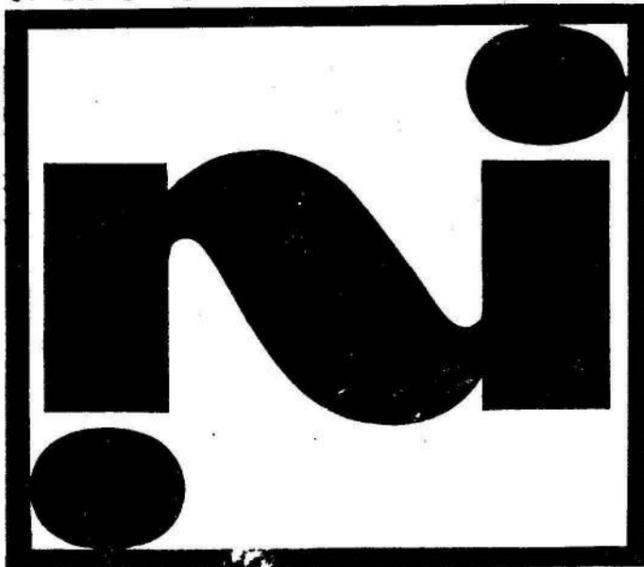


Los productos terminados se distribuyen desde nuestros almacenes

CUBANIQUEL
 Empresa Cubana Exportadora de Minerales y Metales

¡PONGASE EN CONTACTO CON CUBANIQUEL!



**MÁS NÍQUEL
 MÁS CERCA
 DE USTED**

Oficina Central:
 Calle 23 No. 55. Vedado.
 La Habana, Cuba.



7-8460



CUBANIQUEL



P. O. BOX
 6128

ANÁLISIS DE LAS INVESTIGACIONES CINÉTICAS DE LA SOBRE LA DISOLUCIÓN DEL Ni Y EL Co EN SOLUCIONES CARBONATO-AMONIACALES

ANÁLISIS OF THE KINETIC INVESTIGATIONS ON THE Ni AND Co SOLUTIONS IN THE AMMONIUM-CARBONATE SOLUTIONS

C. Dr. Antonio R. Chang Cardona,

Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

RESUMEN: El presente artículo pretende generalizar los conocimientos esenciales aportados por numerosos científicos que se han ocupado del estudio de la cinética de disolución del níquel y el cobalto en soluciones carbonato-amoniacaes. Considerando los momentos más importantes en la evolución de este conocimiento a nivel mundial, se hace referencia a las publicaciones que con mayor objetividad fundamentan los aportes y desaciertos, que a nuestro juicio, se efectuaron durante este medio siglo de existencia de la tecnología carbonato-amoniaca.

Se recomiendan los métodos diagnósticos más acertados para detectar las afectaciones que se producen en la primera etapa de la lixiviación y las vías para el perfeccionamiento del circuito "reducción-lixiviación".

ABSTRACT: The present article pretends to generalize the essential knowledge of different scientifics that have occupied the studies of kinetics disolution of nickel and cobalt in the ammonium-carbonate solution. Considering the important moments in the evolution of these knowledges on the world level, you can refer to the publications that with big objectives, base the ideas and in doubt, that according to our judgement, affected during this half century the existence of the technology ammonium-carbonate. Exact diagnostic methods are recommended for the detection of the effections that are produced in the first stage of the lixiviation and the ways of improving the "lixiviation-reduction".

INTRODUCCION

La tecnología carbonato-amoniaca para el tratamiento de minerales oxidados de níquel existe en la práctica industrial desde hace casi medio siglo, en diversas partes del mundo. Durante ese tiempo, se ha acumulado un valioso arsenal de información producto del trabajo investigativo de cientos de valiosos científicos a todas las escalas; sin embargo, el nivel de generalización alcanzado es insuficiente para explicar las contradicciones existentes entre muchos resultados publicados.

