

# DETERMINACIÓN DE LA MASA VOLUMÉTRICA EN EL YACIMIENTO MOA

Ing. Orlando Belete Fuentes  
Dr. Santiago Bernal Hernández  
Lic. Lourdes García Pujadas

Departamento de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

## Sistema computarizado

### NUEVA VARIANTE PARA EL CÁLCULO DEL COSTO EN SOFTWARE YA DISEÑADOS

Sencilla variante de cálculo que permite conocer con gran precisión el costo del software diseñado, a partir de algunas modificaciones realizadas a la metodología ADESA (Análisis y Diseño Estructurado de Sistemas Automatizados).

### BASE DE DATOS GEOLÓGICA REGIONAL

Basado en las Asociaciones Estructuro-Formacionales como elemento integrador de los conjuntos litológicos, estructuras, evolución tectónica y metalogenia, brinda una información novedosa de alta base científica que le puede ser útil a cualquier investigador de Cuba o del Caribe

### SISTEMA COMPUTARIZADO DE INFORMACIÓN ACERCA DEL LÉXICO ESTRATIGRÁFICO CUBANO

En su versión actual describe 12 Grupos, 226 Formaciones, 59 Miembros y 17 Unidades Litodémicas (Complejos, Metamorfitas, Olistostomas, etc.) Incluye autores, referencias originales y localidades tipo, holoestratotipos e hipoestratotipos, fósiles índices, redescrpciones, sinonimias, relaciones estratigráficas y otros datos de interés. Soportado sobre el Sistema Operativo Windows 3.1, puede ser útil para los estudios de la Geología de Cuba y del Caribe y de gran utilidad práctica en los Institutos de Investigación, Centros de Educación Superior y Empresas Geólogo-Mineras

**INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO**

Las Coloradas, Moa, C.P. 83329, Moa,  
Holguín, Cuba  
Teléfono: 6-6234 Fax: (53) (24) 6-2290  
E-mail: ismm@reduniv.edu.cu

Para una información más detallada,  
dirjase a:

#### RESUMEN:

Se realiza un análisis de las posibles causas de la diferencia de masa observada entre el mineral extraído y el procesado en el yacimiento Moa de la mina del mismo nombre. Para ello se analiza, tanto en los frentes de explotación como en el depósito de mineral, el comportamiento de la masa volumétrica. Se concluye que es necesario muestrear nuevamente el mineral una vez en el depósito, ya que el mismo sufre transformaciones durante el transporte que hacen disminuir su masa volumétrica. Se logra reducir en un 8 % la diferencia de masa y, distinguir atendiendo a los valores de masa volumétrica, el horizonte serpentínico del limonítico.

La diferencia de masa existente entre el mineral extraído y el mineral procesado es un problema que ha presentado la mina Moa desde los inicios de su explotación. La masa volumétrica es, a nuestro juicio, uno de los factores principales causante de estas oscilaciones.

Este trabajo se realizó en el yacimiento Moa de la citada mina, ubicada en el noreste de la provincia de Holguín, con el objetivo de establecer los principales problemas que influyen en la determinación de la masa volumétrica, haciéndose un análisis del comportamiento de la misma en la zona de contacto de los horizontes laterítico y serpentínico.

#### Trabajo experimental

Para la determinación de los volúmenes de masa minera es necesario conocer la variabilidad de los valores de masa volumétrica en el yacimiento y cómo influye la precisión de su determinación en el cálculo de reservas removidas.

El mineral que se explota es limonita de constitución blanda ( $f=2$  según la escala de Protodiákonov), con alto contenido de arcilla y una humedad que oscila entre 25 y 35 %.

#### ABSTRACT:

An analysis of the possible causes of the mass difference observed between the extracted and processed mineral in Moa deposit is done. The volumetric mass behaviour is analyzed either at the exploitation sectors or at the mineral setting. It's concluded that it is necessary to sample again the mineral once it is at the set because it suffers transformations during its transportation, which makes a diminishing on its volumetric mass. In this way a reduction of the mass difference up to 8 % is accomplished so as the differentiation of the serpentinitic and limonitic horizon taking into account the volumetric mass values.

La existencia de diferentes tipos litológicos, así como las fluctuaciones en el contenido de níquel y en la potencia del horizonte limonítico, exigen la utilización de una red de exploración densa.

