



LOGÍSTICA'97

LA HABANA, CUBA

DEL 25 AL 28 DE NOVIEMBRE DE 1997

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ISPJAE

Departamento de Ingeniería Industrial
ISPJAE, Marianao, La Habana, Cuba.
Fax. (537) 20-8222 (537) 33-2964/ 33-3028
e-mail: iind@cujae.cu

Preparación rápida de muestras de mineral laterítico mediante la aplicación del secado controlado

Ing. Lázaro Fernández Martínez Empresa «Comandante Ernesto Guevara»

RESUMEN: El trabajo plantea soluciones que mejoran el proceso de preparación de muestras de mineral laterítico basadas en la modificación del esquema clásico de secado de las muestras en el cual se aplicaba el secado completo como condición necesaria para la molienda. El tiempo de secado se reduce de 24 ó 48 h a 2 ó 3 h, se utiliza una mayor temperatura y se emplean envases más apropiados.

Se demuestra que el aumento de la temperatura bajo estas condiciones no afecta la representatividad de las muestras. El aspecto positivo del trabajo está dado por la reducción del tiempo de respuesta en el control de la minería, la reducción del consumo de energía eléctrica y por la posibilidad de incrementar el número de muestras a preparar.

ABSTRACT: This paper deals with the solution of the process of sample preparation in lateritic ore deposits. A drying desing for getting samples ready to grinding replaces the classic diagram in which a complete drying is required.

The time of drying is reduced from 24-48 hours to 2-3 hours and a higher temperature is used. This increasing of temperature under new conditions shows no damages in sample representativity. As positive outcomes of this research we have obtained the reduction of the response time for mining control, the reduction of power consumption, as well as the possibility to improve the sample preparation process.

El muestreo del mineral laterítico es, dentro de la industria del níquel, el eslabón inicial de la cadena de obtención de información sobre el comportamiento de los procesos. La valoración analítica de la calidad de las muestras determina la necesidad de aplicar medidas correctoras y en otros casos permite la valoración cuantitativa y cualitativa de las reservas de mineral.

En el esquema de preparación utilizado hasta el presente, la etapa de secado de la humedad natural de las muestras es solamente un requisito para garantizar la molibilidad. Teniendo en cuenta esto se diseñó y probó un esquema que garantiza en un tiempo breve las condiciones de molibilidad sin necesidad de llevar las muestras a un 0 % de humedad.

La introducción del secado controlado, al emplear temperaturas del orden de los 150 °C, ha permitido la preparación de las muestras en un tiempo menor de tres horas sin que se registren alteraciones en la calidad debidas a cambios en la estructura de los minerales.

Fundamentación del trabajo

Es por muchos conocido que el proceso clásico ininterrumpido al que se somete una muestra de mineral laterítico desde que llega del campo hasta que se obtiene su resultado analítico dura como mínimo 60 horas. En la práctica diaria este tiempo puede extenderse hasta 72 horas por desajustes organizativos. Es evidente que es demasiado tiempo si se tiene en cuenta que de este resultado depende la continuidad de la extracción en el frente o el destape de una zona de minado.

Al hacer el análisis de la distribución del tiempo para las diferentes etapas de preparación de las muestras, según las normas existentes, se puede apreciar que el 75 % del tiempo empleado está relacionado con la operación de secado (Tabla 1).

TABLA 1. Distribución del tiempo de preparación de las muestras

No.	Etapas	% del tiempo total
1	Secado en la estufa	74,7
2	Trituración Cuarteo Molienda gruesa Molienda fina	0,5
3	Traslado y valoración analítica	24

El secado de las muestras se produce por la evaporación intensa que tiene lugar al entrar en contacto el flujo de aire caliente y seco que circula por el interior de la estufa con la superficie húmeda del mineral, de manera que en este proceso influyen: la humedad inicial de la muestra, el tiempo de secado, la velocidad del flujo de aire caliente, el área de la superficie de contacto, la masa mineral a secar y la masa de los envases.

Una muestra mineral sobreexpuesta a una temperatura mayor de 110 °C absorberá calor suficiente para liberar el agua intersticial y el agua de constitución, tal como sucede en los hidróxidos de hierro y en los silicatos hidratados de calcio y de magnesio, los cuales se transforman ocurriendo una reducción de sus masas. El níquel en los

minerales lateríticos no forma compuestos sino que se encuentra alojado en forma de inclusiones metálicas entre los cristales, por lo que no sufre transformación. De esta forma la reducción de la masa de las muestras arroja una concentración del contenido no representativa de la muestra original.

