



**CUBANIQUEL**  
Empresa Cubana Exportadora de Minerales  
y Metales

Cuban Mineral and Metal  
Exporting Enterprise



#### EL CAMINO HACIA CUBANIQUEL

Cuando necesite níquel de primera calidad hay varios caminos para conseguirlo, por supuesto, todos esos caminos llevan hacia CUBANIQUEL y a las compañías vinculadas a CUBANIQUEL que suministran níquel cubano al exterior.

#### THE WAY TO CUBANIQUEL

Whenever you need first-quality nickel, there are several ways of obtaining it. Of course, all of these ways lead to CUBANIQUEL and to the companies associated with it, which supply Cuban nickel abroad.

## TOSTACION SULFATANTE DEL SULFURO DE NIQUEL Y COBALTO DE LA EMPRESA "COMANDANTE PEDRO SOTTO ALBA" EN LECHO ESTATICO

Ing. Pilar Martín González\*  
Dr. Juan Rodríguez Gamboa\*\*

\*Centro de Investigación de las Lateritas. Moa

\*\*Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa

**RESUMEN:** En el presente trabajo se reflejan resultados experimentales sobre el tratamiento del sulfuro de Ni y Co mediante la tostación sulfatante - lixiviación. Se muestra la influencia de la temperatura y el tiempo de retención sobre la sulfatación del Ni y el Co y se determinan las condiciones de temperatura y tiempo de retención propicios para la sulfatación selectiva del Co contenido en estos productos industriales.

**ABSTRACT:** In the present work, reflected is the experimental results about the sulfide treatment of nickel and cobalt through the sulphur toasting process - lixiviation. Shown is the influence of the temperature and retention time over the sulphuration of nickel and cobalt and determined are the temperature conditions and required retention time for the selective sulphuration of the cobalt contained in those industrial products.

#### INTRODUCCION

En nuestro país se han investigado las operaciones hidrometalúrgicas para el tratamiento del sulfuro en las empresas de Moa y Nicaro. Adicionalmente se realizaron trabajos a nivel de laboratorio en el CIPIMM con la finalidad de obtener sales de cobalto a partir del concentrado de sulfuros de Moa empleando el método de la tostación sulfatante lo que permitió conocer los parámetros en que se logran las mayores extracciones de cobalto utilizando un horno de cámara estática.

Fueron tratados por la vía pirometalúrgica los minerales sulfurados procedentes del yacimiento de Santa Lucía (polimetálicos) y la pirita cobáltica del yacimiento

"Unión II, los que se procesaron en un horno de lecho fluidizado alcanzándose recuperaciones de 85-93 % para el zinc, cobre, plomo y cadmio y de 70-76 % para el cobalto.

El incremento de la eficiencia metalúrgica y la elevación de la calidad de los productos finales constituye una línea importante de trabajo en la industria cubana del níquel y el cobalto.

El presente trabajo tiene como objetivo la investigación de las condiciones más propicias para la aplicación de la tecnología de tostación sulfatante a los sulfuros de Ni + Co para la obtención de productos finales de ambos metales.

#### METODO DE INVESTIGACION

En el desarrollo de este trabajo fueron realizados dos grupos de experimentos: una serie de pruebas preliminares con el objetivo de determinar la zona de temperatura de formación y estabilidad de los sulfuros de Ni y Co. Estas pruebas se realizaron a escala de laboratorio mediante una serie de experimentos con la finalidad de corroborar los resultados anteriores a mayor escala y am-

pliar los conocimientos sobre los metales que se sulfatan, las características químicas del residuo que resulta de la lixiviación, así como mejorar las extracciones de Ni y Co.

Durante el trabajo se aplicó el método clásico de investigación, es decir, se varió el parámetro que se estudiaba manteniéndose constante el resto.

### CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS Y EQUIPOS UTILIZADOS

Las muestras para realizar las pruebas se tomaron del concentrado sulfuroso de Ni + Co, producido en la empresa "Comandante Pedro Sotto Alba" con la siguiente composición química:

Muestra	Ni	Co	Fe	Cu	Zn	S
Sulfuro de Ni + Co	55	5	0,8	0,15	1,1	32,1

Durante la experimentación se utilizó un horno tabular. En la zona de trabajo se colocó un bote de porcelana con la muestra de sulfuro la cual recibió una corriente de

aire en exceso (1,1 veces el estequiométrico del alimentado a la entrada del tubo) (Fig. 1).

La lixiviación se llevó a cabo en una instalación formada por un beaker, manta eléctrica y agitador. Se fijaron las siguientes condiciones para realizar la lixiviación:

- Temperatura de 70 C; relación L/S = 5:1
  - Tiempo de 30 minutos y agitación constante.
- Una vez concluida esta, la pulpa se filtró y el residuo lavado se analizó junto con el licor.

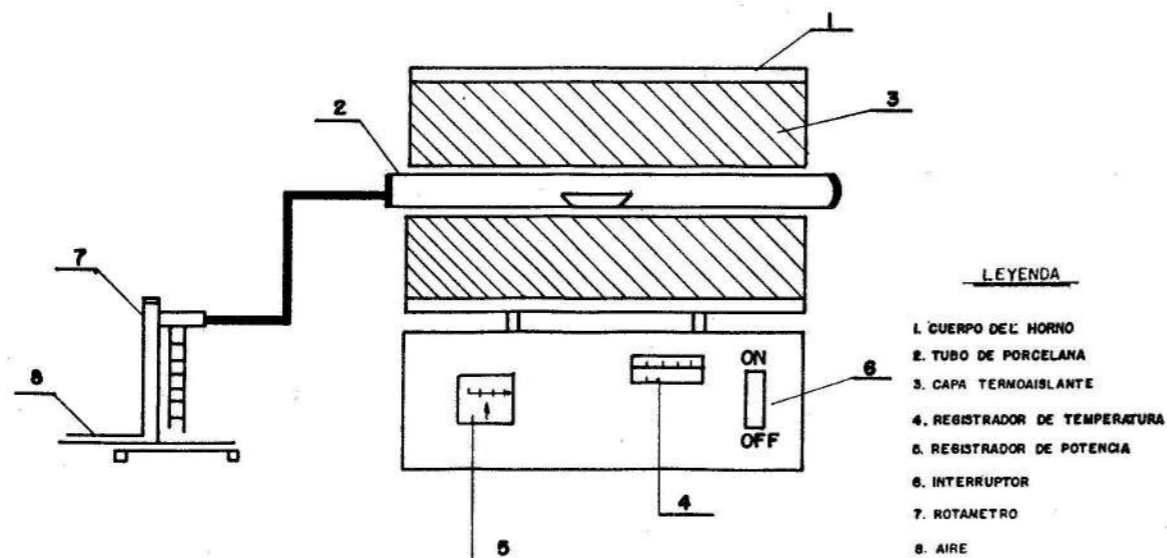


FIG. 1. INSTALACION EXPERIMENTAL CON HORNO TUBULAR

### RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los parámetros fundamentales estudiados fueron la temperatura (T) y el tiempo de tostación (t). En las Tablas 1, 2 y 3 se muestran los resultados alcanzados.

TABLA 1. Influencia de la temperatura sobre la extracción del cobalto.

t = 30 minutos	
T (°C)	Extracción de Co en %
400	3,1
500	4,0
600	14,0
700	3,0
800	2,3

Como se observa de los resultados interiores existe una marcada influencia de la temperatura en la extracción de Co, a cual desciende considerablemente por encima de los 600 °C. En la Tabla 2 se puede apreciar que el incremento del tiempo por encima de 120 min no ejerce un efecto apreciable.

