



ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS MINERALES ARCILLOSOS DE NIQUEL, CON TRATAMIENTO PREVIO, A LA PREPARACIÓN DE PULPAS

Emilio Montejo Serrano, Daniela Martín Herbé, Eliecer Hidalgo Liriano, José Castellanos Suarez, Maykeli Cruz Bejerano, Yaysel Lozada García, Yania Cabaleiro Piedra, Heidy Carpio Morales

Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), Ciudad de La Habana, Cuba, e-mail: montejo@cipimm.minem.cu

RESUMEN

Se estudia el comportamiento de los minerales oxidados de níquel, de naturaleza arcillosa (arcillas nontroníticas), tratados por las tecnologías del CIPIMM, a la preparación de pulpas por los métodos convencionales (pulpas de 20 – 25 % de sólidos) y posterior sedimentación.

Los tratamientos previos desarrollados por el CIPIMM y empleados son:

- Tratamiento con aditivos.
- Tratamiento térmico.
- Tratamiento químico.

Los resultados alcanzados fueron los siguientes:

Las muestras de minerales arcillosos niquelíferos, sometidas al tratamiento con aditivos y preparación de pulpas diluidas, solo densifican hasta valores cercanos al 30 %, similar a las pulpas naturales (sin tratar).

Las muestras de minerales arcillosos niquelíferos, sometidas al tratamiento térmico a temperaturas de 350 – 450 °C, densifican satisfactoriamente a valores entre 40 – 43 % de sólidos a las 24 h, en probetas de 1 L, por tanto permiten el empleo de sedimentadores convencionales, para su densificación.

Las muestras de minerales arcillosos niquelíferos, sometidas al tratamiento químico y preparación de directa de pulpas con altos % de sólidos alcanzan, en las condiciones estudiadas, hasta 42 % de sólidos con buenas propiedades reológicas de las pulpas, pero implica en la etapa de molienda una alta corrosividad y por tanto un consumo prohibitivo de acero.

En base a lo anterior se escoge el tratamiento térmico como el de mejores resultados y se recomienda realizar pruebas de sedimentación en escala ampliada con minerales tratados por esta tecnología.

ABSTRACT

The behavior of the minerals rusted of nickel, of clayey nature (you clay nontroníticas), processed by the technologies of the CIPIMM, to the preparation of pulps for the conventional methods (pulp of 20–25% of solids) and later sedimentation is studied.

The previous treatments developed by the CIPIMM and used are:

- Treatment with additives
- Heat treatment
- Chemical treatment.

The attained results were the following:

The samples of clayey minerals niquelíferos, submitted to the treatment with additives and preparation of dilute pulps, only densify to close moral values to the 30 %, match to the natural pulps (without trying).

The samples of clayey minerals niquelíferos, submitted to the heat treatment to temperatures of 350 450 C, den sify satisfactorily to moral values between 40 43 % of solids to the 24 h, in 1L test tubes, therefore they enabl e the job of conventional settler tanks, for their densification.

The samples of clayey minerals niquelíferos, submitted to the chemical treatment and preparation of direct of pul ps with heights the % of solids are enough, in the conditions studied, to 42 % of solids with good rheological prop erties of the pulps, but it implies in the stage of milling a high corrosiveness and therefore a prohibitive consumpti on of steel.

On the basis of the above the heat treatment like the one belonging to better results is chosen and it is been advi sed to accomplish proofs of sedimentation in scale increased with minerals processed by this technology.



INTRODUCCIÓN

Los yacimientos oxidados de níquel conocidos de la República de Cuba son de naturaleza arcillosa, en unos casos constituidos por lateritas y en otros casos constituidos por arcillas Nontroníticas (pertenecientes al grupo de la Montmorillonita, que tienen alta capacidad de absorción de agua en su capa interlamina).

Los procesos convencionales de tratamiento de minerales oxidados de níquel por el proceso de lixiviación ácida a presión (HPAL), consisten en la preparación de pulpas diluidas (20 - 25 % de sólidos), clasificación bajo 0,84 mm y su posterior sedimentación, como pasos previos antes de alimentar a las autoclaves para la lixiviación ácida a presión.

Las pulpas de minerales nontroníticos sometidas al proceso convencional no densifican, alcanzando solo 30 % de sólidos, por lo que no es posible llevarlas al proceso de HPAL, pues se haría inviable el proyecto.