La planta de Secaderos opera bajo el régimen del secado controlado y pese a sus altas temperaturas el mineral no llega a transformarse por el breve tiempo de retención, finalmente la humedad de un 5-6 % que se obtiene garantiza la eficiencia de la molienda fina.

Parte experimental

Preparación de la estufa

Se empleó una estufa rusa de 9 kW/h de consumo y 150 kg de capacidad. Para obtener los mejores parámetros de funcionamiento bajo las condiciones del secado rápido se probaron diferentes variantes de abertura de la ventana de recirculación y de las ventanas laterales de circulación interna del aire caliente hasta obtener el calentamiento rápido y uniforme en todos los niveles de la estufa. El tiempo de estabilización obtenido, con la estufa vacía, fue de 20-25 minutos después del encendido. La carga debe colocarse luego de estabilizada la temperatura.

Preparación de los envases

Se ensayaron recipientes de diferentes dimensiones y formas obteniéndose los mejores resultados para las bandejas de duroaluminio con dimensiones de 380 x 550 x 200. Las cantinas clásicas utilizadas hasta el presente tienen dimensiones de 100 x 100 x 200 mm.

Las muestras deben esparcirse sobre las bandejas y enrasarse a una altura no mayor de 10-12 mm.

El empleo de las bandejas planas ofrece las siguientes ventajas:

- Aumento de la superficie libre del mineral en 10,45 veces.
- Aumento de la superficie metálica de contacto en 15,6 veces.
- Mejor gradiente de temperatura dentro de la muestra por la reducción de la altura de la capa en 15,7 veces.

El perfeccionamiento de la estructura de las divisiones dentro de la estufa permite la colocación simultánea de 20 bandejas en cada lote de secado, lo que equivale a unas 50 muestras por turno de trabajo. Esto representa un incremento potencial en un 20 % del volumen diario de muestras a secar.

Diseño del experimento

Se tomó una muestra inicial con un peso aproximado de 5 kg a la que se le estimó, por analogía con otras muestras, un valor de humedad entre 36 y 38 %.

El diseño del experimento tuvo en cuenta la comparación de tres muestras idénticas del material original secadas en la estufa bajo las siguientes condiciones:

- Durante 48 horas a temperatura de 110 °C empleando cantinas
- Durante una hora a temperatura de 150 °C empleando bandejas planas
- Durante 3 horas a temperatura de 150 °C empleando bandejas planas.

Luego de secar completamente la muestra inicial a 110 °C durante 48 horas se trituró la misma hasta una granulometría de 3-5 mm, posteriormente se hizo pasar por un molino de rodillos para obtener una fracción aproximada de 1 mm, y finalmente se circuló siete veces por el cuarteador de Johnson para lograr su homogeneización (Figura 1).

