

GEOINFO'2000
HABANA-CUBA

**V TALLER
INTERNACIONAL**



El Instituto de Geofísica y Astronomía y la División de Geomatemática de la Sociedad Cubana de Geología, convocan a todos los interesados en participar en el V Taller Internacional «Informática y Geociencias» GEOINFO'2000.

Este evento se efectuará del 21 al 24 de noviembre del año 2000 en La Habana, Cuba, y reunirá a especialistas de diferentes ramas de las ciencias de la Tierra y del Espacio, así como a profesionales de las Matemáticas y la Informática interesados en la solución de tareas de la Geología, Geofísica, Ecología, Geografía, Meteorología, Oceanología, Sismología, Astronomía y otras ciencias.

Las temáticas son las siguientes: Geoestadística y Análisis Espacial de Datos, Métodos Estadísticos, Análisis Exploratorio de Datos, Reconocimiento de Patrones, Análisis Espectral, Modelación Matemática (2D y 3D), Mapeo Automático, Técnicas de Gráficos por Computadoras, Sistemas de Bases de Datos, Sistemas de Información Geográfica, Percepción Remota, Procesamiento de Imágenes y Análisis Digital, Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos, Métodos de Generación Automática de Hipótesis, Tarea Directa e Inversa en Geofísica.

Se podrán presentar resultados teóricos o prácticos originales, por escrito, en forma de artículos. Todos los trabajos se presentarán en forma de póster. Sesionarán mesas redondas y se impartirán conferencias magistrales relacionadas con las temáticas del evento. Los idiomas oficiales serán español e inglés. Los interesados en participar enviarán sus datos personales junto con un resumen del trabajo (extensión máxima de 500 palabras) al Comité Organizador antes del 15 de julio del 2000.

La Primera Circular, que se emitirá en enero de 1999, contendrá detalles sobre la cuota de inscripción, facilidades de alojamiento y paquetes turísticos, así como el formato oficial de entrega de los trabajos.

La correspondencia deberá ser dirigida a:

Dr. Alberto E. García Rivero
Instituto de Geofísica y Astronomía
Calle 212 No. 2906 e/29 y 31
Reperto La Coronela, La Lisa
Ciudad de La Habana, Cuba
Fax: (537)33 9497

Geología de explotación (exploración de explotación y exploración geológica). Concepto de reservas técnicas

Omar Castro González*
Mabel Rodríguez Romero*
Enrique Hernández Gonzalo*

*Oficina Nacional de Recursos Minerales.

RESUMEN: En el trabajo se argumenta la importancia de la geología de explotación (geología de minas), en la determinación de las reservas técnicas, para la confección y cumplimiento de los planes de minería, así como para el completamiento del conocimiento geólogo-minero y de los bloques de reservas a ser extraídos y por extraer, respectivamente. Sirve, asimismo, de material de estudio, análisis y discusión para colegiar si este importante aspecto para la minería debe ser incluido o no dentro de las normas que, en este sentido, se consideran en la aplicación de la política minera del país y, por consiguiente, exigida y controlada por la ONRM.

ABSTRACT: The purpose of this paper is to show the importance the exploitation geology in the determination of the technical ores for mining and for increase the geological knowledge of the block reserve. This important matter can be considered in the mining policy of the country, under the control of the National Office of Mineral Resource (ONRM).

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objetivo fundamental argumentar la importancia de la geología de explotación (geología de minas), en la determinación de las reservas técnicas, para la confección y cumplimiento de los planes de minería, así como para el completamiento del conocimiento geólogo-minero y de los bloques de reservas a ser extraídos y por extraer, respectivamente. Asimismo que sirva de material de estudio, de análisis y discusión para colegiar si este importante aspecto para la minería debe ser incluido o no dentro de las normas que, en este sentido, se observan en la aplicación de la política minera del país y, por consiguiente, exigida y controlada por la ONRM.