Las tecnologías desarrolladas por el CIPIMM, de preparación directa de pulpa de altos % de sólidos, a escala de laboratorio e incluso ampliada, para el tratamiento de estos tipos de minerales fueron:

- La preparación directa de pulpas mediante aditivos (Tecnología CIPIMM 2A).
- La preparación directa de pulpas mediante tratamiento térmico (Tecnología CIPIMM 2B).
- La preparación directa de pulpas mediante tratamiento químico (Tecnología CIPIMM 2C).

Desde el punto de vista teórico las tecnologías CIPIMM 2B y 2C actúan sobre la estructura de las arcillas presentes, destruyéndolas de forma parcial o total, por lo tanto tiene un efecto permanente. Mientras que la tecnología 2A, actúa sobre el sistema agua arcilla, por lo que su estructura arcillosa no es modificada de forma permanente y al diluir la pulpa se puede perder el efecto del aditivo sobre el catión interlamina [Montejo E., J. Castellanos y otros. 2013].

Las malas características reológicas de las pulpas de estos minerales, es debido a las características de estas arcillas de absorber agua en su estructura interlamina, secuestrando agua del sistema líquido - sólido, por lo que en la práctica, hay menos agua real y por tanto el % de sólido del sistema es mucho más alto, empeorando su propiedades reológicas.

Para implementar las tecnologías de preparación directa de pulpas con altos % de sólidos, se deben emplear nuevos equipamientos para la preparación de las pulpas, como los equipos de desagregación, los cuales en las pruebas semi-industriales tuvieron una productividad baja y requerirían estar recubiertos interiormente con liners de acero, para soportar los elementos desagregadores (barras de acero), además se requiere de un área de zaranda de 340 m², que significa un incremento significativo respecto a la práctica industrial actual [Montejo E., M. Pérez. Noviembre 2006].

Es por ello que decidimos estudiar el comportamiento de los minerales tratados por las tecnologías CIPIMM, cuando en vez de preparar la pulpa con altos % de sólidos, se preparan por los métodos tradicionales de pulpa con 20 - 25 % de sólidos y después se someten al proceso de sedimentación. Esto tiene la gran ventaja que se pueden emplear las tecnologías convencionales, disminuyendo considerablemente los gastos de capital (inversión).



MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra empleada

La muestra empleada fue de un mineral de naturaleza nontronítica del norte de Camagüey, preparándose por el esquema que aparece en la figura 1.

Preparación de la muestra para la investigación

Los equipos y accesorios empleados para la preparación fueron los siguientes:

- Triturador de quijada marca DENVER de 150 x 160 mm
- Triturador de quijada marca MK-4 soviético de 100 x 160 mm
- Triturador de Quijada Marca Braun de 50 x 120 mm
- Triturador de Rodillo Criollo de Ø 540 x 330 mm
- Triturador de Quijada Marca Braun de 40 x 80 mm
- Bascula mecánica de capacidad 120 kg y precisión 0,1 kg
- Cuarteador de John
- Palas

Las muestras se prepararon cuidadosamente para minimizar la producción de fracciones finas a partir de las granulometrías gruesas. A cada paso se clasificó para sólo triturar los gruesos, empleando equipos de baja producción de finos y con aberturas de salidas acordes con las granulometrías a preparar. En la Figura 2 aparece el esquema de preparación para la caracterización química empleado.