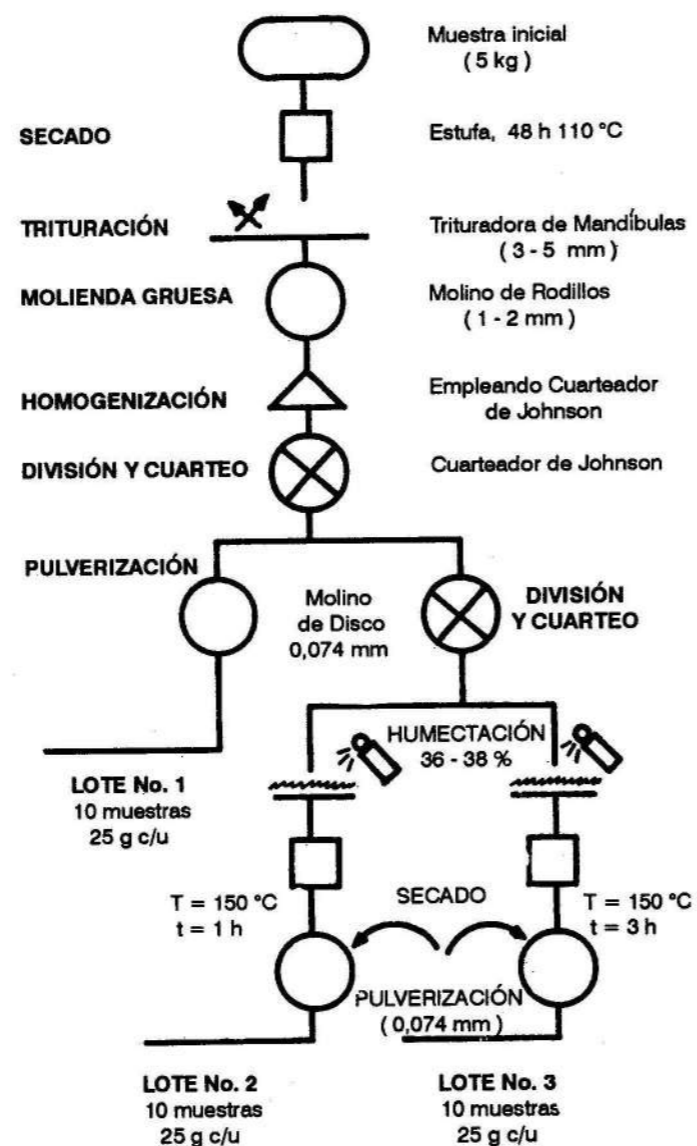


FIGURA 1. Esquema de preparación de muestras.

La homogeneidad del material se valoró mediante ensayos granulométricos en 5 muestras (Tabla 2). La baja dispersión de las proporciones obtenida en las pruebas, indica que la homogeneización es aceptable.

TABLE 2. Resultados de los análisis granulométricos

Prueba no.	Granulometría						Peso Total gramos
	>,149 mm		,149 - ,074		< ,074		
	Peso (g)	%	Peso (g)	%	Peso (g)	%	
1	,7	,77	19,5	21,49	70,5	77,72	90,7
2	,8	,59	27,0	23,01	89,5	76,30	117,3
3	,7	,93	21,0	21,71	75,0	77,56	96,7
4	,5	,55	19,0	21,11	70,5	78,33	90,0

Preparación de las muestras

La reducción de la granulometría en el volumen inicial garantiza la homogeneización necesaria para obtener tres lotes de muestras con iguales características físicas y químicas (ver Figura 1).

La humectación de los lotes 2 y 3 para el secado a alta temperatura se logró rociando agua con un spray. Se dejaron reposar por espacio de 16 horas en bandejas planas para obtener una distribución uniforme de la humedad y luego se colocaron en la estufa a una temperatura de 150 °C.

De cada lote se tomaron 10 muestras de 25 g de peso cada una. En la Tabla 3 aparecen las condiciones experimentales aplicadas a cada lote.

TABLE 3. Condiciones experimentales

Lote no.	Muestras		Envases	Temperatura °C	Tiempo horas
	Del	Ai			
1	1	10	Cantinas	110	48
2	11	20	Bandejas	150	1
3	21	30	Bandejas	150	3
4	31	40	Bandejas	150	3

El cuarto lote que aparece en las tablas corresponde al reanálisis, por los resultados obtenidos, del lote 3.

Interpretación de los resultados

Se realizaron pruebas de hipótesis para los lotes al emplear el estadístico T-Student. Los resultados del procesamiento estadístico aparecen en las Tablas 4 y 5. Se tomó el lote 1 como patrón de comparación de los resultados.

TABLE 4. Resultados del procesamiento estadístico de los lotes

Lote no.	Estadístico	Níquel	Cobalto	Hierro
1	Valor medio	1,040	0,138	45,14
	Dev. estándar	0,0133	0,0017	0,745
	Coef. de variación	1,282	1,171	1,651
	Cantidad de muestras	10	10	10
2	Valor medio	1,046	0,139	45,58
	Dev. estándar	0,0084	0,0053	0,257
	Coef. de variación	0,806	3,825	0,564
	Cantidad de muestras	10	10	10
3	Valor medio	1,015	0,136	44,87
	Dev. estándar	0,0171	0,0029	0,231
	Coef. de variación	1,690	2,190	0,515
	Cantidad de muestras	10	10	10
4	Valor medio	1,077	0,139	45,01
	Dev. estándar	0,0144	0,0011	0,228
	Coef. de variación	1,807	0,812	0,507
	Cantidad de muestras	10	10	10