El principio de estudio o evaluación de los yacimientos minerales útiles, desde el punto de vista del modelo soviético, partía de la creación de una división técnico-económica de las etapas o estadios muy detallados. Actualmente coexisten en Cuba dos tendencias en la interpretación del cálculo de reserva:

1. El hecho que durante años la evaluación geológica y geológico-económica de los depósitos minerales se realizó y realiza según la escuela soviética.
2. La inversión participativa de compañías extranjeras de prospección y exploración en el ámbito nacional que imponen no sólo sus escuelas, sino que estas tienen reconocimiento mundial. No es un secreto los ingentes esfuerzos que para lograr el entendimiento internacional realizan el CMMI (Council for Mining and Metallurgical Institutions) y el Marco Internacional de las Naciones Unidas para la clasificación de Reservas/ Recursos; sin embargo, no es objeto de este trabajo introducir nuevos conceptos, sino adentrarnos en el trabajo actual a escala mundial de la clasificación de Recursos/ Reservas y al mismo tiempo trabajar adecuadamente con las antiguas clasificaciones en los trabajos de explotación que llevan a cabo las empresas geomineras del país y que no siempre se pueda hacer equivalencias exactas entre una clasificación y otra. La geología de explotación o geología de minas no escapa a esa dicotomía.

Hoy día, en nuestro país, se reconocen las actividades de: reconocimiento e investigación geológica (prospección y exploración), como etapas para la investigación geológica y evaluación de los yacimientos minerales útiles, donde se realizan trabajos geológicos encaminados a dar respuesta a las necesidades de evaluaciones rápidas del yacimiento mineral. Con independencia que en la actualidad se utilicen cada vez más los métodos geoestadísticos en la evaluación de los recursos minerales, estos no siempre pueden ser utilizados y ha de acudir a métodos convencionales de cálculo o la combinación de ambos, cuando la complejidad y variabilidad de algunos yacimientos así lo requieran. Tanto en un caso como en el otro, en

mayor o menor medida según proceda, será necesario, mediante la geología de explotación, categorizar las reservas técnicas.

Importancia de la geología de explotación

Con el inicio de los trabajos de apertura, preparación y extracción del yacimiento, comienza también el trabajo del *servicio geológico* de la mina, o sea, la *geología de explotación* y con ello sus vertientes de *actividad de exploración de explotación* y de *exploración geológica posterior*, si esta procediere.

La principal tarea del *servicio geológico* de las empresas extractivo-mineras es la exploración de explotación, la cual se ejecuta en el yacimiento de forma planificada y sistemática durante todo el período de su explotación hasta su liquidación y cierre.

En la etapa de investigación geológica, previa a la apertura y extracción, el yacimiento ha transitado por una serie de estudios técnico-económicos (pre-factibilidad y factibilidad), cuyos resultados han servido para proyectar el método y el o los sistemas de explotación a aplicar, así como la tecnología de beneficio y procesamiento metalúrgico a utilizar, cuestión que se continúa actualizando en la etapa de la exploración de explotación, mediante la obtención y precisión de:

- Datos adicionales sobre la constitución geológica del yacimiento.
- La delimitación precisa del contorno del cuerpo mineral.
- Evaluación de las reservas dentro del límite de cada sector de explotación, escalones, bloques, pilares de seguridad.
- Condiciones minero-técnicas para el trabajo de avance de las excavaciones en los bloques.
- La calidad y condiciones minero-técnicas para su explotación.
- El cálculo de las pérdidas y dilución en el proceso de extracción del mineral.

La *exploración de explotación* se realiza dentro del área donde se encuentran delimitadas las *reservas económicas*, que definen las reservas extraíbles (minables), esto es, las probadas y probables, reservas estas que en consecuencia, cumplen con los límites de cálculo dados por los estudios técnico-económicos (pre-factibilidad y factibilidad), y que forman parte de los recursos geológicos que componen el depósito; luego, la exploración de explotación va dirigida, fundamentalmente, a los límites de los sectores preparados para la explotación, de aquí que esta actividad esté subordinada a los intereses de la explotación y su metodología o forma de ejecutarse va a depender del *método de explotación* y de los *sistemas de explotación* que se estén o vayan a emplearse para la extracción del mineral.