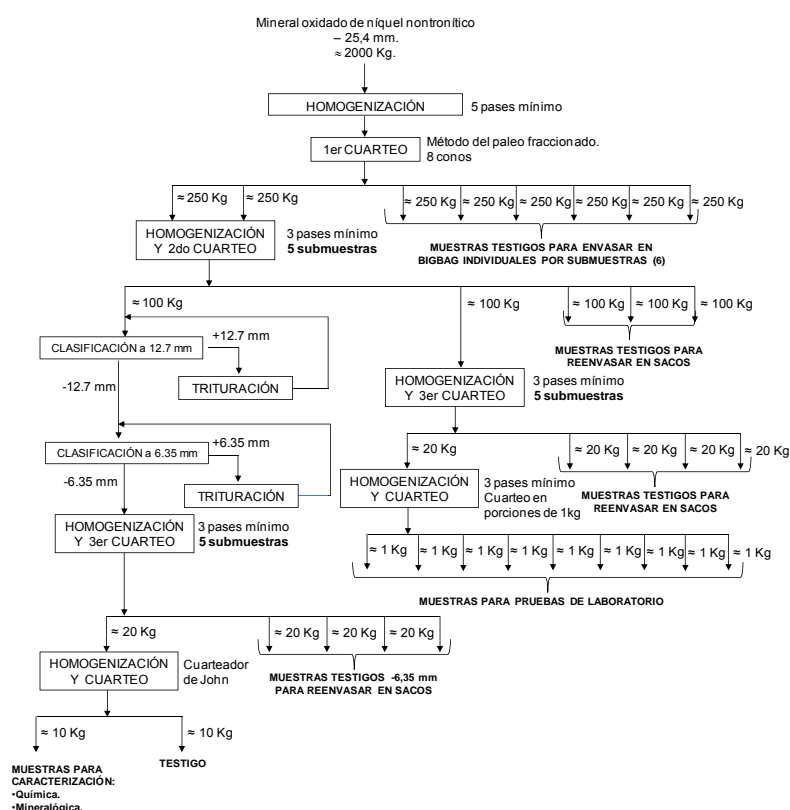


Figura 1. Esquema de preparación de la muestra.

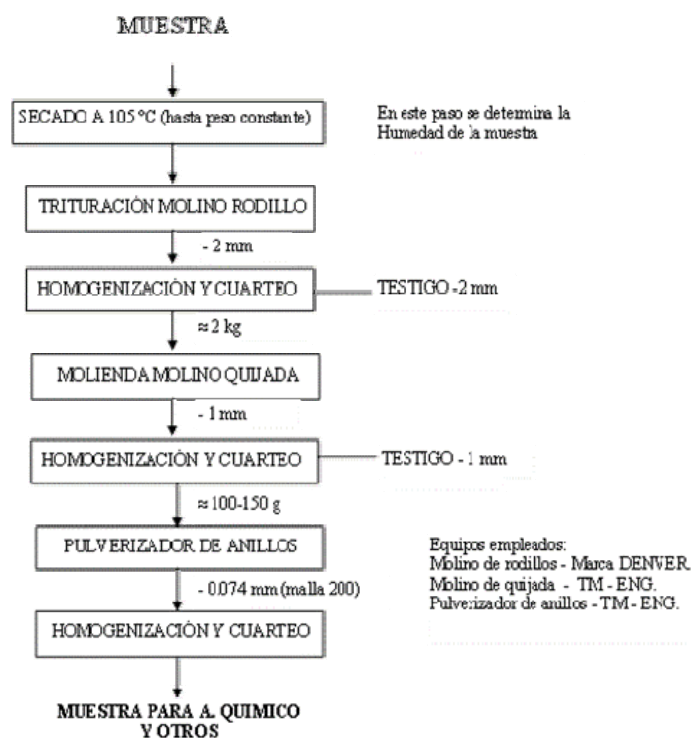


Figura 2. Esquema de preparación de muestra para análisis químico.

Caracterización química de las muestras

Los análisis se ejecutaron según los procedimientos establecidos del Departamento de Caracterización de Materiales del CIPIMM en base a las normas de empresa, cubanas e internacionales, empleándose los siguientes equipos:

Para los análisis de Ni, Co, Mg, Fe se empleó el equipo de absorción atómica con llama (EAA), Modelo Avanta, de la firma GBC Australiana.

Para los análisis multielementales por espectrometría de emisión por plasma inductivamente acoplado (ICP-AES), Equipo Spectroflame de la firma Spectro Analytical Instruments de Alemania.

Las determinaciones de SiO_2 y Al_2O_3 se realizaron mediante ensayos físicos, realizando el primero por método gravimétrico y el segundo por método volumétrico.

Preparación de pulpas

Las pruebas de preparación de pulpas a escala de laboratorio se ejecutaron empleando los procedimientos estándares, para estos tipos de trabajos y empleados con éxito en investigaciones anteriores [Montejo E., M. Pérez. Noviembre 2006.] [Montejo E., V. Herrera, E. Alfonso, J. Castellanos y Otros. Diciembre del 2008.] [Montejo, E.; J. Castellanos y Otros. junio del 2002]

Para este fin se emplearon los siguientes equipos:

- Sistema motriz de rodillos de velocidad variable y opcional con sistema de calentamiento (Figura 3a).



- Tambor rotatorio. Características: Largo 230 mm; Diámetro 210 mm. En dependencia de los aditamentos que se emplee, puede funcionar como molino de bolas, de barras o tambor desagregador (Figura 3a).
- Equipo ROT TAP para la clasificación mediante tamices (Figura 3b).
- Muestreador de pulpas (Figura 3c).
- Bomba Peristáltica.
- Agitador.