Para solucionar los problemas que provocan las bajas extracciones de Ni y Co en relación con el mineral crudo en el circuito: Reducción-Lixiviación. En el presente trabajo se analizan las complejidades del modelado de la cinética de la disolución del Ni y el Co en relación con el sistema real más complejo, en el cual se desarrolla la lixiviación industrial. Pero sobre todas las cosas, pretendemos que este material sirva para reflexionar sobre lo que hemos hecho hasta ahora pensando en las generaciones futuras, y lo que deberíamos hacer en lo adelante para perfeccionar esta tecnología.

Sistemas Puros

Al estudio de la cinética de disolución del níquel metálico y su óxido bivalente en soluciones amoniacaes y carbonato-amoniacaes puras se han dedicado varios trabajos [3, 4, 17].

Bhantumkomi, Han, Fiffe y Granda determinaron experimentalmente los valores de la energía de activación

durante la disolución del polvo metálico de Ni para amplios intervalos de temperatura. Sus resultados se representan en la Tabla 1. De ésta, se desprende la diferencia de criterios de los autores en cuanto al intervalo 308-333 K.

Para el intervalo antes mencionado es válido de una parte, el régimen de transición [17] y de otra el régimen

difusivo [3]. En la presente contradicción nos inclinamos por los resultados del trabajo [17]; ya que la corroboración con mineral reducido y composiciones del licor cercanos

a la realidad. No obstante, alertamos, que dentro de este régimen está incluida una parte difusiva todavía no delimitada.

TABLA 1. Comparación de los valores de la energía de activación aparente (E) durante la disolución oxidante de polvos de Ni en soluciones amoniacales y carbonato-amoniacales

T K	E, KJ · mol ⁻¹		
	C _{NH₃} , T = 1 mol · dm ⁻³ P _{O₂} = 21,2 KPa	C _{NH₃} , T = 3,53 mol · dm ⁻³ C _{CO₂} , T = 0,68 mol · dm ⁻³ [17]	
	Polvo Ni	Polvo Ni	Mineral reducido
278-283	68,2	-	-
303-313	-	67	84
308-323	-	29	33
308-333	11,8	-	-
323-343	-	13	18

*K_{O₂} - Coeficiente de solubilidad del oxígeno

En cuanto al cobalto y su óxido-CoO se han publicado valiosos trabajos [19, 44, 45, 46]. Conclusiones responsables al respecto consideramos; la determinación experimental de la energía de activación, E = 12,54 kJ.mol⁻¹ [44], caracterizando el control de la disolución del cobalto por el transporte de reactivos y productos de la reacción a través de la capa difusiva, mientras que la del CoO [46], E = 54,0 kJ.mol⁻¹, es controlada por la reacción química que transcurre sobre la superficie del óxido. En el trabajo de N. Han se demuestra experimentalmente como se controla la disolución de las partículas del cobalto con un diámetro promedio mayor de 50 μm, fundamentalmente, por la reacción química sobre la superficie del cobalto, y para las menores que 50 μm; su disolución ocurre difusivamente. Es evidente, que la distribución de tamaño del mineral reducido se ubica en los dos rangos analizados, y por tanto, la conjugación de las dos conclusiones vistas nos permiten inclinarnos hacia la existencia de ambos regímenes; donde es

necesario delimitar: en qué momento durante el proceso real predomina la difusión o la reacción química. Esto último, también es aplicable a la disolución del Ni.

Paralelamente; los autores de estos trabajos han propuesto modelos matemáticos que se cumplen cualitativamente a intervalos para el sistema real, debido a la inoperancia del incremento de la concentración de oxígeno en el licor, al ocurrir paralelamente la precipitación de los óxidos e hidróxidos de hierro (OHH), la velocidad de coprecipitación del Ni y el Co, en ocasiones, supera o compite con la de disolución de los metales. Otro fenómeno secundario es el intercambio de iones de Ni y Co de la fase líquida por los iones de hierro de la magnetita durante el envejecimiento de los OHH [2, 13, 40]. Además, ninguno de estos modelos considera la influencia de los iones presentes en la solución como catalizadores del proceso, quedando sin demostrar los posibles mecanismos de oxidación de los metales [13].