Con los resultados de estos trabajos, el servicio geológico cuenta con los datos suficientes para, conjuntamente con la dirección minera, planificar:

- Los trabajos de extracción, planes de minería (volúmenes y leyes) anual, semestral, trimestral, mensual y diaria.
- La seguridad minera en la ejecución de todos los trabajos mineros.
- El control en la extracción de las reservas.
- Determinación de las pérdidas y la dilución del mineral útil incurridas durante la extracción, etcétera.

Para la obtención de esta información, se utilizan todos los laboreos mineros preparatorios del campo de mina a explotar tanto a cielo abierto, como subterráneo (galerías, contrapozos, piqueras, cortavetas, los frentes de extracción, etc.), así como las informaciones que brindan los propios trabajos de exploración (perforaciones, pozos criollos, trincheras) y laboreos especiales de exploración realizados en los límites del sector de explotación; además de la documentación del muestreo de las paredes, pisos y techos de los laboreos de exploración y explotación correspondientes. (Ver Figura 1.)

Concepto de reservas técnicas

Como resultado de la evaluación de esta documentación se realiza el *cálculo de las reservas técnicas*, reservas estas que deben su nombre a su propia condición de reservas extraíbles (minables) y a la *preparación técnico-minera que posean*, las cuales se catalogan en:

- Reservas abiertas (Ab).
- Reservas parcialmente preparadas (Pp).
- Reservas listas (L).

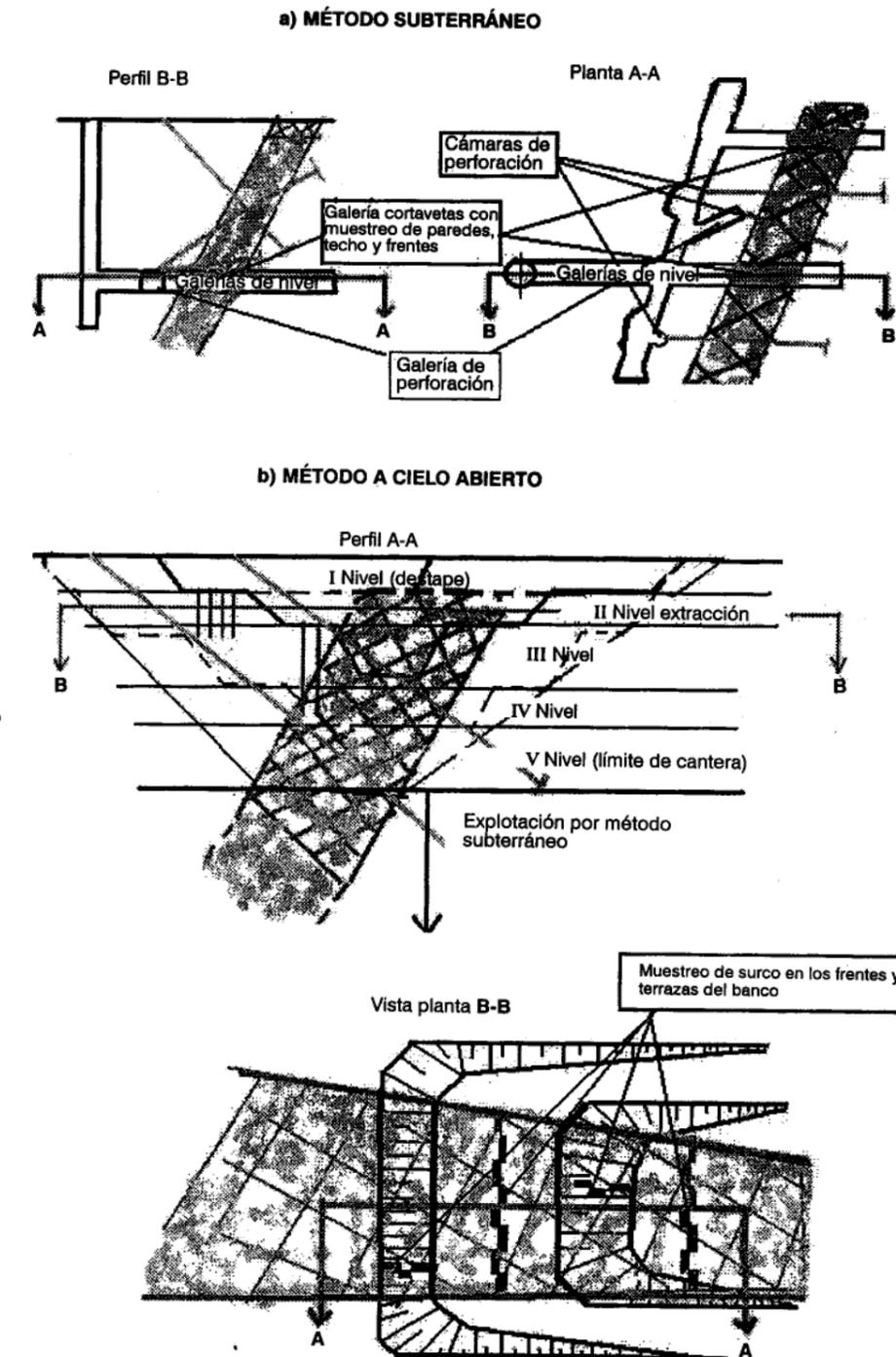
Cuando el método de explotación es a cielo abierto (cantera) y las condiciones geólogo-mineras son sencillas, se pueden evaluar las reservas técnicas en: *reservas abiertas* y *reservas listas* solamente.