Los trabajos experimentales se llevaron a cabo en los diferentes frentes de excavación (D-43, D-38, D-52 y D-23) del yacimiento Moa, fundamentalmente en la zona de contacto indeterminado laterítico-serpentínico y en el depósito. Las muestras, para la determinación de la masa volumétrica, se tomaron en los frentes cada cuatro metros, en los contornos, el talud y la cuchara de la excavadora. En el depósito se recogieron en toda la superficie cada cinco metros y a una profundidad mayor de un metro. En total se analizaron 321 muestras.

La masa volumétrica se determinó por el método de pesado, conociendo con anterioridad las dimensiones del recipiente y su volumen, además, se calculó para cada muestra por separado y para cada grupo de muestras.

#### RESULTADOS

El valor promedio de masa volumétrica calculado para cada grupo de muestras en los diferentes frentes con sus respectivas desviaciones aparece en la Tabla 1.

Tabla 1. Masa volumétrica en los contactos de indeterminación

Cantidad de muestras	Masa volumétrica $\gamma_i$ ( $t/m^3$ )	Desviación estándar $\sigma_{\gamma_i}$ ( $t/m^3$ )	Coeficiente de variación (%)	Error de la masa volumétrica	
				Error medio cuadrático $m_{\gamma_i}$	Error relativo $\mu_{\gamma_i}$
10	0,086	0,047	5,47	0,015	1,73
68	0,73	0,077	10,62	0,0094	1,29
88	0,71	0,075	10,59	0,0044	0,62
85	0,82	0,060	7,32	0,0065	0,79

La variabilidad de la masa volumétrica por la desviación de la media para cada grupo, se halla entre los valores de 0,040 y 0,070, lo que en unidades relativas representa el 0,4-0,7 %.

La dispersión para todo el conjunto se determinó (según Chaiko) por:

$$\sigma_y^2 = \sum \frac{n_i \cdot \sigma_{y_i}^2}{n} + \sum \frac{n_i \cdot (y_i - \bar{y})^2}{n}$$

donde:

$n_i$ : cantidad de muestras en cada grupo;  
 $\sigma_y$ : dispersión de los valores en el grupo;  
 $\bar{y}$ : peso volumétrico promedio para todo el conjunto.

El valor que caracterizó la dispersión de la masa volumétrica de las muestras, independientes del frente de excavación D-43 fue 0,07 representando un 2 % en unidades relativas. El error total de la masa volumétrica para todos los frentes y el depósito, fue de 0,95 %. En general la media ponderada en la mina, atendiendo a las investigaciones realizadas en todos los frentes, fue de 9,28 %.

La exactitud de la determinación de la masa volumétrica depende de la dispersión de sus valores independientes y de la cantidad de determinaciones. Indudablemente, con el aumento del número de determinaciones, crecerá la exactitud de la masa volumétrica promedio, por eso es racional establecer la cantidad de determinaciones necesarias de la masa volumétrica que garantice la precisión de la media en función del coeficiente de variación. Para ello se propone utilizar la fórmula:

$$n \geq \frac{v^2}{\mu_y^2}$$

donde:

$n$ : cantidad de muestras;  
 $v$ : coeficiente de variación de la masa volumétrica (%);  
 $\mu_y$ : error medio cuadrático de la masa volumétrica en el frente de excavación (%).

A partir de aquí en el frente de excavación D-43 son suficientes 30 determinaciones y 12 en el D-38. Sin embargo, con el aumento del coeficiente de variación el volumen de los trabajos de determinación de la masa volumétrica aumenta considerablemente. De manera que si el coeficiente de variación aumenta en dos, la cantidad de muestras se duplicará.

Al analizar la influencia que ejercía la exactitud en la determinación del peso del recipiente para la

determinación de la masa volumétrica, se pesaron recipientes de diferentes dimensiones, obteniéndose un error despreciable de magnitud muy pequeña.

La composición granulométrica sí ejerce influencia en el pesado del mineral, ya que las fracciones grandes no se acomodan bien y dejan espacios libres dentro del recipiente, lo que disminuye su peso. En la Tabla 2 aparecen los resultados de este análisis.

**TABLA 2. Valoración de la masa volumétrica con la granulometría**

Díámetro de las fracciones (mm)	Peso de cada fracción (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Masa volumétrica (γ) (t/m <sup>3</sup> )
> 6,3	99,99	10,5	0,971
6,3	65,99	65	1,035
5	57,99	53	1,064
4	186,99	184	1,086
2,5	125,99	116,5	1,115
1,6	434,99	407	1,137
0,63	81,49	81	1,146
< 0,63	117,99	117,5	1,152

Peso total alimentado = 1 172 g.  
 Peso total tamizado = 1 172,5 g.