ANÁLISIS DE SISTEMAS COMBINADOS

Estudios experimentales de sistemas metálicos mezclados "Fe-Co" en presencia de iones de cobalto [20, 28], y "Co-Ni" en presencia de iones de Ni y Co(III) [37, 38] demostraron; que entre los iones y las fases metálicas ocurren reacciones de reducción de los iones que conllevan a la variación de las propiedades de los óxidos de Ni, Fe y Co, obtenidos por destilación.

En los primeros trabajos, los autores investigaron la influencia de la pasividad y activación del Fe metálico sobre la velocidad de disolución del cobalto y el Fe.

Estos resultados confirman, que para los sistemas reales, la regularidad del comportamiento cinético del Ni y el Co [3, 44] no es estable y depender tanto, de las formas

químicas y estructurales de las soluciones sólidas, presentes en el mineral reducido; como de la composición iónica del licor.

La adición de nuevos elementos al análisis realizado sobre sistemas puros refuerza la necesidad de determinar el momento y lugar en que ocurren los fenómenos secundarios mencionados, los cuales interrumpen la ley de disolución del Ni y el Co, y al mismo tiempo es necesario precisar qué factores aceleran o frenan su disolución en cada zona. Para lograr estos objetivos, es necesario saber seleccionar los métodos diagnósticos adecuados y susceptibles, capaces de detectarlos al experimentar en sistemas más complejos y reales.

ANÁLISIS DE SISTEMAS COMPLEJOS Y REALES

Estos sistemas se han tratado sin distinción alguna en disonancia con los objetivos de evaluación tecnológica trazados; al experimentar con mineral reducido. Sin considerar que en el sistema complejo el licor lixiviante empleado es puro; y por tanto libre de iones de metales, sulfamatos y otros; por lo que la cinética de disolución de los metales contenidos en el mineral reducido estará adulterada, en la medida que sobre ésta influya la presencia de dichos iones.

En realidad, las investigaciones en estos sistemas se han dirigido a la valoración de los índices de extracción de Ni y Co, estudio de la aereación y control del proceso de lixiviación por potenciales redox.

Algunos de los trabajos más representativos son: [5, 6, 7, 8, 14, 17, 23, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 42, 43, 47], estos y otros muchos no incluidos en este trabajo, son imposibles de generalizar desde el punto de vista hidrodinámico; en forma de números de semejanza (Re, Sh...); debido a que en la mayoría de las publicaciones no se le dió la merecida importancia a la correlación existente entre la frecuencia de agitación y las medidas del tipo de agitador empleado, cuestión determinante, en el modelado cinético de cualquier proceso de transferencia de masa que transcurre en reactores hidrometalúrgicos con agitación mecánica [15, 16]. En consecuencia, muchos de estos resultados pueden ser o no reproducibles a escala industrial; creándose una gran confusión sobre lo que ocurre realmente durante la lixiviación. Además, la ausencia de una generalización de esta valiosa información, no permitió definir las vías metodológicas correctas para diferenciar y detectar los efectos negativos que trae consigo la hidrólisis de los iones de hierro sobre las extracciones de Ni y Co, y en particular, el tiempo de inicio y fin de cada afectación. Entonces, cuáles fueron los errores cometidos al concebir las investigaciones?

A nuestro juicio, a causa de los objetivos expuestos al inicio de este análisis, se estableció como norma, en la elaboración de los resultados experimentales, la obtención de curvas cinéticas de extracción o variación de la masa de Ni y Co con el tiempo. Estos métodos diagnósticos son poco sensibles para detectar la posible afectación. Al mismo tiempo, al tomarse las muestras a intervalos muy amplios, por lo general superiores o iguales a 5 y 10 min, se obvió la concepción de que la velocidad de los procesos de oxidación de los iones de hierro y de formación de los OHH son muy superiores a la de disolución del Ni y Co. Perdiéndose la oportunidad de comprobar el efecto de estos procesos sobre la cinética de oxidación de estos metales.