Descripción de las reservas técnicas

Reservas abiertas (Ab)

A este grupo pertenecen las reservas extraíbles o minables que se encuentran ubicadas (en el caso de una mina subterránea) por encima del nivel aperturado más profundo de la mina y que a través de sus excavaciones o laboreos mineros sea accesible el cuerpo mineral; pero, además, cuente con las redes de: electricidad, aire comprimido, desagüe, ventilación, relleno, agua industrial y potable, transporte, alumbrado, según el sistema de explotación que se esté empleando.

Las reservas en pilares de seguridad de la mina, debajo de los caminos de transporte, debajo de las edificaciones en superficie y de otras instalaciones industriales, se tienen en cuenta aparte y se trasladan a esta categoría cuando se vayan a liquidar las mismas, al cesar la función de los objetivos que ellas estuvieron protegiendo.



- Datos adicionales sobre la constitución geológica del yacimiento.
- La delimitación precisa del contorno del cuerpo mineral.

FIGURA 1. Variantes de la geología de explotación (exploración de explotación) en los métodos de extracción.

En el caso de la explotación a cielo abierto van a pertenecer las reservas por encima del escalón o banco del nivel más bajo de la cantera, que posea acceso para la extracción; entran también las reservas situadas por deba-

jo del escombro o por debajo de las reservas parcialmente preparadas, coincidiendo en los escalones los límites de estas reservas con los límites de los recursos geológicos y de la cantera proyectada. (Ver Figuras 2; 3; 4; 5 y 6.)

