

EDITORIAL

La superestructura de Moa se sustenta sobre fuertes pilares a saber, planta de níquel "Comde Pedro Sotto Alba" y "Comde Ernesto Guevara", Centro de Investigaciones de Lateritas, Empresa de Mantenimiento y Servicios Mineros y el Centro de Proyecto, todos los cuales conforman la Unión de Empresas del Níquel.

La fábrica "Comde Pedro Sotto Alba" se inicia en los últimos años de la década del 50 por la compañía norteamericana Freeport Sulphur y se concluye en abril de 1960. El proceso de esta empresa es hidrometalúrgico basado en la lixiviación ácida del mineral laterítico y la posterior precipitación del níquel y el cobalto en forma de sulfuros, los que constituyen su producción final.

En 1977 se crea la Unidad Presupuestada Inversorista Planta de Níquel Punta Gorda en colaboración con la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, lo que años más tarde daría lugar a la planta "Comde Ernesto Guevara" cuyo proceso productivo es el de lixiviación carbonato-amoniaca, o proceso CARON.

La planta de níquel "Las Camarlocas" se comenzó a construir en la década del 80 surgiendo como un proyecto conjunto con los países del CAME. Al igual que la planta "Ernesto Guevara" su esquema tecnológico es el de lixiviación carbonato amoniaca. Se proveen como productos finales el granulado de óxido de níquel, óxido de níquel y concentrados de cobalto.

El Combinado Mecánico del Níquel se crea para dar solución a los múltiples problemas de elaboración mecánica que tradicionalmente han confrontado las actuales plantas metalúrgicas, este posee una gran versatilidad en sus posibilidades tecnológicas lo cual le permitirá enfrentar exitosamente todos los trabajos a él asignados. El Centro de Investigaciones de Lateritas se concibió como un proyecto conjunto con las Naciones Unidas por medio del Programa para el Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD). La creación de este centro está dada por la necesidad de producir una gran variedad de productos que sean capaces de competir en el mercado del níquel, además del estudio de la corrosión ambiental y el desarrollo del personal técnico, todo lo cual conllevará a una fase superior en el desarrollo de la rama minero-metalúrgica cubana.

La unión de todas estas empresas en aras de lograr un sólido desarrollo en la industria minero-metalúrgica cubana han convertido a Moa en la capital del níquel.

LA EDITORIAL

SEPARACION DE COBALTO UTILIZANDO EL EXTRAYENTE JAPONES PC 88A

Ing. Aurora M. Moreno Daudinot
Ing. Elizabeth García Liranza
Téc. María E. San Román Sebazzo

Centro de Investigaciones de la Laterita

RESUMEN: Se determinan parámetros óptimos para la extracción de cobalto como: pH, número de etapas para la extracción, cinética de reacción, tiempo de separación de las fases, etapas y condiciones requeridas para el lavado, cinética para la reextracción del metal.

El extrayente di-2-etilhexil ácido fosfónico (PC 88A), resultó ser altamente selectivo para el cobalto, separando a este de licores de sulfatos sintéticos mezclados Ni-Co con una eficiencia de extracción del 99,78 % en las corridas a contracorriente realizadas a escala de laboratorio, estos resultados demuestran su efectividad, pues se conoce la similitud en cuanto a propiedades físico-químicas del Ni y el Co que dificultan su separación por otras vías.

ABSTRACT: There are determined the optimum parameters for the cobalt extraction as pH, stage number for extraction, scrubbing and stripping, phases separation time, reaction kinetics for extraction and stripping.

The 2-ethylhexyl phosphonic acid extractant (PC 88A) has large selectivity for cobalt, removing this metal in synthetic mixed liquors Ni-Co, its extraction efficiency is 99,78 % to lab scale at a counter-current; these results show its effectiveness, so it is known the similarity in Ni-Co physico-chemical properties that make difficult their separation by another ways.