Sobre esta base sustentamos la convicción, de que la ausencia de una generalización cualitativa, no permitió tomar las decisiones que estaban a nuestro alcance desde hace tiempo, como son: la evaluación de la cinética de disolución del Ni y el Co por la ley de la raíz cúbica aplicada al modelado de los procesos que transcurren con elevada resistencia a la difusión, combinado con el método gráfico para la determinación del orden de la reacción y la constante de velocidad de procesos homogéneos (hidrólisis de los iones de hierro); y en segundo lugar la toma de muestras a intervalos entre 2 y 3 min, que a su vez nos permite darle la confiabilidad deseada a las funciones lineales antes

mencionadas. La validez práctica de estas recomendaciones se aprecia en los trabajos [11, 13].

Gracias a la correcta selección de estos métodos diagnósticos, avalados por el aprovechamiento de la información de los sistemas antes analizados, fue posible introducirnos de forma gradual en la explicación de los fenómenos que ocurren durante la lixiviación; fundamentando nuevas posibilidades para el perfeccionamiento de la tecnología carbonato-amoniacal.

Para colocar la tecnología carbonato-amoniacal en un lugar símico a nivel mundial, se requiere elevar las extracciones de Ni y Co en relación con el mineral crudo sobre el 90 % con el menor consumo posible de energía y reactivos. La solución de este problema, en la actualidad, hay que analizarla integralmente; comenzando desde la organización, explotación y control geólogo-minero, factores determinantes en la calidad estable de la materia prima alimentada a la planta metalúrgica [1] hasta la proporción en la obtención de los productos de Ni y Co que garanticen su mercado. Indudablemente, la tarea es compleja y ninguno de los eslabones que componen la cadena tecnológica pueden subestimarse. Pero lo que define la economía con mayor peso es el circuito Reducción-Lixiviación. Al respecto se ha probado, que elevados índices de extracción de Ni y Co no pueden ser alcanzados sin el uso de aditivos que actúen sobre la etapa de disociación y sin incrementar los contenidos de amoníaco y CO₂ en el licor lixiviante [9, 10, 14, 18, 31, 33]. No obstante, el camino de mayor dificultad ha sido el de los aditivos sólidos como la pirita en reducción, cuyo principal problema a escala semi-industrial ha sido: la imposibilidad de trabajar con elevados contenidos de hierro metálico, que al solubilizarse provocan en la lixiviación una fuerte coprecipitación de Co y Ni con los OHH, y causa una seria crisis de sedimentación de la pulpa lixiviada.

El empleo de elevadas concentraciones de NH₃ y CO₂ en el licor lixiviante ha tenido éxito industrial solamente en Greenvale (Australia), manteniéndose restringidos los aditivos en reducción. Para lograr este avance, los australianos evadieron las dificultades previstas con una significativa disminución de la temperatura de la pulpa en el sistema de lixiviación, debido a la recirculación de una gran cantidad de licor como consecuencia, la solubilidad del oxígeno se incrementa, bajando la cantidad de aire a suministrar por unidad de masa de mineral durante el tiempo de lixiviación. El hecho en sí, de disminuir el flujo total de aire específico empleado no es el principal logro, sino, su escalonamiento descendente por turboaerador, bajo el criterio de que se necesita menos aire para oxidar al Ni y al Co; pero al mismo tiempo, esta distribución coincide con la disminución de la velocidad de formación de los OHH, trayendo consigo la merma de las pérdidas por coprecipitación segregante del cobalto, principalmente.

La disminución de la temperatura y el empleo de elevadas concentraciones de NH₃ y CO₂ en correlación óptima [10, 18], incrementa notablemente la solubilidad del cobalto, y en algo la del níquel; fortaleciendo la velocidad de disolución de estos metales, o sea; del proceso químico, dentro del ya demostrado régimen de transición. Además, la medida del aire lograda, garantiza un aumento de la

velocidad de disolución del cobalto y del níquel en relación con la velocidad de coprecipitación y recubrimiento de estos por los OHH.

Como resultado de los aspectos antes analizados y del empleo de un turboaerador perfeccionado con la agitación y dispersión de aire requeridos, se ha podido efectuar la lixiviación en una sola etapa concurrente, en menos tiempo, con bajas pérdidas de amoníaco y elevadas extracciones de níquel, quedando aún por resolver las bajas extracciones de cobalto, asociado al fenómeno de coprecipitación.