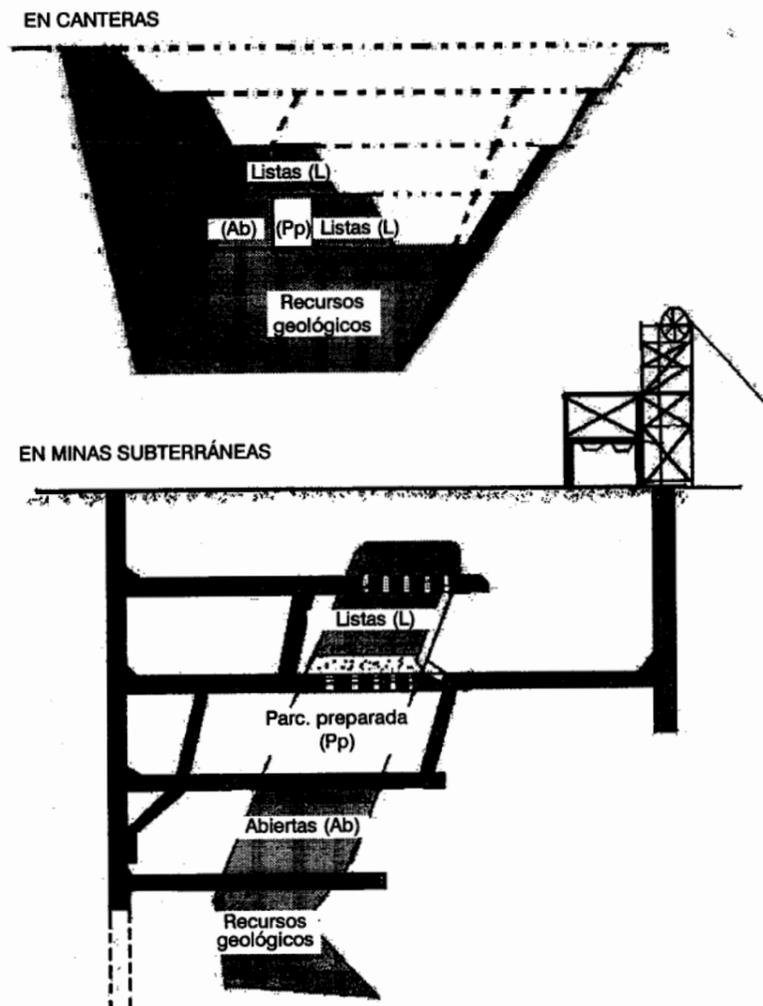


FIGURA 2. Reservas técnicas. Ejemplos.

Reservas parcialmente preparadas (Pp)

Representan aquellas reservas geológicas que el grado de conocimiento geológico y la preparación técnico-minera es tal, que solamente es necesario realizar algún pequeño trabajo de preparación para su extracción. Se aseguran a partir de las reservas abiertas.

En las minas subterráneas van a pertenecer aquellos bloques de reservas que están delimitadas por tres lados por obras mineras (galerías, contrapozos, cortavetas, ensanches, etc.). Estas reservas se encuentran entre niveles de extracción.

Las reservas de mineral en pilares temporales (pilares intercamerales, pilares de techo y piso de galerías, etcétera) se consideran Pp después de ejecutar los trabajos preparatorios contemplados en el proyecto de ex-

plotación para su liquidación de acuerdo con el sistema de explotación que se esté aplicando.

En las canteras a este grupo pertenecen los bloques que se encuentran por debajo de las reservas listas o forman la plataforma de trabajo para la extracción en el nivel superior, estableciéndose el ensanche de esta plataforma según el proyecto de explotación, no siendo nunca menor que 12 metros. (Ver Figuras 2; 3; 4; 5 y 6.)

Reservas listas (L)

Como su nombre lo indica, son aquellas reservas geológicas que se encuentran listas para la extracción en un plazo de 24 a 72 horas. Se aseguran a partir de las reservas Pp o de las abiertas (Ab). (Ver Figuras 2; 3; 4; 5 y 6.)

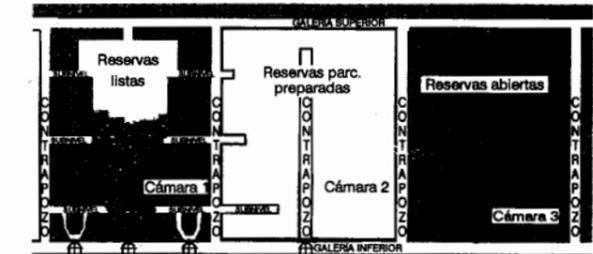
En las minas subterráneas van a pertenecer aquellos bloques a los cuales se les ha realizado los laboreos de preparación imprescindibles para comenzar su extracción, por ejemplo:

- Cuando se utilice sistema de explotación con cámaras abiertas, con disposiciones regulares e irregulares de los pilares y tengan ejecutados: las piqueras de ordeño del mineral. Las cámaras de acarreo para los winches de arrastre (scraper) y galerías de carga o sólo las galerías de carga, cuando esta se realice con equipos mecanizados (paleadoras, autocargadores, etcétera). Cuando la potencia del cuerpo mineral es grande y tengan, además, las excavaciones de preparación dentro de las cámaras, esta última, en la variante de cámaras por subniveles. Ver esquema a continuación:



