Stock works grandes y alargados y depósitos grandes de forma irregular.	a) Pequeñas intrusiones de composición variada y sus rocas encajonantes.	Titanio, cobre, molibdeno, estaño, wolfram, oro, carbonatitas, nefelinsilnita.	Generalmente Errática ocasionalmente regular.	Perforación con testigos y tipo churndrill con excavaciones de chequeo.	Stock works se exploran mayormente con churndrill
	b) Zonas de Skarn y Greissen menas a menudo zonas y secciones serpentinizadas grafitizadas y talquitzizadas.	Hierro, cobre, plomo, zinc, wolfram, molibdeno, estaño, litio, berilio, asbesto, grafito, talio.	Errática 60% < V < 120%	Perforación con testigos y tipo churndrill con excavaciones de chequeo.	
3) Cuerpos vetiformes y lenticulares pequeños a medianos y zonas de vetas medianas a pequeñas.	a) Intrusivos y efusivos básicos y ultrabásicos y más raramente rocas sedimentarias.	Menas de cobre, níquel (generalmente con platinoides) cromoespinelidos en parte, plomo, zinc, cobre, azufre, espatofluor, beritas, grafito, corindón, asbestos.	Errática V ≈ 80	Perforación y laboreo subterráneas combinadas con perforación de superficie	
	b) Varias rocas efusivas y sedimentos potentes.	Estaño, wolfram, molibdeno, oro, plomo-zinc (con Ag Au Cd Bi Sb As In Ge Ga etc) formaciones c/ cinco elementos (U, Ni, Co, Ag, Bi).	Errática V ≈ 130%	Labores subterráneas con perforaciones de superficie y desde labores mineras.	En cada caso la exploración empieza con la minería.
	c) Endo y Exocontactos de intrusiones graníferas y rocas efusivas.	Pegmatitas con berilio, tantalio niobio, muscovita c/ cesio, telururos de oro, flogopita, etc.	Errática V ≈ 200%	Labores subterráneas con perforaciones desde labores mineras solamente.	
4) Cuerpos tubulares y ramificados pequeños a vez medianos.	a) Rocas sedimentarias metamórficas e ígneas ultrabásicas ("Pipes aislados continuos).	Cobre, cobre con oro, wolfram, menas de cobre-níquel (generalmente con platinoides) boronolitas platiníferas y dunitas.	Errática V = muy alta	Labores subterráneas con perforación desde interior mina.	Por lo menos un nivel y medio a dos son explorados solamente con labores subterráneas.
	b) Rocas carbonáticas skarns, cuerpos tubulares ramificados.	Menas de estaño, plomo, zinc (con Ag y muchas otras impurezas).	Errática V = muy alta	Labores subterráneas con perforación desde interior mina. Generalmente explotación se conducen simultáneamente.	Es mas imperativa que no solamente la exploración inicial, sino que a veces, toda la explotación debe hacerse por labores subterráneas.
5) Pequeños bolsones, lentes vetillas, "pipes", celadas, localizadas en zonas definidas o en distribución al azar.	a) Endo y exocontactos de intrusiones graníticas (pegmatitas), Skarns, rocas efusivas, cuarcitas secundarias, calizas (los cuerpos están confinados a zonas orientadas).	Berilio, Tantalio, Molib, cesio, wolfram, cuarzo óptico, espatofluor óptico, esmeril, corindón.	Errática No se puede calcular el valor de V.	Labores mineras subterráneas.	
	b) Rocas ultrabásicas, pegmatitas.	Platino, minerales y piedras preciosas.	Errática No se puede calcular el valor de V.	Labores mineras subterráneas	

Cuadro N°7: Distribución de depósitos por forma y tamaño, variabilidad y métodos principales de exploración.