Para las fábricas ya construidas con sistemas a contracorriente y diferentes parámetros de operación, la solución de Greenvale no es aconsejable. Demostrado está para las condiciones cubanas [42], que elevados contenidos de NH_3 y CO_2 provocan un incremento sustancial de la solubilidad del hierro [10, 21], trayendo las mismas consecuencias que cuando se emplea piritita en reducción. Otras evidencias que muestran la adecuación a estas dificultades, la encontramos en la reconstrucción de Nonoc (antigua Marinduque, Filipinas) [30] y en las pruebas semi-industriales del proceso SMM [24].

Por qué durante tantos años no se le ha dado solución a los trastornos que provoca la precipitación de los OHH en la lixiviación, a pesar de constituir un freno para el desarrollo de esta tecnología?

La profunda revisión bibliográfica realizada sobre la tecnología carbonato-amoniaca, arrojó la inexistencia de una serie de conocimientos teóricos esenciales que permitan dominar la hidrólisis de los iones de hierro y sus cualidades coprecipitadoras, en correspondencia con las regularidades de la cristalización de los OHH en soluciones con una elevada basicidad. A inicio de la década de los años 80 aparecen las primeras publicaciones, al respecto [39, 40, 41], aplicadas a la obtención de ferritas por vía hidrometalúrgica. Es por ello, que a pesar del respetado esfuerzo realizado por innumerables investigadores [2, 20, 25, 26, 27, 28, 29, 36], sus resultados no pudieron ser correctamente interpretados, y menos aplicados a la industria. Esto no niega, que muchas de las regularidades establecidas constituyen un aporte indiscutible al conocimiento de los fenómenos de coprecipitación y adsorción.

Los primeros pasos dados en la aplicación de los nuevos conocimientos antes mencionados a las condiciones de la lixiviación carbonato-amoniaca se publican en los trabajos [11, 12, 13]. En estos, se esclarece:

- La dinámica de formación de los OHH y su identificación electroquímica en las condiciones industriales de la lixiviación
- La variación del tamaño de las partículas de los OHH en dependencia del flujo de aire específico, considerando

la composición iónica del licor lixiviante y las particularidades hidrodinámicas del proceso

- La cinética de la oxidación conjunta del Ni, Co, Fe y su interrelación con la velocidad de hidrólisis de los iones de Fe presentes en el licor.

Los positivos resultados obtenidos para el sistema real a escala de laboratorio ampliada (banco) abren nuevas posibilidades para lograr índices tecnológicos competitivos.

Las soluciones planteadas combinan; el incremento del coeficiente de utilización del oxígeno del aire en turboaeradores reconstruidos con la necesidad de disminuir las velocidades de oxidación de los iones de hierro, y de cristalización de los OHH; mediante la dosificación del aire en los turboaeradores de la primera etapa de lixiviación evadiendo un excesivo recubrimiento de las partículas lixiviables de Ni y Co y regulando la profundidad de coprecipitación del Ni, y sobre todo, del cobalto lixiviado con los OHH. Con una correcta dosificación de aire se evita además, la crisis de sedimentación.

Como resultado la cinética de disolución del Ni y el Co mejora, a pesar de emplear menos turboaeradores y aire por unidad de masa de mineral reducido, teniendo en cuenta, que sobre esta cantidad de aire influye además, el rol catalítico de los iones de Co(III) , los cuales desempeñan un papel fundamental en el mecanismo de oxidación de los metales; considerando la baja solubilidad del oxígeno del aire en las soluciones carbonato-amoniaca bajo las condiciones industriales de su realización [19, 22].

Desde el punto de vista económico todo lo anterior significa: disminución del consumo de energía, menores pérdidas de NH_3 y mayor producción de Ni y Co.

El recorrido dado por los diferentes sistemas nos demuestra la necesidad de conservar la armonía entre las exigencias del régimen de transición, la intensidad de oxidación de los iones de Co(II) , y la velocidad de formación de los embriones de la nueva fase de los OHH, sobre todo, de aquellos que no tienen centro de cristalización en el mineral reducido. Por lo que en la práctica, se requiere revisar y establecer la cantidad de aire necesario y su distribución durante la lixiviación para cada caso particular.