- Cuando se utilizan sistemas de explotación con almacenamiento del mineral arrancado (cámara-almacén) y tengan: excavación de corte, piqueras de ordeño, cuando se trabajan los bloques sin dejar pilares de techo de las galerías de preparación y se tome la primera capa o corte directamente sobre la galería, o con galería fortificada y con piqueras de ordeño del mineral.
- Cuando se utilicen sistemas de explotación que tengan frentes en formas de escalones ascendentes por el piso y tengan el corte del primer escalón y el acceso al segundo escalón desde la galería de ventilación superior.
- Cuando se utilicen sistemas de explotación de cámaras abiertas por subniveles y tengan los subniveles contrapozos de corte ejecutados, así como las piqueras de ordeño del mineral.
- Cuando se utilicen sistemas de corte y relleno con fortificación o no y se tenga ejecutado el primer corte, el contrapozo de comunicación entre niveles y, por supuesto, las piqueras de extracción del mineral. Ejemplo: mina de Matahambre, las reservas listas eran aquellas cuyos bloques tenían abiertos los ensanches (primer corte) y conectados por uno o más contrapozos

por mineral, se poseen los resultados de la exploración de explotación y, por tanto, se tiene definido exactamente los contornos del cuerpo mineral.



Secuencia de desarrollo de la explotación y preparación de las reservas técnicas en bloques con un sistema de explotación por cámaras abiertas por subniveles con arranque del mineral con barrenos profundos. Recursos geológicos

- Cuando se emplean sistemas de derrumbes por capas o por niveles y se tengan las excavaciones por capas o los niveles o subniveles de la primera capa o corte, las cámaras de compensación, las piqueras de ordeño del mineral, en la variante de preparación por trincheras tendrán que estar construidas las trincheras.
- Cuando se utilice el sistema de derrumbes natural o provocado tendrán que estar construidas las excavaciones del nivel de la segunda trituración, las piqueras y las cámaras de perforación.

- Cuando se aplique el sistema de tajos largos en cualquiera de sus variantes por paneles, y tengan la red de galerías longitudinales y transversales ejecutadas, las piqueras y contrapozos, en el caso de varios mantos en explotación, así como los laboreos de acarreo y carga.
- Para la explotación por el método a cielo abierto (cantera) se consideran reservas listas aquellas que cuentan con: la limpieza del escombro (destape), tengan la plataforma de trabajo limpia, vías de acceso hasta la misma fuera de la plataforma de trabajo, posean fuentes de energía o puedan ser aseguradas por equipos móviles. La extracción de estas reservas se asegura en un tiempo de 24-72 horas. (Ver Figura 2.)

CONCLUSIONES

- Es nuestro criterio, avalado por la práctica, que para la confección de los planes de minería anual y la planificación de los volúmenes de extracción, así como las necesidades de equipamiento y hombres que intervendrán en la misma, se parta de la cantidad de reservas aportadas en estas categorías, por supuesto en dependencia del tipo y peculiaridades de cada yacimiento, las cuales deben garantizar los siguientes períodos de tiempo:
 - Reservas abiertas (Ab) = 1-3 años; reservas parcialmente preparadas (Pp) = 6 meses-1 año y reservas listas = 6 meses-1 año, lo cual permite que las minas puedan contar con el aseguramiento de un plan para 2-5 años.
- El grado de exactitud y confiabilidad de los volúmenes de las reservas técnicas está en dependencia directa de la calidad de los trabajos topográficos y geológicos que sirven de base a los mismos, además de la periodicidad en que se realizan estos; de ahí que cobre gran importancia en esta etapa de trabajo el control de las actualizaciones topográficas.
- Es tarea del geólogo de explotación (geólogo de minas), conjuntamente con la dirección técnica minera de la mina, establecer la metodología idónea para el cálculo de las reservas técnicas, basándose en el método de extracción y los sistemas de explotación que se estén empleando o que se proyecta utilizar, por lo que no se puede indicar una metodología específica para los yacimientos que se explotan de forma subterránea o a cielo abierto, pues, como hemos visto, la misma dependerá precisamente de estas condiciones. Corresponde a cada mina establecer la metodología de cálculo de las reservas técnicas para sus condiciones específicas, siempre con la aprobación de la ONRM.
- Para facilitar la tarea del cálculo, así como las pérdidas y dilución ocurridas durante el proceso de extracción, el geólogo de mina confecciona el Expediente de los bloques de explotación, el cual debe recoger toda la información tanto gráfica como escrita del bloque desde su apertura hasta su extracción total o abandono definitivo; la cantidad de documentación a incluir en el mismo va a depender del tipo de yacimiento que se trate, de las condiciones geológicas, del tipo de materia prima, de la variabilidad del contenido de mineral o minerales útiles, de los métodos y sistemas de explotación empleados, así como de la tecnología del procesamiento, pues en dependencia de esta última variarán los datos de calidad que se desean obtener.
- En el caso de abandono total del bloque, se expedirá un acta en el que se reflejen las causas que provocan tal abandono, la cual será firmada por las direcciones técnica y administrativa de la empresa minera en cuestión.
- Los límites del cálculo en cuanto a potencia máxima de intercalación de estéril o de mineral no condicio-