Esta tabla acepta la sugestión de Kalestor de dos tipos de variabilidad, regular y Errática

El coeficiente de variabilidad V relaciona principalmente la calidad del mineral. Tomado de V.M. Krevter (1964)

Debe tenerse en cuenta que este cuadro es solamente una guía y como tal da una idea del orden de magnitud de trabajos requeridos. Se debe insistir que en última instancia son el conjunto de características geológicas, mineras, de emplazamiento geográfico, infraestructura, etc. los que determinan la secuencia y cantidad de trabajos mineros necesarios para llegar a la etapa de producción industrial. "Dependiendo de la complejidad de su estructura geológica, diferentes partes de un mismo yacimiento o cuerpo mineralizado pueden requerir, en algunos casos, diferentes densidades de labores mineras o perforaciones". (Kreiter, 1964).

De acuerdo con Kreiter (1964), cuando en alguna fase de la exploración se ha determinado en forma parcial o aproximada el grado o coeficiente de variabilidad del cuerpo mineralizado, es posible planear la densidad de la red en una de las siguientes formas:

- 1) Por el método analítico
- 2) Por disminución gradual en la densidad de la red.
- 3) Por comparación de datos de exploración y explotación

El método analítico se basa en la expresión matemática del coeficiente de variabilidad, el que en este caso determina la cantidad de labores que serán suficientes para explorar un yacimiento. Este método por lo menos puede usarse como dato comparativo.

El número de mediciones requerido se da por la fórmula

$$n = \left[\frac{t V}{p} \right]^2$$

donde p = error permisible

t = 1

V = coeficiente de variabilidad

Si n está determinado, entonces la densidad de la red está dada por la fórmula

$$S_o = S \frac{p^2}{V^2}$$

Donde S_o = área que cubre cada labor

S = área del depósito

El número de labores calculado con estas fórmulas debe ser usado solamente como una guía muy aproximada en la planificación de la red de exploraciones sujeta a ser coregida de acuerdo con la experiencia práctica de otros yacimientos.

Cuando se tienen datos sobre otros yacimientos similares, el número de labores por unidad de área puede ser encontrado por la siguiente expresión:

$$n_x = \frac{n' \text{ o. } V''}{V'}$$

Donde V' y n' = coeficiente de variabilidad y número de labores por unidad del área, respectivamente, de un yacimiento conocido similar al yacimiento en cuestión;

V'' = Valor aproximado del coeficiente de variabilidad para el yacimiento en cuestión. El valor aproximado de este coeficiente puede ser determinado a partir del muestreo en una red muy poco densa durante la primera fase de prospección o exploración preliminar.

El método de disminución gradual en la densidad de la red se basa en la comparación de los resultados del cálculo de los valores promedio de espesores, leyes y tonelajes que podrían ser obtenidos con redes de diferente densidad, especialmente en yacimientos donde pueden obtenerse como referencia datos de alguna naturaleza.

Generalmente se calcula los tonelajes y las características promedio individuales (leyes, espesor) para todas las labores de la red, después se efectúa un cálculo similar para la mitad de las labores, tomando solamente los intermedios (es decir, saltando, la primera, tercera, quinta, etc.); se hacen varias versiones de los cálculos para los diferentes tipos de labores usando una misma densidad de red. Los resultados de los cálculos se comparan con los valores de tonelajes, leyes y espesores determinados con la red original. De esta manera, la densidad de la red está dada por la variante cuyos resultados tengan una diferencia mínima aceptable con los de la red más densa (este método puede ser aplicado a las minas donde se dispongan de datos abundantes de muestreo y donde se necesite programar exploración adicional.

Si las reservas estimadas con la red menos densa concuerdan en forma

muy aproximada con aquellas estimadas con la red más densa, naturalmente será mejor escoger la red de menor densidad.

El método de comparar datos de exploración con los de explotación es una de las formas más seguras de verificar los datos de exploración. Cuando se usa aisladamente o en conjunción con los anteriores, hace posible que se puede estimar, en base a información adecuada, la densidad de la red de labores para diferentes tipos. La explotación suministra datos indicativos respecto de donde han sido más adecuados los datos de exploración. La principal dificultad de este método radica en la recolección de datos convincentes durante la etapa de explotación.

A fin de obtener rendimientos máximos con mínimos de inversión, es recomendación prioritaria que el F.F.M. lleve esta clase de control sobre todos los yacimientos en los cuales se realicen trabajos de exploración.