El perfeccionamiento tecnológico sobre las bases científicas expuestas, necesita de un incremento sustancial de pruebas a escala semi-industrial y en miniplantas para el estudio del circuito Reducción-Lixiviación, en las que deben aprovecharse las experiencias positivas existentes en el campo de los aditivos que actúan sobre la etapa de disociación de los silicatos complejos presentes en la mena, y los que actúan sobre la etapa de reducción de los óxidos. Esto, combinado con las nuevas concepciones de dirección de la lixiviación, permitirá lograr extracciones de Ni y Co comparables con otras tecnologías que procesan minerales oxidados de Ni.

REFERENCIAS

1. BERNAL S. H.: "Dirección de la calidad de la mena en el yacimiento Moa. Resumen de la disertación para Candidato a Doctor en Ciencias Técnicas". Leningrado, Editorial del Instituto de Minas de Leningrado, p. 20, 1989, (en ruso).
2. BORBAT B., F.; I. Y. LEZH: *Novie Processi V Metallurgii Ni y Co*. Moscú, Ed. Metallurgia, p. 358, 1976.
3. BHUNTUMKOMOL K. Y K. N. HAN: *Trans. Instn. Min. Metall.*, Sect. C, Vol. 91, No. 3 y 1, 1982.
4. BHUNTUMKOMOL K. Y K. N. HAN: *Hidrometallurgy*, No. 8, 147, 1982.
5. CARON M., H.: *Transactions AIME*, Jan, Vol. 188, JOM, 67-90, 1950.
6. CARON M., H.: *De Ingenieur*, No. 32, 25-29, 1954.