INTRODUCCION

La extracción por solventes ha adquirido un singular interés en los últimos años a nivel mundial debido a que es una de las técnicas que cuenta con mayores posibilidades para la separación y purificación de metales. Ha tenido aplicaciones notables en la recuperación del Ni y el Co del Zn, de las tierras raras y otros metales. [1,3,7]

Se requiere de sales y metales de níquel y cobalto cada vez más puros, tanto para satisfacer la demanda nacional como para poder introducir en el mercado mundial productos que por su calidad sean altamente cotizados.

La extracción por solventes es una de las posibles técnicas a utilizar para resolver la separación del Ni y el Co, teniendo en cuenta las ventajas que presenta como, bajo

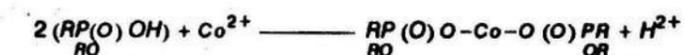
costo de producción, bajos consumos energéticos y no contaminación del medio. [8,9]

En las industrias metalúrgicas el proceso de extracción por solventes provee de un medio conveniente de concentración y purificación de soluciones de valores metálicos. El PC 88A es uno de los reactivos más efectivos para la separación de cobalto del níquel y para la extracción de metales raros. [5]

Su nombre químico, 2-etilhexil 2-etilhexil ácido fosfónico y su fórmula química, C₁₇H₃₅O₄P.

C₁₇H₃₅O₄P

La reacción química que caracteriza la extracción de cobalto con este solvente es:



El objetivo de este trabajo es realizar un estudio a escala de laboratorio de la separación de cobalto de los licores sulfatos de Ni y Co mediante la extracción líquido-líquido con el extrayente PC 88A y establecer los parámetros óptimos de trabajo para este extrayente.

SELECCION DE LA CONCENTRACION DEL EXTRAYENTE PARA LA EXTRACCION

Se efectuó la elección tomando en consideración dos aspectos: el tiempo de separación de las fases y la viscosidad de la fase orgánica cargada.

Para determinar el tiempo de separación de las fases se emplearon concentraciones del extrayente en el solvente de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 % y una solución sintética concentrada de cobalto, que se puso en contacto en cada

ocasión con una concentración diferente de solvente, el tiempo de contacto en todos los casos fue de 5 min. La desaparición de la emulsión, que se forma producto de la intensa agitación, en el transcurso del tiempo se observa en el Gráfico 1.

La viscosidad de la fase orgánica cargada se midió a las diferentes muestras del experimento anterior (con con-

centraciones de extrayente de 10 a 60 %) utilizando un viscosímetro de Hoppler o de Bola, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1. Viscosidades de diversas concentraciones del solvente

Concentración extrayente (%)	Viscosidad (cP)
10	83,1
20	99,8
30	116,67

ISOTERMA DE EXTRACCION DE COBALTO

La fase acuosa para realizar esta prueba tenía 80 g/L de níquel y concentraciones de cobalto desde 0,1 hasta 25 g/L. Se realizaron pruebas de extracción a pH aproximados a 4,5 y 6,0; con los resultados obtenidos se construyeron las isotermas de extracción que se observan en el gráfico 2.

TABLA 1. (cont.)

Concentración extrayente (%)	Viscosidad (cP)
40	167,73
50	210,99
60	356,43

Una vez obtenidos estos resultados se consideró que la concentración más adecuada del reactivo de extracción en la fase orgánica es el 20 % en volumen, concentraciones superiores a esta tienen elevadas viscosidades y por tanto velocidades de separación de fases muy lentas.

El extrayente es mucho más selectivo para el cobalto en la medida en que el pH de equilibrio aumenta de 4 a 6, y escogiendo un 90 % de la capacidad de carga del extrayente, se obtuvo según el diagrama 3 etapas de contacto con una capacidad de carga de 12,6 g/L de cobalto a temperatura ambiente.