De acuerdo siempre con Kreiter (1964), en yacimientos del tercer tipo (similares a los típicos bolivianos) un trabajo experimental ha establecido que las estimaciones de reservas para bloks muestreados en cuatro, tres o aún dos lados difieren muy poco, aumentándose esta diferencia muy poco cuando se incrementa el coeficiente de variabilidad.

Esta experiencia confirmaría el criterio que clasifica como reservas positivas en yacimientos filonianos a aquellas muestreadas sólo en dos niveles consecutivos y paralelos, cuyo espaciamento podría estar determinado por uno de los métodos descriptos anteriormente.

En el caso de yacimientos muy heterogeneos, el espaciamento entre labores está dado por el criterio económico, es decir por la altura mínima admisible entre nivel de explotación, de acuerdo al método a emplearse, puesto que un margen de error permisible (p) muy bajo y un coeficiente muy alto de variabilidad nos darán intervalos muy pequeños entre labores de explotación.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que en yacimientos de muy alto coeficiente de variabilidad, los valores de error permisible encontrados en una cierta densidad de muestreo y exploración pueden ser

demasiado altos (a veces en el orden de $\pm 70\%$), pero no siempre es práctico aumentar la densidad de la red, puesto que la disminución del error que se obtiene con esto es insignificante en relación al costo que significa un mayor número de labores (ver figura 2), por lo tanto las tolerancias en el valor (p) para este tipo de yacimientos deberían de ser mayores para la calificación de las diferentes categorías de reservas, o bien la etapa de explotación industrial podrá comenzarse cuando se hayan desarrollado reservas con menor grado de certeza, por ejemplo, probables mas posibles. En este tipo de yacimientos puede disminuirse el valor de el error permisible cuando se considera el total de un número determinado de bloques puesto que los errores por exeso de algunos, tenderá a compensar los errores por defecto de otros, por lo tanto, en determinadas circunstancias cuando se tengan fijados los límites de error permisible para las diferentes categorías de reservas, un grupo de bloques probables podrá considerarse como reserva positiva en su conjunto, cuando el error permisible calculado para el grupo de bloques así lo determine. En la misma forma un grupo de bloques posibles en su conjunto podrá ser considerado probable.