TABLA 2. Influencia del tiempo sobre la extracción de Co

T = 600 °C	
t (min)	Extracción de Co (%)
15	7,3
30	14,6
60	47,1
90	43,8
120	56,2
150	56,7

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en la extracción de Ni y Co durante el estudio del tiempo utilizando un horno de cámara (Fig. 2); como se observa la variación del tiempo no afecta sensiblemente la extracción del Ni, aunque si ejerce cierta influencia sobre los resultados del Co y el Zn que en todas las pruebas resultan superiores a los obtenidos para el Ni.

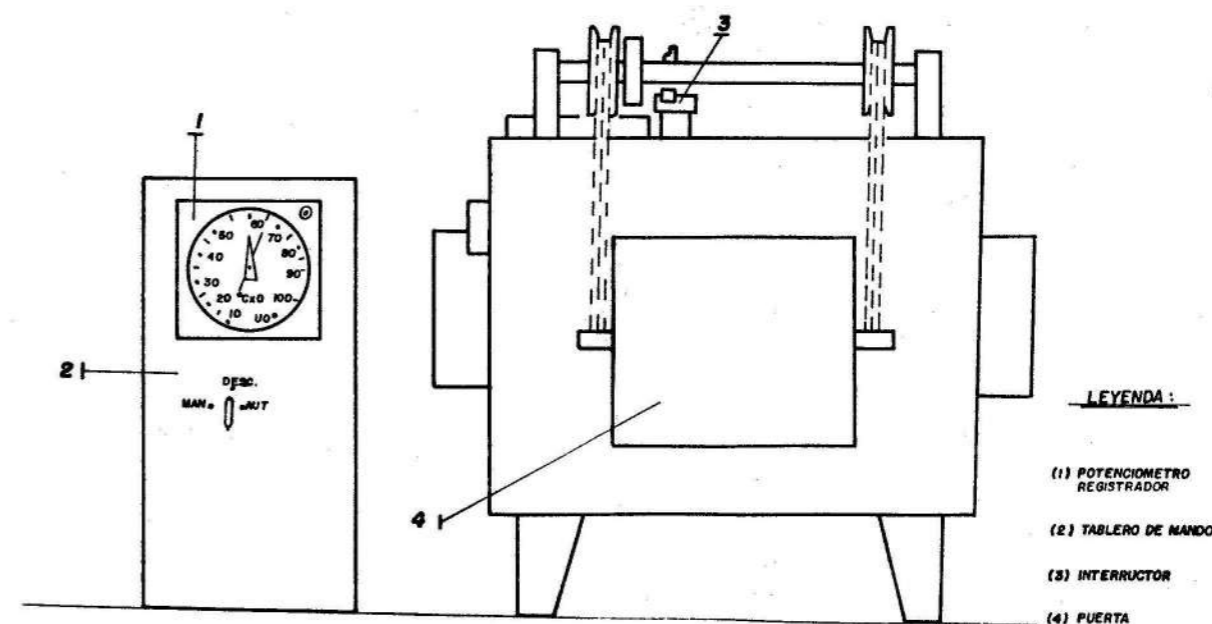


FIG. 2. HORNO ELECTRICO DE CAMARA

TABLA 3. Influencia del tiempo sobre la extracción del Ni y el Co

T = 600 °C lixiviación: 30 °C, L/S = 5,30			
Extracción %			
t (min)	Ni	Co	Zn
120	1,7	58,6	54,0
150	2,4	57,0	63,7
180	4,1	61,9	68,4
210	1,0	64,7	70,5

En las pruebas efectuadas las extracciones de Co aumentan al incrementarse la temperatura hasta los 600 C lo que indica una mayor sulfatación del Co.

A partir de estos concentrados se obtuvieron licores de lixiviación acuosa que contenían concentraciones de Ni

y Co en relación aproximada 1:1. Se comprobó una mayor extracción de Co en el horno donde la muestra se removía en la bandeja cada 40 min aproximadamente.