TABLE 5. Resultados de las pruebas de hipótesis en los lotes comparados

Lotes comparados	Valor calculado de T de Student		
	Níquel	Cobalto	Hierro
1-2	-1,200	-0,511	-1,667
1-3	3,638	1,58	1,093
1-4	-4,959	-2,558	0,507
3-4	-7,555	-3,262	-1,362

T Tabulado=2,23 para N=10 y nivel de significación=,05

Se asume que el valor medio del elemento evaluado en el lote no es significativamente diferente del valor medio del mismo elemento en el lote de referencia si el valor modular de T calculada no es mayor que el de T tabulada. Al tomar en cuenta este criterio podemos decir que el lote 2 no presenta cambios significativos para ninguno de los elementos, en comparación con el lote patrón, mientras que el 3 presenta un cambio significativo en el contenido de níquel.

El valor medio obtenido (1,015 %) es significativamente menor que en el lote 1. Esto no se explica como efecto de una posible calcinación de la muestra, pues de haber sido así el contenido promedio respecto al lote 1 habría aumentado. Tampoco se explica por falta de homogeneidad, ya que en el lote 3 la dispersión del níquel se mantiene baja y aún más la del hierro y la del cobalto.

Por esta razón se decidió analizar un cuarto lote a partir de duplicados del lote 3. Los resultados obtenidos son aún más contradictorios, lo que se adjudica a deficiencias en el laboratorio.

CONCLUSIONES

1. El secado controlado permite secar, hasta las condiciones de molibilidad, lotes de 5 unidades en un tiempo de una hora utilizando temperaturas de 150-160 °C sin afectar la representatividad de las muestras.
2. El empleo de bandejas planas mejora el gradiente de temperatura dentro del material, al reducir el riesgo de calcinación.
3. El secado controlado de muestras con diferentes valores de humedad puede lograrse con la automatización del tiempo de trabajo de la estufa a partir de la temperatura programada para lotes de humedad similar.
4. El diseño adecuado de los entrepaños dentro de la estufa permite utilizar la máxima capacidad sin sacrificar la superficie de secado de las bandejas.

BIBLIOGRAFÍA

- DIXON, W.J. y P.J. MASSEY: *Introducción al análisis estadístico*, edición en español, 1965.
- FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, L. y otros: *Informe preliminar acerca de los trabajos de ajuste y puesta en explotación del analizador portátil de FRX de la firma Nuclear Enterprise*, Archivos del CIL, 1991.
- FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, L.: *Informe sobre los trabajos de optimización de la distribución de temperatura y estabilización en las estufas rusas, Modelo 9 kWh y capacidad 150 kg*, Archivos de la Subdirección Mina ECECHG, marzo, 1993.
- : *Informe sobre los resultados de la preparación rápida de muestras de mineral laterítico húmedo*, Archivos de la Subdirección Mina ECECHG, 1995.
- MATOS ELÍAS, L.: *Informe sobre normas de elaboración de muestras de mineral laterítico*, Archivos de la Subdirección Mina ECECHG, enero, 1996.
- MILOVSKI, A.V. y O.V. EKONONOV: *Mineralogía*, Ed. Mir, Moscú, 1988.
- PROSKE, O. y F. ENSLIN: *Análisis de metales: Toma de muestras*, Madrid, 1966 (traducción del alemán).



Uso del *Pinus Cubensis* como bioindicador de la contaminación atmosférica

Lic. Pilar Dania Amat Infante
 Lic. Iván Casals Blet
 Dr. Allan Pierra Conde
 Lic. Daily Vázquez Abella
 Lic. Rogelio Martínez*

Instituto Superior Minero Metalúrgico, Departamento de Física
 * Centro de Investigaciones de la Laterita