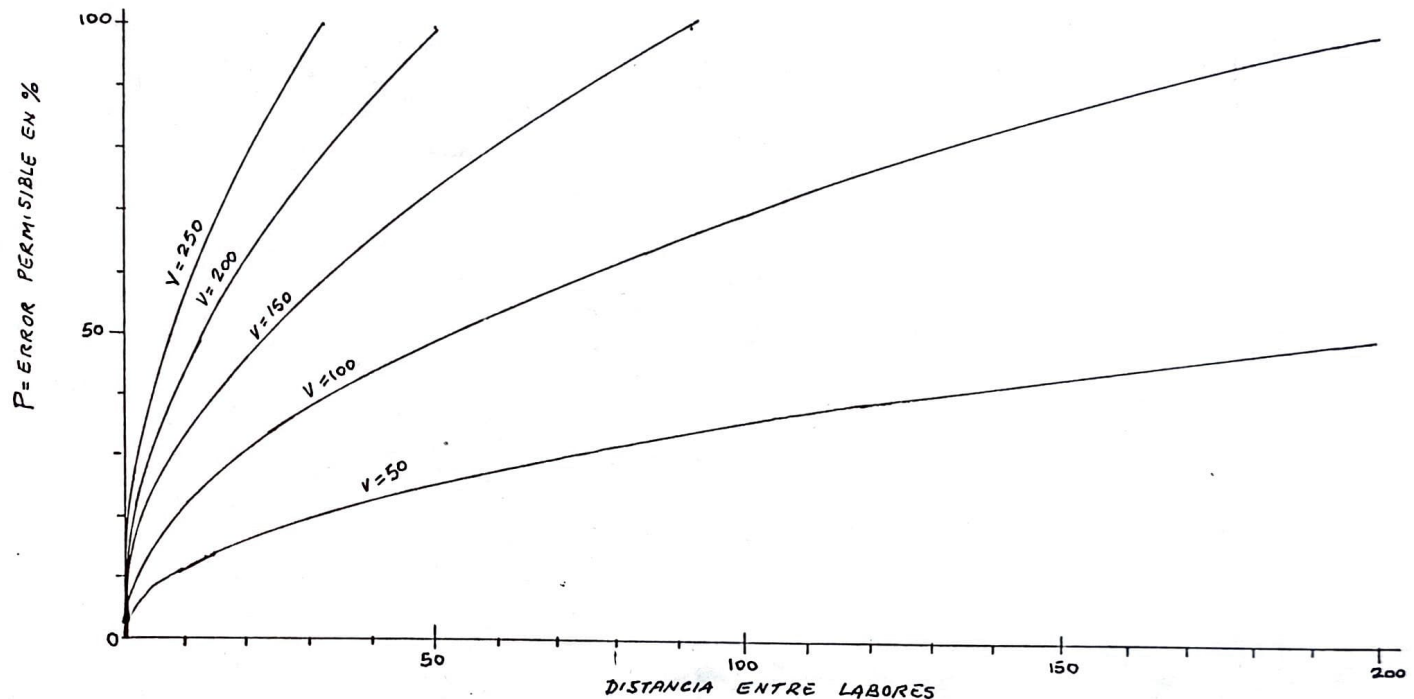


Fig. 2 RELACION DE DISTANCIA ENTRE LABORES Y ERROR PERMISIBLE (P) EN LA DETERMINACION DEL VALOR DE UNO DE LOS COMPONENTES (Ley, Ancho etc) PARA DIFERENTES VALORES DEL COEFICIENTE DE VARIABILIDAD (V)

El presente gráfico se ha confeccionado asumiendo que una veta va a ser explorada en una altura (o longitud) de 200 metros.

Para valores mayores de 150 no es práctico densificar la red de labores puesto que la exactitud de las determinaciones aumenta en forma insignificante.

A N E X O 1

CLASIFICACION RUSA DE YACIMIENTOS

(de acuerdo al grado de dificultad de la exploración)

Grupo a) Yacimientos de forma simple con una distribución regular de los constituyentes minerales. Este grupo consiste principalmente en depósitos de origen sedimentario (carbón), algunos materiales de construcción y refractarios, yacimientos sedimentarios de hierro) y algunos depósitos sencillos de bauxita, también pertenecen a este grupo algunos depósitos magmáticos grandes de hierro y titanio resistentes al intemperismo.

En este grupo pueden determinarse reservas positivas solamente en base a perforaciones con taladros espaciados en malla muy amplia, se necesitan muy pocas labores subterráneas solamente como chequeo y para muestreo tecnológico.

Grupo b) Yacimientos grandes de varias formas, a veces complejas (incluyendo grandes cuerpos metasomáticos) con distribución irregular de los componentes. Este grupo incluye muchos stock-works de metales no ferrosos, pirita, algunos yacimientos relativamente homogéneos de metales raros (en intrusivos tipo sills), muchos placeres grandes y con contenido uniforme de oro, platino, estaño y de metales raros, depósitos intensamente dislocados y metamorfizados de carbón y mármol.

En este grupo se pueden determinar reservas positivas solamente por labores mineras espaciadas normalmente, mientras que las probables y posibles pueden establecerse con perforaciones.

Grupo c) Yacimientos medianos de forma diversa con distribución muy irregular de valores. Estos son a menudo cuerpos vetiformes, pero se conocen también cuerpos irregulares. A este grupo pertenecen la mayoría de los yacimientos vetiformes de oro, estaño, metales raros, mercurio, antimonio, tungsteno, molibdeno y algunos depósitos complejos irregulares y placeres que descansan sobre lechos desiguales con distribución no uniforme de valores.