Altas extracciones de Co se alcanzaron con respecto al Ni (Fig. 3), lo cual se debe a una mayor tendencia del Co por encima de otros metales presentes (anexo 1).

Igualmente se puede apreciar que los metales que mejor solubilidad presentan, en orden descendente son: el Zn, Co y el Ni (Tabla 3).

En dependencia del tiempo se observa que las mayores extracciones para el Co se alcanzan a un tiempo superior a las tres horas, lo que indica que el proceso ocurre con lentitud.

De acuerdo a los resultados alcanzados, en el residuo que se obtiene luego de la lixiviación se alcanza una relación Ni/Co de 20/1, en la mayoría de los casos.

### ANEXO 1

Energía libre y constante de equilibrio en función de la temperatura. ( $\Delta G$ :KJ/mon)

Reacción	400 °C		500 °C		600 °C	
	$\Delta G$	log K	$\Delta G$	log K	$\Delta G$	log K
1 $Ni S + 2 O_2 = Ni SO_4$	-543,1	42,1	-509,9	34,4	-477,2	28,5
2 $Co S + 2 O_2 = Co SO_4$	-569,7	44,2	-537,4	36,3	-505,5	30,2
3 $Zn S + 2 O_2 = Zn SO_4$	-504,6	39,1	-449,4	30,3	-391,2	23,4
4 $Ni O + SO_3 = Ni SO_4$	-113,2	8,8	-96,71	6,5	-80,6	4,8
5 $Co O + SO_3 = Co SO_4$	-125,0	9,7	-108,5	7,3	-91,8	5,5
6 $Zn O + SO_3 = Zn SO_4$	-119,2	9,9	-101,6	7,3	-75,9	4,5

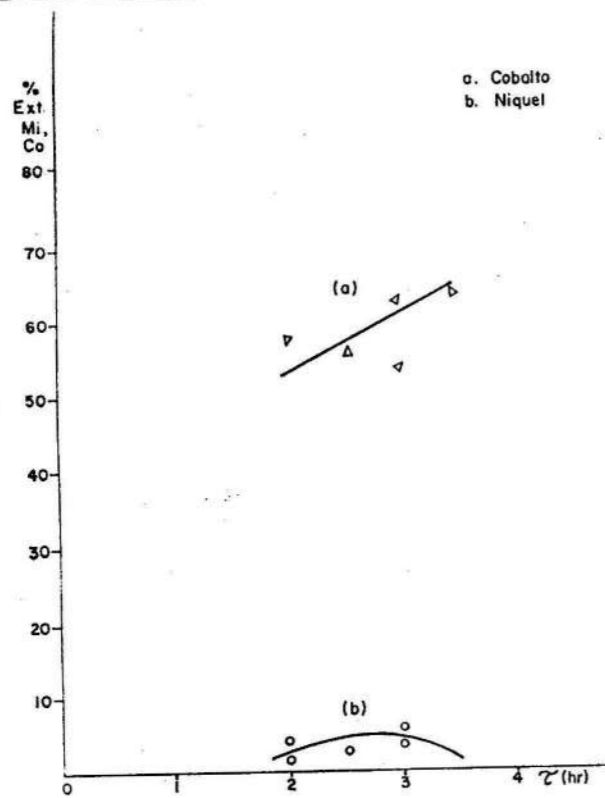


FIG. 3. Efecto del tiempo sobre la extracción de Ni y Co.

### CONCLUSIONES

Es posible realizar la tostación sulfatante del sulfuro de Ni + Co de la Empresa "Comandante Pedro Sotto Alba" con extracciones superiores al 60 % en el caso del Co, el cual puede separarse selectivamente del Ni utilizando esta vía.

En el residuo lixiviado se produce una concentración de Ni con respecto a los demás valores metálicos. El Zn presenta una tendencia a elevar la solubilidad en la medida que lo hace el Co. El Ni presenta un comportamiento errático en este sentido.