Con el objetivo de elevar la precisión en la determinación de la masa volumétrica, proponemos la aplicación de las siguientes medidas:

1. Dimensionar correctamente el recipiente donde se pesa el mineral.
2. No interferir en la autocompactación del mineral. Una vez que el mineral se vierte en el recipiente se enrasa con una tabla de bordes parejos; si durante la transportación el volumen baja no debe rellenarse el recipiente.
3. Evitar que caigan en el recipiente fracciones de serpentina, ya que ésta tiene un peso volumétrico diferente.
4. Tapar el recipiente para conservar la humedad natural del mineral.

El cálculo de reservas removidas en esta mina se realiza por el método topográfico de las secciones paralelas verticales. El mineral útil extraído se transporta desde los frentes de excavación, y luego, a través de un sistema de transportadores de banda, se lleva hasta la planta de preparación de pulpa.

La diferencia de masa entre el mineral extraído y el procesado supera el 20 % de la extracción total, por lo que se determinó la masa volumétrica en el depósito (ver Tabla 3).

**TABLA 3. Cálculo de la masa volumétrica en los depósitos**

Depósito	Peso del mineral (Kg)	Volumen del mineral (m <sup>3</sup> )	Masa volumétrica húmeda (t/m <sup>3</sup> )	Total de muestras	Humedad promedio (%)	Masa volumétrica seca (t/m <sup>3</sup> )
Este	2 872,4	1,985	1,447	8	30,84	1,001
Este	2 836,0	1,985	1,428	11	31,72	0,975
Oeste	2 991,0	1,871	1,598	12	36,87	1,009
Oeste	2 929,0	1,841	1,591	12	34,10	1,048
Norte	2 972,0	1,985	1,497	12	29,18	1,060
Norte	3 097,6	1,985	1,560	12	33,05	1,045
Norte	2 947,0	1,485	1,984	12	30,60	1,030
Total	20 645,4	13,64		79	226,40	
Promedio			1,514		32,34	1,024

El mineral almacenado tiene una masa volumétrica menor. Para contrarrestar esta diferencia se propone muestrear nuevamente el mineral en el depósito, ya que el mismo sufre transformaciones físicas durante el transporte.

De esta forma las masas volumétricas obtenidas de los pozos criollos en los frentes de excavación se utilizarían para la planificación minera, el cálculo de reservas geológicas y el control de las reservas extraídas.

Al realizar un análisis durante un quinquenio se pudo comprobar, que la aplicación de la masa volumétrica en los almacenes logró disminuir las diferencias existentes en un 8 %.

La causa principal de la diferencia de masa volumétrica obtenida de los pozos criollos y en los almacenes no es solamente la granulometría, sino también la presencia de gibbsita, portador principal de aluminio con un gran coeficiente de esponjamiento. A esto se suma el hecho de que el mineral de la zona de contacto de los dos horizontes tiene una masa volumétrica menor, que en ocasiones es más baja que el de la serpentina blanda.

## CONCLUSIONES

1. Se pudo localizar la frontera entre los horizontes serpentinitico y limonítico en función de la masa volumétrica.
2. Se propone el establecimiento de zonas mineras atendiendo al coeficiente de variación.
3. Se logró disminuir en un 8 % la diferencia de masa entre el mineral extraído y el mineral suministrado a la planta de pulpa.

## BIBLIOGRAFÍA

- BLANCO T., R.: *Mecánica de rocas*, Ed. Oriente, Santiago de Cuba, 1991.  
 BUKRINSKI, V.A.: *Geometría del subsuelo*, Ed. Nedra, Moscú, 1985.  
 CHAIKO, B.A.: "Análisis de los métodos de determinación de los volúmenes de extracción de rocas mineras en canteras y vías para su perfeccionamiento", Tesis doctoral, Instituto de Minas de Leningrado, 1970.  
 GARI, A.: *Informe sobre los resultados del laboreo de pozos criollos en la mina Pinares de Mayarí*, Archivo geológico de la subdirección de minas. Nicaro, 1985.  
 RODRÍGUEZ, H.: "El peso volumétrico de las menas lateríticas, una propiedad de los horizontes litológicos de la zonación vertical de la corteza de intemperismo", Conferencia Internacional de Minería y Geología GEOMIN'94, 1994.  
 VERA YESTE, A.: *Introducción a los yacimientos de níquel cubano*, Ed. Orbe, Ciudad de La Habana, 1979.