La gran irregularidad de la mineralización o su forma compleja, combinada con una distribución irregular hace que la exploración con labores subterráneas se use para determinar reservas probables de bloques individuales, sin embargo, en lo que se refiere al total de un grupo de bloques, las reservas así exploradas pueden clasificarse como positivas. En base a perforaciones se puede establecer reservas posibles.

Grupo d) Este grupo contempla depósitos morfológicamente similares al grupo C. La diferencia principal es la distribución extremadamente irregular de valores y la escala pequeña de los yacimientos que son en general muy chicos, algunas veces vetas, cuerpos metasomáticos o "pipes" fuertemente dislocados. También pertenecen a este grupo ciertas vetas pegmatíticas de berilio y estaño, muchas vetas pequeñas y cuerpos irregulares de metales preciosos y raros, de antimonio y mercurio. También algunos placeres complejos y pequeños.

En general, en este grupo, las labores mineras solamente determinan reservas probables en un grupo de bloques y en bloques individuales solamente reservas posibles. La perforación se usa muy rara vez y en general solamente para determinar la existencia de un prospecto, es decir reservas prospectivas. Muy rara vez, cuando se usa en combinación con labores mineras, la perforación ayuda a establecer reservas posibles. Los trabajos de exploración se usan siempre para preparar los bloques para explotación, es decir la exploración se combina con la explotación.

Grupo e) Yacimientos en bolsones muy pequeños y cuerpos de forma cilíndrica "pipes", por ejemplo bolsones de platino y "pipes" de cromita en dunitas, algunos depósitos pegmatíticos de esmeraldas y gemas. Pequeños bolsones de scheelita y molibdenita en skarns, células y bolsones de cuarzo óptico, calcita y espatoflúor. El número de depósitos de este tipo que se explotan crece continuamente como resultado de avances tecnológicos.

La exploración y desarrollo de estos yacimientos presenta grandes dificultades, la exploración sistemática no establece reservas probables, solo una parte pequeña se clasifica

como reserva posible y la mayor parte como prospectiva. La exploración se desarrolla simultáneamente a la explotación.

B I B L I O G R A F I A

- Ambrus, Jose (1976) Desarrollo, evaluación y control de proyectos de exploración. Documento elaborado por la División Geológica de Chuquicamata para uso de la Secretaría Regional de Planificación y control de la II Región de Chile.
- Banfield, Havard J.F.; (1975) Let's Define our Terms in Mineral Valuation. Mining Engineering. July 1975.
- Bustos, A.(1973) Instructivo para la evaluación de reservas en las minas de COMIBOL. Corporación Minera de Bolivia, Subgerencia de geología.
- Blondel, F.; Lasky,S.G.(1956) Mineral Reserves and Mineral Resources, Economic Geology, vol 51, Nov.1956.
- Brobst, D.A.;Pratt W.P.(1974) United States Mineral Resources. U.S.G.S.,Professional Paper 820
- Brooks, Davis B. (1976) Mineral Supply As a Stock. Economics of the Mineral Industries Edited by W.A.Vogely.
- Bruce, Charles (1962) Estandarización de sistemas de muestreo y cálculo de reservas. Corporación Minera de Bolivia.
- COMIBOL,(1966) Método para el cálculo de reservas. Informe Inédito.
- COMIBOL_Depto.Exploraciones (1976) Evaluación de yacimientos secundarios, placeres.(Informe inédito).
- Cox, Herbert H. (1968) Definition of Ore and Classification of Ore Reserves. Ore Reserve Estimation and Grade Control, Montreal, Special volumen Nr. 9, Canadian Institute of Mining and Metallurgy.
- Dadson, A.S.(1968) Ore Estimates and Specific Gravity. Ore Reserve Estimation and Grade Control, Montreal, Special Volumen Nr.9, Canadian Institute of Mining and Metallurgy.
- Forrester, J.D.;(1973) Examination, Valuation and Reports. SME Mining Engineering Hand-Book, Edited by Cumminigs and Given.