RESUMEN: Se colectaron agujas de *Pinus Cubensis* en individuos jóvenes, durante el período marzo-abril, en una franja de 2 km de ancho, en la dirección SE y SSE del entorno de la fábrica de Níquel «Ernesto Che Guevara», zona de pre-montaña donde empieza a aparecer este tipo de formación vegetal. Las muestras fueron secadas, molidas y aglutinadas para su posterior análisis por Fluorescencia de Rayos X (FRX). Se determinaron sus contenidos de Ni, Cr, Cu, Ca, K, Al, Mg y S en un espectrómetro de vacío PHILLIPS PW 1 440 con ánodo de Tungsteno y cristal analizador EDDT. Para conformar los blancos se tomaron muestras de *Pinus Cubensis* en la zona de Santa María, Baracoa, donde existe un afloramiento laterítico para garantizar la similitud del sustrato. Se comprobó que el *Pinus Cubensis* puede servir como bioindicador del transporte atmosférico para estos elementos, ya que el límite de detección del método de FRX garantiza la medición de los contenidos de los mismos, además, se obtuvieron correlaciones significativas para el contenido de Ni y Ca, y la distancia a las fuentes emisoras.

ABSTRACT: Spruce needles of *Pinus Cubensis* of young plants were collected in the period from march to april on a fringe of 2 km of wide, in the SE and SSE direction, from a pre-mountain zone where this type of vegetal formation is started. The samples were dried, grinded and stuck together for their later analysis by X Rays Fluorescence (FRX) determining contents of heavy metals and sulfur in the vacuum spectrometer PHILLIPS PW 1 440 with tungsten anode and analyzer crystal EDDT. It's proved that the *Pinus Cubensis* can be used as bioindicator of the atmospheric contamination and that the limit of detection of this method guarantees the measurement of the content in the elements analysed obtaining important correlations between these ones and the distance to emitting stations.

El monitoreo de la dispersión y deposición de los contaminantes atmosféricos usando los métodos convencionales es difícil y generalmente caro, debido a estas razones las mediciones de la calidad del aire son hechas sólo en unos pocos puntos, por lo que es necesario hacer cálculos complementarios usando modelos matemáticos y simulación mediante computadoras. Estos modelos de la dispersión pueden incluir solamente un número limitado de factores de tal manera que los resultados pueden desviarse considerablemente de la situación real.

En la actualidad se han desarrollado métodos que usan plantas, musgos y líquenes como indicadores de la dispersión y deposición de los contaminantes atmosféricos (Prado, 1993; Kriuskov, 1991; Harol, 1993). La determinación de metales pesados y azufre en las agujas de los pinos es uno de estos métodos bioindicadores (Manninem, 1996; Hernández, 1996). En creciente medida se están introduciendo estos métodos en el marco de los procedimientos de concesión de licencias ambientales, en investigaciones de la calidad ambiental, así como en estudios relativos al ordenamiento territorial.

Fundamento del método

Se consideran bioindicadores a organismos que mediante variaciones en su metabolismo, en sentido amplio, reaccionan ante las sustancias contaminantes o bien las acumulan. Los organismos indicadores adecuados no solamente reaccionan ante la suma de los parámetros presentes, sino que integran los complicados efectos sinérgicos relacionándolos con las condiciones naturales locales.

Los bioindicadores representan el complejo efecto de las sustancias contaminantes mejor que los métodos de medición técnicos, ya que dentro de un límite racional se puede llegar a conclusiones por analogía sobre el peligro para otros organismos.

Según Prado (1993), los efectos biológicos de la contaminación atmosférica pueden ser estudiados de tres formas:

1. Por levantamiento de la distribución de plantas sensibles, que son de hecho evaluación de resultados de experiencias ya realizadas.
2. Al introducir organismos donde se sospecha que existe contaminación y observando los efectos.
3. Si exponemos organismos a niveles controlados de contaminación.

De ellas, la primera variante presenta un bajo costo para el monitoreo, pues las muestras se toman de especies adultas que han permanecido durante años en un lugar cercano al foco contaminante.

La conjugación de esta primera variante con el método de análisis biogeoquímico presenta la ventaja de poder evaluar la adaptación de los organismos al medio, además, se puede determinar el efecto de la acumulación de contaminantes en los mismos, lo que permite obtener información acerca de la distribución de los elementos trazas y su variación con la distancia al foco emisor, lográndose así una evaluación del nivel de acumulación de los elementos trazas individualmente.

En la implementación de este método se debe tener en cuenta que la disponibilidad de los iones en la solución del suelo contribuye al contenido de estos en el follaje, pero esta contribución es más pequeña que la causada por la deposición seca y húmeda, la determinación de metales pesados y azufre en el follaje es evaluable en áreas