### REFERENCIAS

1. ALFONSO E.; V. KLEMENTIEV: "Obtención de sales de cobalto a partir del sulfuro de Ni + Co de Moa", CIPIMM, La Habana, 1971.
2. ALVAREZ V. y otros: "Factibilidad de la recuperación de los metales de las menas piríticas por medio de la tostación sulfatante en hornos de lechos fluidizados", CIPIMM, La Habana, 1986.

## ESTUDIO TERMODINAMICO DEL PROCESO DE TOSTACION SULFATANTE DEL SULFURO DE Ni + Co

Ing. Erasmo Griñan Bicet\*  
Ing. Pilar Martín González\*  
Dr. Juan Rodríguez Gamboa\*\*

\*Centro de Investigación de las Lateritas  
\*\*Instituto Superior Minero Metalúrgico

**RESUMEN:** En el presente trabajo se realiza un estudio termodinámico de las principales reacciones posibles durante el proceso de tostación sulfatante del concentrado de sulfuro de Ni + Co, los valores de energía libre ( $\Delta G$ ), constante de equilibrio ( $k_{eq}$ ) y calor de reacción ( $H_r$ ) en un rango de temperatura de 470 °K - 1 073 °K.

**ABSTRACT:** In the present work, realized is the study of thermodynamic of the possible principal reactions during the sulphur toasting process of the concentrate of nickel + cobalt, the values of the free energy ( $\Delta G$ ), equilibrium constant ( $k_{eq}$ ) and heat of reaction ( $H_r$ ) in the temperature range of 470 °K - 1073 °K.

### INTRODUCCION

#### Caracterización del material

El concentrado de sulfuro de Ni + Co que se obtiene en la Empresa "Comandante Pedro Sotto Alba" de Moa, es un mineral producto de granos finos (0,067 mm) con distribución uniforme del contenido de los metales, en este caso, fundamentalmente Ni y Co en las distintas fracciones que lo constituyen. En la naturaleza el sulfuro de Ni se encuentra con frecuencia en forma de Millerita. La Millerita conocida también como la pirita capilar se presenta en tres formas:  $\alpha$  - que es amorfa-,  $\beta$  -hexagonal, que cristaliza como la niquelina (As Ni) y la  $\gamma$  -romboédrica.

En el estudio realizado por V. Karelin y otros se pudo apreciar que el producto final de la Empresa "Pedro Sotto Alba" contiene en su mayor proporción el sulfuro de Ni en dos modificaciones, la  $\alpha$  y la  $\gamma$ , esta

última de menor temperatura y la predominante en este caso.

Este concentrado de Ni + Co tiene la siguiente composición química.

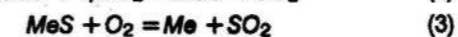
Elementos	Ni	Co	Zn	Fe	Cu	H <sub>2</sub> O
%	55,08	4,98	1,27	0,38	0,27	18,84

La refinación de este producto reviste una gran importancia económica para el país y debido a esto el estudio de tecnologías que garanticen dicho objetivo, es una tarea actual.

La posibilidad de recuperar los valores metálicos de este concentrado por la vía pirometalúrgica mediante la tostación sulfatante de los mismos, se encuentra en estudio, tomando como referencia la experiencia mundial sobre el tema.

### ASPECTOS TEORICOS DEL PROCESO

La oxidación de los sulfuros con el oxígeno se puede representar de forma general por las siguientes reacciones:



Con ello son posibles las reacciones:



Según las condiciones los productos finales de la oxidación del sulfuro pueden ser sulfatos, óxidos o metales. La fase gaseosa consta de  $SO_2$ ,  $SO_3$ , y  $O_2$ . En calidad de estos parámetros independientes tomamos la temperatura y la presión parcial de uno de los componentes de la fase

**MOA** La  
Región Minera  
de Cuba