En la figura 3 aparece una foto de algunos de los equipos a emplear en esta fase:

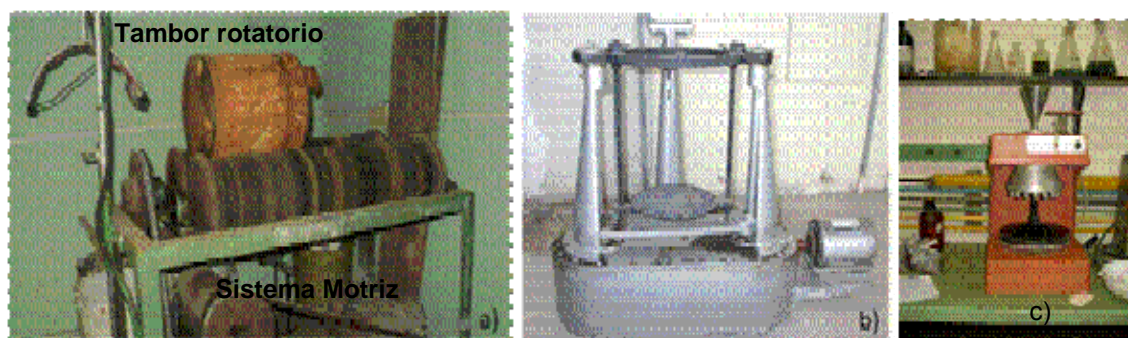


Figura 3. Equipos del sistema de preparación de pulpas.

Tratamiento térmico de los minerales.

El tratamiento térmico de los minerales se ejecutó según el procedimiento estándar, en base al equipamiento que aparece en la figura 4. Las temperaturas de trabajo oscilaron entre 200 – 450 °C

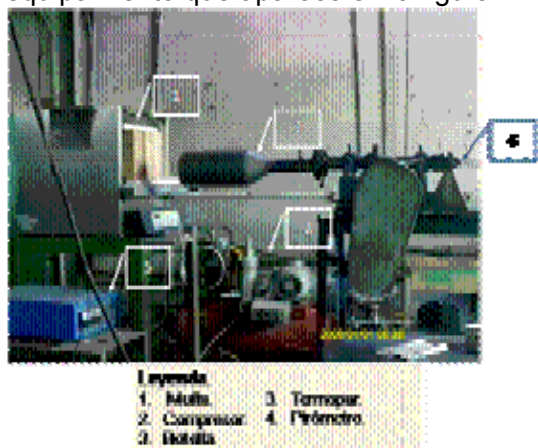


Figura 4. Equipamiento empleado en el tratamiento térmico de los minerales.

Tratamiento químico de los minerales.

El tratamiento químico se ejecutó según el procedimiento estándar para la cura ácida de minerales, empleando como referencia los resultados de investigaciones anteriores [Montejo, E.; J. Castellanos, y Otros. Junio 2002.].

Pruebas de sedimentación de pulpas

Las pruebas de sedimentación de las pulpas productos, se realizaron según el procedimiento estándar, que se basa en los métodos experimentales internacionalmente empleados desarrollados



por Talmague y Fitch. Consiste en calcular y diseñar sedimentadores industriales a partir de datos experimentales obtenidos en el laboratorio con probetas de 1 L.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización Química

Los resultados de la caracterización química de la muestra de mineral oxidado nontronítico aparecen en la Tabla I.

Tabla I. Caracterización química de la muestra.

% Ni	% Co	% Fe	% Mg	% SiO ₂	% Al
1,58	0,062	21,40	3,41	39,55	1,03
% Humedad		37,30 – 36,11			
Densidad real del mineral (g/cm ³)		3,25			

Pruebas de preparación de pulpas con aditivos

Se diseñó un programa de pruebas para ver el efecto de los aditivos sobre las pulpas de 20 – 25 % de sólidos. Dicho programa de pruebas aparece recogido en la tabla III. Las dosificaciones de aditivos se basan en las empleadas en investigaciones anteriores [Montejo E., M. Pérez. Noviembre 2006. Proyecto Conceptual planta industrial de pequeña escala para preparación directa de pulpas de alto % de sólidos para minerales de la expansión de Moa. CIPIMM] [Montejo E., V. Herrera, E. Alfonso, J. Castellanos y Otros. Diciembre del 2008. Investigación Tecnológica Aprovechamiento Minerales niquelíferos nontroníticos. Reporte Técnico Parcial. Etapa 1. CIPIMM].