7. CASTELLANOS S., J.: Pat. Cubana, No. 33034, 1974.
8. CASTELLANOS S., J. E I. GARCIA: *Rev. La Minería en Cuba*, 4, No. 4, 56-61, 1978.
9. CHANDRA, D.; SIEMENS R., E.; R., O. CLAYTON: *Journal of Metals*, No. 5, 26-33, 1980.
10. CHANG C., A.; et al.: *Rev. Minería y Geología*, Vol. 6, No. 2, p. 57-62, 1988.
11. CHANG C., A.; et al.: *Rev. Minería y Geología*, Vol. 6, No. 3, p. 37-46, 1988.
12. CHANG C., A.; et al.: *Rev. Minería y Geología*, Vol. 1, No. 1, p. 51-63, 1989.
13. CHANG C., A.: *Soverzhenstvovanie tejnologii Zavoda iM. René Ramos Latour V g. Nicaro (Cuba)*. Avtoreferat dissertazija Na soiskanie uchonoj stepeni Kandidata doktora tejnicheskij nauk. Leningrad, Ed. Leningradskogo Gornogo Instituta (LGI), p. 20, 1989.
14. DE GRAAF J., E.: *Hidrometallurgy*, 6, p. 227-238, 1981.
15. DOBROJOTOV G., N.: *Processi y apparati gidrometallurgicheskij proizvodstv*. Leningrad, Ed. Leningradskogo Gornogo Instituta (L.G.I), p. 92, 1978.
16. DOBROJOTOV G., N.: *Izv. Vuzov. Zv. Metallurgia*, No. 3, p. 68-73, 1979.
17. FIFFE L., J. Y O GRANDA I.: *Rev. Cubana de Química*. Vol. 1, No. 1, p. 31-35, 1985.
18. GRIGORIEVA K., I.; et al.: *Izv. Vuzov. Zv. Metallurgia*, No. 1, 37, 1987.
19. HANN K., N. Y C. VU: *Hidrometallurgy*, 6, 227-238, 1981.
20. KASHERININOV G., O.: *Zhurnal Prikladnoi Jimii*, 33, No. 6, 1233, 1960.
21. KLOCKE D., J. AND A. N. HIXSON: *Ind. Engin. Chem. Process Des Davelov*, 11, 141, 1972.
22. KLUZHIN D., N.; REZNIK I., D.; I. SOBOL S.: *Primenenie Kisloroda V. Zvetnoi Metallurgii*. Moscú, Ed. Metallurgia, p. 238, 1973.
23. MATSON R., F. Y OTROS: *Cert. Patente (Australia) No. 78 080, C 22 B 23/04*, Pub. 11-02-1975.
24. OKAJIMA, Y.: *Met. Rev. MMIJ*, 3, No. 1, 94, 1986
25. OSSEO-ASARE, K. AND S. ASIHENE W.: *Int. Laterite Symp.*, 586-609, 1979.
26. OSSEO-ASAKARE, K. AND W. FUERSTENAU D.: *J. of Mineral Processing* 7, p. 117-127, 1980.
27. OSSEO-ASARE, K. AND W. FUERSTENAU D.: *Trans. Inst. Mining and Met.*, C 90, Dec., p. 152-158, 1981.
28. OSSEO-ASARE, K.; et al.: *Met. Trans.*, B14, No. 1-4, p. 571-576, 1983.
29. PEDLIK, M.: *Nezelezné Kovy*, 22, No. 10, p. 295-298, 1981.
30. *Prospective study of nickel Vol. 2 supply, Part. 2 Figures and Flowcharts*. For International Trade Centre UNCTAD/GATT, by Batelle, Geneva, Switzerland, 1976-1990.
31. REID J., G.: *Boletín Técnico. Serie Níquel*, No. 1, p. 29-40, 1984.
32. RESVANOV G., F. Y OTROS: *Zv. Metallurgia*, No. 1, p. 29-40, 1984.
33. RESVANOV G., F. Y OTROS: *Zv. Metall.*, No. 1, p. 9-14, 1985.
34. SERRANO, M. Y OTROS: *Rev. La Minería en Cuba*, No. 4, p. 66-73, 1978.
35. SHERRIT GORDON MINES LMT. *Cert. Patente (G.B.) No. 1, 182, 207, C 01G 51/12, 53/12*. Pub. 25-02-1970.
36. SOBOL S., I.: *Rev. Tecnológica*, 5, No. 4, p. 3-12, 1967.
37. TUHIN KUMAR, R. AND DEY SUNIL: *Cert. Patente (G.B.) No. 1348 031, C 01G 53/06, 51/06*. Pub. 13-03-1974.
38. TUHIN KUMAR, R. AND DEY SUNIL: *Cert. Patente (G.B.) No. 1348 032, y No. 1348 033, C 01G 51/12, 53/06*. Pub. 13-03-1974.
39. VAINZHTEIN I., A. Y OTROS: *Zhurnal Prikladnoi Jimii*, No. 1, p. 133-137, 1982.
40. VAINZHTEIN I., A.: *Ochistka y ispolzovanie stochnij vod travilnij otdelenij (Pererabotka rastvorov Solei Zheleza)*, Moscú, Ed. Metallurgia, p. 109, 1986.
41. VAINZHTEIN I., A.: *Bezotjodnaya Tejnologia Pererabotka Rastvorov Solei Zheleza*. Avtoreferat dissertazija Na Soiskanie uchonoj stepeni doktora tejnicheskij nauk, Leningrad, Ed. Leningradskogo Tejnologicheskogo Instituta (LTI), p. 30, 1987.
42. VAREKA, J.: *Informe Técnico Pta Piloto Nicaro (Cuba)*, Proyecto AEC-003-004, Archivo Pta. Piloto Empresa "Cmde René Ramos Latour", Nicaro, 1967.
43. VOSAHLOVA, E. Y R. WEIR D: *Cert. Patente (U.S.) No. 3, 644, 114, C 22 B 23/04*. Pub. 22-02-1972.
44. VU, C. AND N. HAN K.: *Trans. Inst. Mining and Met.*, C 86, Sept., p. 119-125, 1977.
45. VU, C. AND N. HAN K.: *Met. Trans.*, B 10, no. 1, p. 57-62, 1979.
46. VU, C.; N. HAN K. AND F. LAWSON: *Hidrometallurgy*, 6, P. 75-87, 1980.
47. WIEWIORSKI T., K.: *Cert. Patente (U.S.) No. 3, 848, 054, C 22 B 3/100*. Pub. 12-11-1974.