nado a considerar, potencia mínima de mineral útil a extraer, ley de borde (cut-off) de la muestra, ley mínima del bloque, etcétera, se encuentran en dependencia del tipo de minería que se realice, así como del régimen tecnológico con que se cuente. La determinación de los parámetros básicos en el cálculo de reservas (área, potencia, contenido, etc.) se realiza por los métodos conocidos y va a depender de la metodología de cálculo seleccionada.

- Es frecuente en el cálculo de estas reservas que se tengan como errores muy comunes: la incorrecta selección del área del bloque, la introducción de resultados de muestras no confiables tanto en su baja recuperación como resultados anómalos que se obtienen (muestras huracanadas), y en el cálculo de la dilución, el no establecimiento del método correcto para en la práctica obtener los valores reales de la misma (selección y contaminación de la muestra de extracción para la dilución).

- Con el objetivo de lograr un cálculo de reservas técnicas con calidad, el geólogo de minas tendrá en cuenta los aspectos siguientes:

- Aplicación correcta de la delimitación de las reservas técnicas.
- Vinculación estrecha entre minero, tecnólogo y geólogo con la finalidad de determinar los parámetros exactos en el cálculo para lograr un aprovechamiento racional del yacimiento.
- Elección del método correcto de la exploración de explotación basado en el método y sistema de explotación empleado.
- Control de la calidad de los trabajos topográficos. Sistemática de los mismos.
- Determinación correcta de la ley de extracción, tanto práctica (toma de muestra) como teórica (fórmulas matemáticas), empleada para el cálculo y de esta forma poder obtener datos más exactos al calcular la dilución y las pérdidas en el proceso de extracción.
- Elección correcta de los valores de las muestras a considerar en el cálculo.
- Selección correcta del bloque.
- Empleo de las normas para dirigir de forma correcta los trabajos geológicos, uso de las mismas en los controles de laboratorio, lo que nos permite contar con datos exactos sin envíos excesivos o deficientes de muestras al laboratorio.
- Estudio y utilización de datos de informes anteriores realizados al yacimiento.
- Actualización y control de la documentación de los expedientes de los bloques de extracción.
- Exigencia de la observancia de la disciplina técnica más rigurosa durante la realización de los trabajos de campo y de gabinete, en todo el proceso de recogida, acumulación, procesamiento y análisis de los datos.



FIGURA 3. Desarrollo de la cantera y clasificación de reservas técnicas.