Tabla II. Programa de pruebas de preparación de pulpas con aditivos.

Peso Mineral Húmedo: 1 kg % Humedad: 35,19 – 37,30 Granulometría: - 25,4 mm % Sólido deseado en la pulpa producto final: 22% Punto de corte: 0,84 mm							
1ra Fase de desagregación ó molienda: % Sólido 1ª Fase: 35 % (Pruebas 1 y 2) 50 % (Pruebas 3 y 4)							
2ª Fase desagregación: % Sólido deseado en la pulpa producto final: 22%							
No Prueba	Elemento desagregador		Dosificación aditivos (Kg/t)		Tiempo (min)		Observaciones
	Tipo	Cant.	Sal (Me ⁺ x)	Ácido	1ª Fase	2ª Fase	
1A	Paletas	6	0	0	4,5	2,0	Blanco.
2A	Paletas	6	0,62	4,20	4,5	2,0	
3A	Barra acero	8	0,62	4,20	10,0	2,0	
4A	Barra acero	11	0,62	4,20	15,0	2,0	



Los resultados obtenidos se muestran en la tabla III.

En las dos primeras pruebas se corrobora un aspecto de investigaciones anteriores, que los minerales nontroníticos, debido a su contenido de serpentinas de alto grado de níquel, dureza y granulometría, al contrario de los minerales lateríticos, no responden a los procesos de desagregación y requieren de molienda profunda, pues la proporción de fracciones finas es mucho menor, de ahí los % de sólidos tan bajos en esas dos pruebas y como además, las fracciones gruesas (+ 0,84 mm), no se diferencian substancialmente de las fracciones finas en cuanto a su contenido de Ni, Co y Mg, no se deben despreciar (no hay beneficio al clasificar a 0,84 mm, como en los minerales de lateríticos).

El efecto del tratamiento con aditivos de las pulpas no tiene un efecto positivo sobre la densificación de las pulpas preparadas, tal como se predijo en las consideraciones teóricas, al no ser este tratamiento destructivo de la estructura de las arcillas.

Tabla III. Resultados de la pruebas de preparación con aditivos.

No. Prueba	PREPARACIÓN DE PULPAS						SEDIMENTACIÓN	
	Productos	Rend. en peso (%)	ANÁLISIS QUÍMICO (%)		RECUPERACIÓN (%)		%S Inicial	% S Final (24 h)
			Ni	Co	Ni	Co		
1A	Pulpa Producto - 0,84 mm	52,46	1,88	0,036	60,93	36,20	14,0	17,1
	Residuo Total	47,54	1,33	0,070	39,07	63,80		
	Alimentación	100,00	1,62	0,052	100,00	100,00		
2A	Pulpa Producto - 0,84 mm	52,27	1,68	0,098	50,82	69,99	12,9	22,9
	Residuo Total	47,73	1,78	0,046	49,18	30,01		
	Alimentación	100,00	1,73	0,073	100,00	100,00		
3A	Pulpa Producto - 0,84 mm	96,25	1,80	0,061	97,98	98,37	18,3	28,3
	Residuo Total	3,75	0,95	0,026	2,02	1,63		
	Alimentación	100,00	1,77	0,060	100,00	100,00		
4A	Pulpa Producto - 0,84 mm	98,23	1,59	0,067	93,49	96,03	20,0	21,1
	Residuo Total	1,77	1,60	0,0400	6,51	3,97		
	Alimentación	100,00	1,59	0,065	100,00	100,00		

Las pulpas preparadas a los % de sólidos tradicionales solo densifican en el mejor de los casos, hasta valores cercanos al 30 % de sólidos a las 24 h, similares a las pulpas preparadas con minerales naturales [Montejo E., V. Herrera, E. Alfonso, J. Castellanos y Otros. Diciembre del 2008.]

Pruebas de preparación de pulpas con tratamiento térmico.

El programa de pruebas concebido se basa en la deshidratación irreversible de las arcillas, por medio de temperatura, este tratamiento destruye la estructura de las mismas y por tanto reduce o elimina su capacidad de absorción de agua. Se estudió un rango de temperaturas, en base a resultados de investigaciones anteriores, para ver el efecto de la misma sobre la densificación de pulpas.

El programa de pruebas aparece recogido en la tabla IV.

Tabla IV. Programa de pruebas de preparación de pulpas con tratamiento térmico.