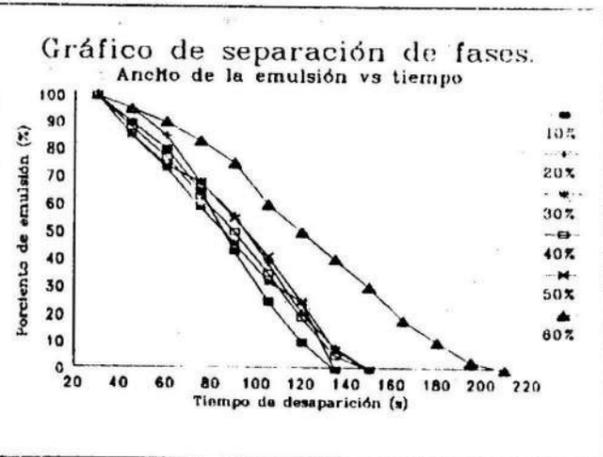


GRAFICO 1

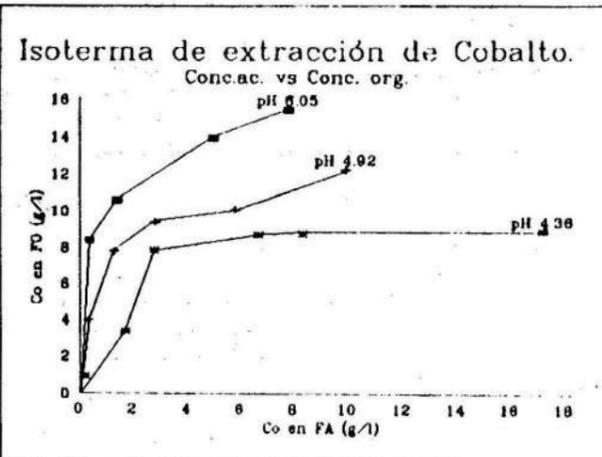


GRAFICO 2

CINETICA DE EXTRACCION

Los experimentos se realizaron en las siguientes condiciones:

Fase acuosa: solución sintética de sulfatos de Ni y Co, con concentraciones:

Ni 60 g/L y Co 15 g/L.

Fase orgánica: PC 88A al 20 % en turbocombustible

Control de pH: NH₄ OH

FO/FA: 1:1

Tiempos de extracción (min): 2, 4, 7, 10, 15

SISTEMA DE EXTRACCION A CONTRACORRIENTE DEL COBALTO

La extracción a contracorriente del cobalto se efectuó en las siguientes condiciones:

TABLA 2. Extracción de cobalto en el tiempo

Tiempo (min)	2	4	7	10	15
Conc. Co. (g/L)	6,22	6,34	6,28	6,30	6,39

Como se muestra en la Tabla 2 la cinética de extracción es inmediata sin diferencias significativas entre los resultados obtenidos entre 2 y 15 min.

Fase acuosa: solución de sulfatos con concentraciones de:

Ni 69,74 g/L y Co 14,45 g/L

Fase orgánica: PC 88A al 20 % en termocombustible

Control de pH: NH₄ OH

Etapas de contacto: 3

Tiempo de contacto entre las fases (min): 5

FO/FA: 1,25

pH inicial de la FA: 4,9 a 5,0

En la Tabla 3 aparecen las concentraciones del metal en el sistema estabilizado. Se calcularon los coeficientes que caracterizan cuantitativamente el proceso, las ecuaciones para el cálculo de estos pueden ser encontradas en textos especializados. [8,9]

El coeficiente de distribución para el cobalto es elevado, siendo muy bajos para el níquel, el factor de separación es bueno, como se puede observar a continuación.

El coeficiente de distribución para el cobalto es elevado, siendo muy bajos para el níquel, el factor de separación es bueno, como se puede observar a continuación.

$$E_{Co} = \frac{FS_{Co/Ni}}{449} \quad E_{Ni} = \frac{FS_{Co/Ni}}{0,014} \quad FS_{Co/Ni} = 32107$$

La eficiencia de extracción fue de 9,78 % para el cobalto y de 0,63 para el níquel.

TABLA 3. Concentraciones de los elementos en las etapas de extracción

Etapa	Refinado (g/L)		Extracto (g/L)	
	Co	Ni	Co	Ni
I	0,031	69,32	0,327	12,96
II	0,313	68,38	6,677	5,514
III	7,852	50,82	13,93	0,118

Con el paso de la fase acuosa, de la tercera a la primera etapa de extracción, disminuye la concentración

del cobalto en la solución, incrementándose a su vez su concentración en la fase orgánica.