- Gutierrez C.Eduardo (1973) Consideraciones generales sobre el cálculo de reservas en la Corporación Minera de Bolivia. III Convención de Geología, La Paz.
- Hazen, Scott W. (1968) Ore Reserve Calculations. Ore Reserve Estimation and Grade Control, Montreal, Special Volumen N.º.9, Canadian Institute of Mining and Metallurgy.
- Kreiter, V.M. (1964) Geological Prospecting and Exploración. Translated from the Russian by Alexander Gurevich Moscow 1968.
- Lunario. F. (1975) Gráfico para control de la ley minera económica (cut-off) en la explotación de minas de estaño. Revista técnica de FITCOM
- Mc Clelland, J.F. (1945) Prospecting, Development and Exploration of Mineral Deposits. Mining Engineer's Hand Book, Edited by R. Peeler.
- Mckinstry, H.E. (1977) Geología de minas, Capítulos 2 y 18. Editorial Omega.
- Mining Magazine, (1974) Classification of Ore Reserves and Resources. (Número de marzo)
- Murillo, Carlos (1975) Informe sobre el cálculo de reservas del sector Chocobija. Informe inédito para empresa EMUSA
- Nicolaivic, N. (1978) Cálculo de reservas. Conferencia dictada en el F.N.E.M.
- Parks. R.D. (1975) Examination and Valuation of Mineral Property, Caps. 4 al 8. Edited by Addison-Wesley Publishing Co. Inc.
- Patterson, Jhon A. (1959) Estimating Ore Reserves Follows Logical Steps. Hand Book of Cost Cutting. Practices for Mine, Mill and Smelter Operations. Engineering and Mining Journal.
- Peter, Williams C. (1978) Exploration Mining and Geology. Cap. 16, Editorial J.
- Petraschec. W.W., Mack E., Mastoris K. (1970) Claficación europea de reservas. Traducción por Dr. H. Magliola M. Parte de un artículo de World Mining número de junio (incompleto)

- Raymond, L.C. (1976) Valuation of Mineral Property. Economics of the Mineral Industries, Edited by William A. Vogely.
- Rodrigo, F. (1978) El aspecto económico en el cálculo de reservas; Costos mineros y fabriles, su influencia. Curso latinoamericano de capacitación para la prospección y exploración de yacimientos uraníferos.
- Royle. A.G. (1977) How to use Geostatistics for Ore. Reserves Classification. World Mining, February 1977.
- Ruiz. A.G. (1970) Diseño de bloques: Anales del I.I.M.M. Año I N°2, Enero 1970
- Ruiz A.G. (1970a) Uso de computadoras electrónicas para cálculo de reservas minerales Anales del I.I.M.M., Año I, N° 2, Enero 1970
- Westervelt, N.Y. (1945) Mine Examinations, Valuations and Reports. Mining Engineer's: Hand-Book, Edited by R. Peele
- Zubrzycki, P.P. (1954) Proyecto para estandarizar los sistemas de muestreo en todas las minas de la Corporación Minera de Bolivia. COMIBOL, Dpto. geológico. Siglo XX.

B I B L I O G R A F I A

- BOLIN, DAVIS (1978 a) - Cost estimation at the Exploration Stage. Documento interno de F.N.E.M.
- BOLIN, DAVIS (1978 b) - Economic Evaluation of Exploration Projects. Documento interno del F.N.E.M
- KREYTER, V.M. (1964) - Evaluation of Mineral Deposits. Translated from the Russian by Alexander Gurevich. Moscow, 1968.
- LANEYRIE, P. (1979) - Estimación rápida de la rentabilidad de un Proyecto. Compendio de un estudio de P. Laneyrie B.R.G.M.
- RAYMOND, L. C. (1976) - Valuation of Mineral Property. Economics of the Mineral Industries. Edited by W. A Wogely.
- ROMAN, RONALD J.
BECKER, GEORGE W. (1973) - Computer program for monte carlo economic evaluation of a mineral deposit. New Mexico State Bureau of Mines and Mineral Resources. Circular 137.
- RUDAWSKY, ODED (1970) - Economic evaluation techniques for mining investment projects. Colorado School of Mines, Research Institute. Mineral Industries Bulletin, Nov.(1970)