Peso Mineral Húmedo: 1 kg % Humedad: 35,19 – 37,30 Granulometría: - 25,4 mm Elemento desagregador: 8 barras de acero. % Sólido deseado en la pulpa producto final: 22% Punto de corte: 0,84 mm				
1ra Fase de molienda: % Sólido 1ª Fase: 50 %				
2ª Fase desagregación: % Sólido deseado en la pulpa producto final: 22%				
No Prueba	Temp. del trat. térmico. (°C)	Tiempo (min)		Observaciones
		1ª Fase	2ª Fase	
1T	450	5	1	
2T	400	5	1	
3T	350	5	1	
4T	250	5	1	

En la tabla V se expresan los resultados de estas pruebas.

Tabla V. Resultados de la pruebas de minerales tratados térmicamente.

No. Prueba	PREPARACIÓN DE PULPAS						SEDIMENTACIÓN	
	Productos	Rend. en peso (%)	ANÁLISIS QUÍMICO (%)		RECUPERACIÓN (%)		%S Inicial	% S Final (24 h)
			Ni	Co	Ni	Co		
1T	Pulpa Producto - 0,84	95,08	1,76	0,068	95,94	96,40	21,3	43,0
	Residuo Total	4,92	1,44	0,049	4,06	3,60		
	Alimentación	100,00	1,79	0,056	100,00	100,00		
2T	Pulpa Producto - 0,84	95,49	1,80	0,057	95,78	96,96	20,9	41,2
	Residuo Total	4,51	1,68	0,038	4,22	3,04		
	Alimentación	100,00	1,79	0,056	100,00	100,00		
3T	Pulpa Producto - 0,84	95,77	1,69	0,067	96,64	97,74	24,0	39,3
	Residuo Total	4,23	1,33	0,035	3,36	2,26		
	Alimentación	100,00	1,67	0,066	100,00	100,00		
4T	Pulpa Producto - 0,84	99,53	1,71	0,062	99,76	99,74	23,1	36,3
	Residuo Total	0,47	0,88	0,034	0,24	0,26		
	Alimentación	100,00	1,71	0,062	100,00	100,00		

En las pruebas realizadas se demuestra lo efectivo del tratamiento térmico en el logro de altos % de sólidos en la pulpa espesada (teniendo en cuenta que son pruebas en probetas), suficiente en el caso de San Felipe para alimentar a las autoclaves del proceso de lixiviación a presión (HPAL), debido al alto contenido de magnesio de estos minerales, pues si es demasiado alto el % de sólido, se incrementa el contenido de Mg en la autoclave, provocando un aumento de las incrustaciones, que afectan la eficiencia del proceso y al requerir de limpiezas más frecuentes, afecta la producción.

También existe un incremento del contenido (Up Grade) de Ni y de Co, debido al tratamiento térmico, de 9,48 % y 2,49 % respectivamente, como promedio, respecto a la ley del mineral natural. En la



figura 5 aparece la gráfica de la influencia de la temperatura de deshidratación en la densificación de las pulpas.

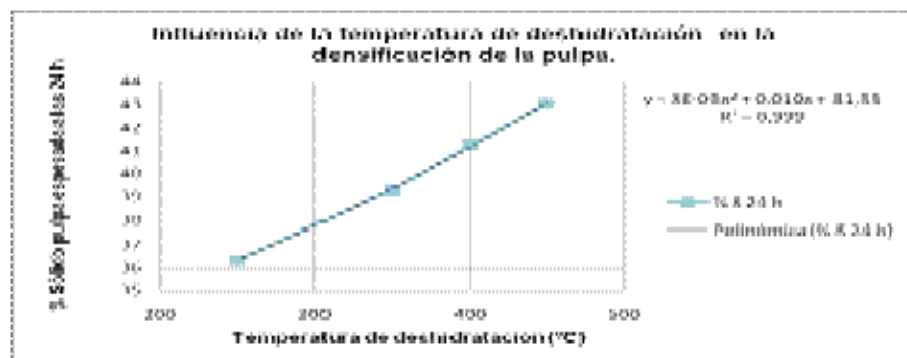


Figura 5. Influencia de la temperatura de deshidratación en la densificación de la pulpa.

A mayores temperaturas se logra una más efectiva deshidratación de toda la masa del mineral.

Pruebas de preparación de pulpas con tratamiento químico.