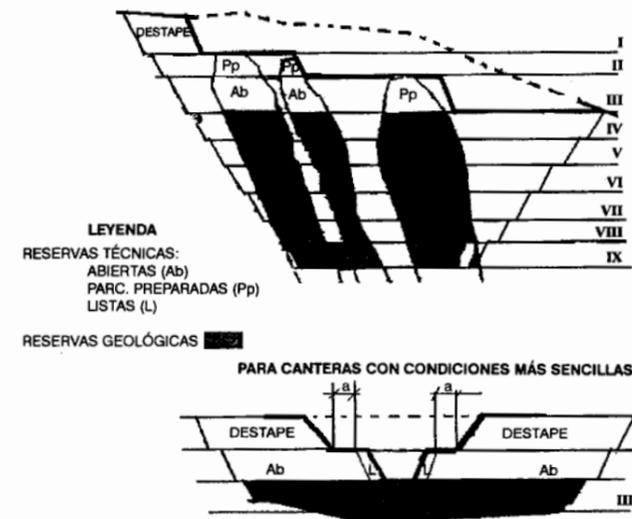
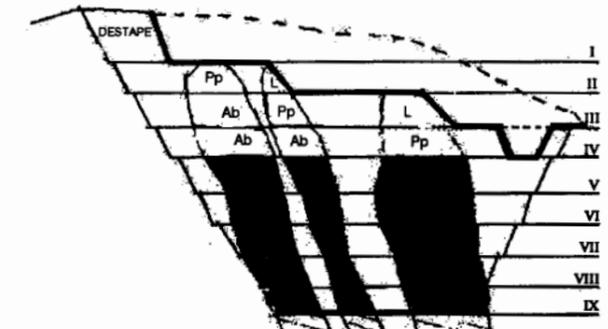


FIGURA 4. Continuación de la secuencia del desarrollo de la cantera.

BIBLIOGRAFÍA

- ABBOTT, D.M. (Jr.): *Reporting requirements of the Sec's Industry*, Guide No. 7, Royal York Hotel, Toronto, Canada, 1997.
- BOHOVICH, J.: *Propuesta de instrucción básica sobre la clasificación, planificación y el balance de las reservas técnicas*, Arch. ONRM, 1981.
- CHANPIGNI, N.: *Latin American boom ang. Reserve reporting*, Royal York Hotel, Toronto, Canada, 1997.
- GRACE, K.A.: *What is an are reserve?*, Royal York Hotel, Toronto, Canada, 1997.



LEYENDA
RESERVAS TÉCNICAS:
ABIERTAS (Ab)
PARC. PREPARADAS (Pp)
LISTAS (L)
RECURSOS GEOLÓGICOS

PARA CANTERAS CON CONDICIONES MÁS SENCILLAS

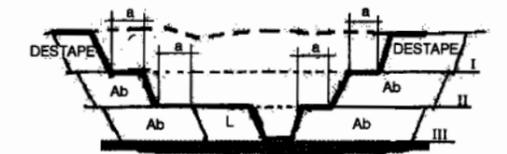


FIGURA 5. Continuación de la secuencia del desarrollo de la cantera.

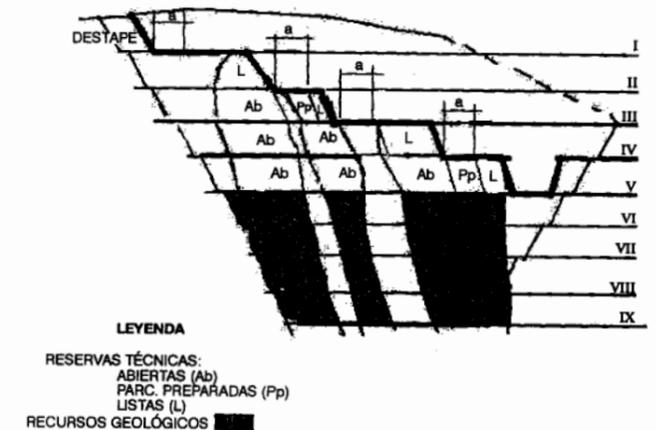


FIGURA 6. Continuación de la secuencia del desarrollo de la cantera.

- Indicaciones metodológicas tipificadas para la aprobación de los planes de desarrollo de los trabajos mineros y las normas de pérdidas y dilución de los minerales útiles*, Gosgortejnadzor, URSS, 1987.
- LEISHMAN, D.A.: *A mining analyst's Perspective*, Royal York Hotel, Toronto, Canada, 1997.
- LEPIN, O.V. y J.D. ARIOSA: *Búsqueda, exploración y evaluación geólogo-económica de yacimientos de minerales sólidos I y II parte*, Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1986.
- NC 44-36 (1985). *Prospección geológica. Términos y definiciones*.
- NC 44-38 (1985). *Prospección geológica. Contenido de los estadios*.
- NC 93-07-201(1987). *Clasificación y requisitos generales de las reservas y los recursos pronósticos*.