LAVADO DE LA FASE ORGANICA CARGADA

Se estudió el lavado de la impureza (Ni) con 4 soluciones de Ni y Co a un pH de 5 durante un tiempo de 10 min. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

El mejor lavado fue el efectuado con solución que contenía aproximadamente 20 g/L de cobalto y concentración de níquel inferior a 5 g/L.

TABLA 4. Resultados de los lavados de extracto

Ni	FA (g/L)		pH inicial	pH final	Reextracción	
	Co				Co (g/L)	Ni (g/L)
-	19,45		5,01	4,57	11,98	0,030
4,84	19,17		5,01	4,65	12,65	0,029
10,58	19,38		5,01	4,54	11,98	0,025
14,06	19,45		5,01	4,43	11,81	0,026

CINETICA DE LAVADO

Con la solución acuosa que contenía 4,84 g/L de Ni y 19,168 g/L de Co se lavó toda la fase orgánica cargada, por ser esta la de mejor resultados. El procedimiento utilizado fue el mismo que en la prueba anterior, y se hizo en tres tiempos: 5, 10, 15 min.

Según los resultados de la Tabla 5, se puede concluir que el tiempo necesario para llevar a cabo un buen lavado de la fase orgánica cargada es de 15 min.

TABLA 5. Lavado del extracto en el tiempo

Tiempo (min)	Conc. Co (g/L)	Conc. Ni (g/L)
5	11,83	0,028
10	12,39	0,026
15	12,54	0,026

ISOTERMA DE REEXTRACCION DE COBALTO

Para realizar esta prueba se utilizó:

Fase orgánica: cargada y lavada

Fase acuosa: licores ácidos con concentraciones de cobalto de:

0, 10, 25, 40, 60 y 80 g/L

FO/FA: 1:1

Tiempo de reextracción (min): 20

En la Tabla 6 se encuentran las concentraciones de cobalto en los reextractos para las diferentes soluciones ácidas de reextracción, así como las concentraciones de cobalto no reextraído que se encuentran entre 0,02 y 0,06. Con los resultados se construyó la isoterma de reextracción del cobalto y se determinó que son necesarias dos etapas para la reextracción.

TABLA 6. Concentraciones de los reextractos obtenidos

Fase acuosa Co (g/L)	Reextracción (g/L)	
	Co en FA	Co en FO
-	15,82	0,025
10	27,74	0,021
25	45,02	0,038
40	58,47	0,049
60	86,05	0,021
80	92,06	0,062

CINETICA DE REEXTRACCION

Se realizó un estudio cinético del proceso de reextracción, las FA y FO utilizadas fueron las mismas que en la realización de la isoterma de reextracción con una relación FO/FA: 8 y tiempos de contacto (min): 10, 15, 20, 25 y 30.

En la Tabla 7 se muestra el cobalto que permanece en el solvente después de la reextracción, realizada durante diferentes tiempos.

TABLA 7. Concentraciones de cobalto remanente

Tiempo (min)	Co FO (g/L)
10	1,377
15	1,030
20	0,038
25	0,021
30	0,020

REEXTRACCION A CONTRACORRIENTE DEL COBALTO

La reextracción a contracorriente del cobalto se realizó en las siguientes condiciones:

FA: solución ácida con concentración de 170 g/L de H₂SO₄

FO: cargada con aproximadamente 12,65 g/L de Co y 0,026 g/L de Ni

Etapas de contacto: 2

Tiempo de contacto entre las fases (min): 20

FO/FA: 8

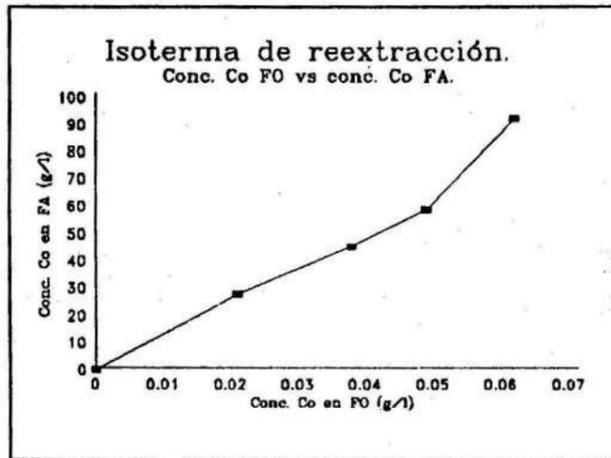


GRAFICO 3

Son suficientes 20 min para la total reextracción del cobalto, teniendo en cuenta los valores obtenidos de cobalto remanente en la isoterma de reextracción (Tabla 6).