El programa de pruebas concebido se basa en el tratamiento químico de las muestras, estudiado en investigaciones anteriores [Montejo, E.; J. Castellanos y Otros. Junio del 2002. Estudio del comportamiento de minerales nontronítico a la tecnología CIPIMM 3. CIPIMM] y de las que se tomaron las dosificaciones de reactivos. El tratamiento provoca la disolución de parte del mineral y la alteración o destrucción de la estructura de las arcillas.

La muestra fue curada según lo planteado en el inciso 3,6, después de lo cual se mantuvo a 60°C en una estufa, simulando el proceso semi-adiabático que ocurre en una pila de almacenaje, por la adición de ácido sulfúrico concentrado al mineral y desarrollarse calor por el proceso de disolución del ácido sulfúrico concentrado con el agua asociada a la humedad del mineral. En la tabla VI se muestra el programa de pruebas.

Tabla VI. Programa de pruebas de preparación de pulpas con tratamiento químico.

Peso Mineral Húmedo: 1 kg % Humedad: 35,19 – 37,30 Granulometría: - 25,4 mm Elemento desagregador: 11 barras de acero. % Sólido deseado en la pulpa producto final: 22% Punto de corte: 0,84 mm			
1ra Fase de molienda: % Sólido 1ª Fase: 50 % Tiempo de molienda: 15 min 2ª Fase desagregación: Tiempo de desagregación: 2 min % Sólido deseado en la pulpa producto final 22%			
No Prueba	Dosificación ácido (Kg/t)	% S deseado en la pulpa producto final	Observaciones
1Q	250	22	Pruebas para sedimentación.
2Q	100	22	Pruebas para sedimentación.
3Q	250	42	Pruebas de preparación directa con altos % S
4Q	100	42	Pruebas de preparación directa con altos % S



Tabla VII. Resultados de la pruebas de preparación con tratamiento químico.

No. Prue- ba	PREPARACIÓN DE PULPAS PARA SEDIMENTACIÓN						SEDIMEN- TACIÓN		CONSU- MO DE ACERO (Kg/t MINERAL.)
	Productos	Rend. en peso (%)	ANÁLISIS QUÍMICO (%)		RECUPERACIÓ N (%)		%S Inicia l	% S Final (24 h)	
			Ni	Co	Ni	Co			
1Q	Pulpa Producto - 0,84 mm	96,77	1,62	0,064	98,37	98,59	16.0	19.4	151,9
	Residuo Total	3,23	0,66	0,022	1,63	1,41			
	Alimentación	100,00	1,58	0,062	100,00	100,00			
2Q	Pulpa Producto - 0,84 mm	93,32	1,61	0,064	94,68	96,17	17.3	19.1	117,1
	Residuo Total	6,68	1,20	0,034	5,32	3,83			
	Alimentación	100,00	1,58	0,062	100,00	100,00			
No. Prue- ba	PREPARACIÓN DIRECTA DE PULPAS DE ALTO % SÓLIDO						% S (Equi valen te)	BYS (Pa)	CONSU- MO DE ACERO (Kg/t MINERAL.)
	Productos	Rend. en peso (%)	ANÁLISIS QUÍMICO (%)		RECUPERACIÓ N (%)				
			Ni	Co	Ni	Co			
3Q	Pulpa Producto - 0,84 mm	94,12	1,67	0,065	96,57	95,47	42,2	50	151,9
	Residuo Total	5,88	0,63	0,033	3,43	4,53			
	Alimentación	100,00	1,58	0,062	100,00	100,00			
4Q	Pulpa Producto - 0,84 mm	74,75	1,84	0,077	84,74	90,28	42,0	155	117,1
	Residuo Total	25,25	0,88	0,022	15,26	9,72			
	Alimentación	100,00	1,58	0,062	100,00	100,00			

Nota: La pulpa producto incluye el licor con sus contenidos metálicos disueltos.

Basado en las pruebas anteriores se decidió incrementar el tiempo de la 1ª Fase, con vista a incrementar el rendimiento de pulpa y la recuperación de los metales.

Producto que uno de los problemas de esta tecnología es la corrosión generada por el tratamiento ácido del mineral en la fase de desagregación y molienda, se pesaron las barras al inicio de la prueba y al final, para tener un estimado del consumo de acero en la etapa de preparación de pulpas. En la tabla VII se muestran los resultados de estas pruebas.

Producto de los malos resultados de las pruebas de sedimentación con las pulpas diluidas (1Q y 2Q), se estudió la preparación directa de pulpa con altos % de sólido por tratamiento químico (3Q y 4Q).