TABLA 8. Concentraciones de cobalto en el reextracto y en el solvente

Etapa N°	Reextracto (g/L)		Reextracto de control (g/L)	
	Co	Ni	Co	Ni
I	98,00	0,079	7,690	0,002
II	24,89	0,002	0,016	0,003

En la Tabla 8 se muestran las concentraciones de los metales para ambas fases, siendo la eficiencia de reextracción del cobalto de 99,87 %.

CONCLUSIONES

1. La concentración adecuada del PC 88A es el 20 % en volumen en el solvente con turbocombustible, con esta concentración se logra una buena separación de las fases.
2. Como se observa en el gráfico 2, el extrayente en medio ácido es altamente selectivo para el cobalto en la medida que el pH se acerca a 6.
3. La extracción eficiente del cobalto se alcanza en tres etapas de 5 min.
4. El lavado de la fase orgánica cargada se puede realizar en una etapa y resulta óptimo con un licor que contenga aproximadamente 20 g/L de cobalto y no más de 5 g/L de níquel, con un tiempo de contacto entre las fases de 15 min.
5. La reextracción del cobalto se realiza en dos etapas con una solución de ácido sulfúrico con concentración de 170 g/L aproximadamente que garantizan la total reextracción del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos encarecidamente al Ing. Osvaldo Granda Ibarra que asesoró técnicamente este trabajo y a los compañeros del Laboratorio Analítico de Centro de Investigaciones de la Laterita.

REFERENCIAS

1. AMER, S.: "Aplicaciones de la extracción con disolventes a la hidrometalurgia". *Metal*, CENIM, Vol 17, No. 1, 1987.
2. ANDO, M.; M. TAKAHASHI y T. OGATA.: "Separation of cobalt from nickel in NMC process. *Hidrometalurgy Research, Development and Plant Practice Symposium*, Atlanta, 1983.
3. COUSSEMENT, M.; A. DE SCHEPPER y R. STANDAERT.: "Separation of cobalt and nickel in acid solutions. *Hidrometalurgy Research, Development and Plant Practice Symposium*, Atlanta, 1983.
4. DAIHACHI CHEM. IND. Co.; Ltd. PC 88A, a reagent for metal extraction. *Technical Bulletin*, 1983.
5. -----: Ltd. Metals extractans, 1985.
6. FLETT, D.S.: *Solvent Extraction in Hidrometalurgy*. ISEC'74.
7. PRESTON, J.S.: "Solvent extraction of cobalt and nickel by organophosphorus acids. I. Comparison of phosphoric, phosphonic and phosphinic acid system". *Hidrometalurgy*, 9, Amsterdam, 1982.
8. RITCEY, G.M.; A.W. ASHBROOK.: *Solvent Extraction. Principles and Aplications to Process Metallurgy*. Process Metallurgy 1. Parte I., Elsevier, 1984.
9. ZELIKMAN, A.N.; G.M. VOLDMAN y I. V. BELIAEVSKAYA.: *Teoría de los Procesos Hidrometalúrgicos*. Metalurgia, 1975.



Dedicada a la atención de las ramas del desarrollo metal-mecánico y geológico-minero. ECIMETAL es una institución que brinda sus servicios en la realización de proyectos, estudios, suministros de equipos y materiales, así como asistencia técnica para la instalación de plantas industriales, líneas tecnológicas, completamiento de plantas y entrenamiento de personal.



Empresa ECIMETAL: Habana, Cuba Apto. 6124, Telex 51-1555