De las pruebas 1Q y 2Q, se ve que las pulpas después de preparadas a 22 % de sólido (nominal), sedimentan con mucha dificultad y no densifican. Esto puede deberse a dos causas:



El tratamiento ácido de las arcillas tiende a formar una estructura pilareada, la cual también tiene un alto poder de adsorción de agua [Montejo Emilio y Otros].

- La alta densidad y viscosidad del licor presente en la pulpa, después del tratamiento, debido a la disolución de metales, fundamentalmente hierro.

En las pruebas de preparación directa 3Q y 4Q, se ve que la disminución del consumo de ácido es perjudicial al proceso, provocando un empeoramiento considerable de las propiedades reológicas de las pulpas. Esto provoca la baja recuperación de la prueba 4Q, debido a la gran cantidad de rechazo que se produce en la etapa de clasificación.

Es evidente que el tratamiento químico provoca una alta corrosividad en la etapa de molienda y el consumo de acero es prohibitivo a cualquier dosificación del ácido. En la figura 6 aparece la influencia de la dosificación de ácido en el consumo del acero.

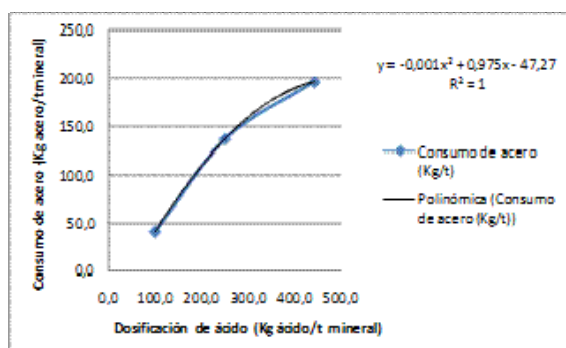


Figura 6. Influencia de la dosificación del ácido en el consumo de acero en la fase de molienda.

CONCLUSIONES

1. Las muestras de minerales arcillosos nontroníticos sometidas al tratamiento con aditivos y preparación de pulpas diluidas, solo densifican hasta valores cercanos al 30 %, similares a las pulpas naturales (sin tratar).
2. Las muestras de minerales arcillosos nontroníticos no responden al proceso de desagregación y requieren de una molienda profunda (por debajo de 0,84 mm), para lograr buenas recuperaciones de los metales de interés.
3. Las muestras de minerales arcillosos nontroníticos, sometidas al tratamiento térmico entre temperaturas de 350 – 450 °C, densifican satisfactoriamente a valores entre 40 – 43 % de sólidos a las 24 h, en probetas de 1 L, por tanto permiten el empleo de sedimentadores convencionales, para su densificación.
4. Las muestras de minerales arcillosos nontroníticos, sometidas al tratamiento químico y preparación de pulpas diluidas, sedimentan con mucha dificultad.
5. Las muestras de minerales arcillosos nontroníticos, sometidas al tratamiento químico y preparación de directa de pulpas con altos % de sólidos alcanzan, en las condiciones estudiadas, hasta 42 % de sólidos con buenas propiedades reológicas de las pulpas.
6. El tratamiento químico de muestras de minerales arcillosos nontroníticos, implica en la etapa de molienda una alta corrosividad y por tanto un consumo prohibitivo de acero.
7. La disminución del ácido para tratar de disminuir la corrosión, provoca empeoramiento substancial de las propiedades reológicas de las pulpas.



BIBLIOGRAFÍA

- Montejo, E.; Castellanos, J y otros. 2013. Tratamiento de minerales de naturaleza arcillosa, mediante las tecnologías de preparación directa de pulpas. Memorias de la Convención GEOCIENCIAS 2013.
- Montejo, E.; Pérez, M Noviembre 2006. Proyecto Conceptual planta industrial de pequeña escala para preparación directa de pulpas de alto % de sólidos para minerales de la expansión de Moa. CIPIMM.
- Montejo, E.; Herrera, V; Alfonso, E; Castellanos, J y Otros. Diciembre del 2008. Investigación Tecnológica Aprovechamiento Minerales niquelíferos nontroníticos. Reporte Técnico Parcial. Etapa 1. CIPIMM
- Montejo, E.; Castellanos, J y Otros. Junio del 2002. Estudio del comportamiento de minerales nontronítico a la tecnología CIPIMM 3. CIPIMM
- Montejo, E y Otros. Estudio de la obtención de nuevos productos a partir de las bentonitas del yacimiento Managua Tipo I y II mediante tratamientos in situ.