

CARACTERIZACIÓN DE PIRITA CONTENIDAS EN RELAVES DE COBRE

L. Valderrama¹, M. Santander¹, O. Pavez¹, M. Guevara¹, C. Castillo², P. Humeres³

¹Departamento de Metalurgia, Facultad de Ingeniería, Universidad de Atacama

²Codelco Chile División El Salvador

³Alumno de Ingeniería Civil en Metalurgia, Universidad de Atacama

luis.valderrama@uda.cl

RESUMEN

Los relaves que actualmente se están almacenando en depósitos contienen especies que son valorizables, tales como pirita, magnetita, rutilo, entre otros. Esto llevó a indagar en recuperar la pirita contenida en los relaves de flotación de cobre donde es considerada un mineral sin valor. El objetivo de este trabajo es estudiar la recuperación de pirita contenida en los relaves para entregar un valor agregado a la minería del cobre. La muestra del relave indicó un contenido de pirita de 2,9%, una densidad de 3.140 kg/m³, una granulometría en la que el 71% del relave está bajo los 74 micrómetros y un punto isoeléctrico o punto de carga cero en pH 5,8. La composición mineralógica del relave reveló que está constituido por cuarzo, ortoclasa, magnetita, biotita, calcita e indicios de pirrotina y calcopirita. Pruebas en tubo Hallimond mostraron que con el colector A-404 y PETKOM 20, la flotabilidad óptima de la pirita se encuentra entre pH 5 a 8. Las experiencias realizadas en celda de flotación mostraron que es posible obtener un concentrado de 59,4% de pirita con recuperación de 83,3%.

Palabras claves: Caracterización, pirita, relave, recuperación.

ABSTRACT

The tailings that are currently being stored in tanks contain species that are recoverable, such as pyrite, magnetite, rutile, among others. This led to investigate in recovering pyrite contained in the copper flotation tailings where it is considered a worthless mineral. The aim of this paper is to study the recovery of pyrite contained in the tailings to deliver an added value to copper mining. The tailings sample indicated a pyrite content of 2.9%, a density of 3,140 kg/m³, a particle size in which a 71% of the tailings is below 74 micrometers and an isoelectric point or point of zero charge at 5.8 pH. The mineralogical composition of tailings revealed that consists of quartz, orthoclase, magnetite, biotite, calcite and traces of pyrrhotite and chalcopyrite. Hallimond tube tests showed that with the PETKOM A-404 and 20 collectors, the optimum flotation of pyrite is found between 5 to 8 pH. The experiences conducted in the flotation cell showed that it is possible to obtain a concentrate of 59.4% of pyrite with 83.3% recovery.

Keywords: Characterization, pyrite tailings recovery.

1. INTRODUCCIÓN

Las propiedades superficiales de la pirita han sido usadas para explicar el comportamiento en la flotación, las que incluyen la carga superficial, ángulo de contacto, grado de oxidación y reactividad. Estudios electroquímicos muestran que la superficie de la pirita es un mosaico de áreas anódicas y catódicas. Utilizando estas observaciones electroquímicas, pueden ser postulados varios mecanismos concernientes al comportamiento de la pirita en los sistemas de flotación, y por que ésta puede ser selectivamente removida. Otra propiedad de la pirita y de los otros sulfuros es su composición variable. Esto es debido en parte a la naturaleza no estequiométrica de los compuestos naturales y otras inclusiones minerales. La variedad química es debida usualmente al ambiente de depositación y puede crear diferencias en el comportamiento de diferentes muestras de pirita [1].

La pirita se puede flotar usando muchos tipos de reactivos, que incluyen xantatos, ditiocarbamatos, ditiolfosfatos, ácidos grasos y aminas. De los mencionados, los xantatos son los más importantes y más estudiados.

Miller y Du Plessis [2] estudiaron el estado hidrofóbico de la pirita a bajo potencial, la recuperación de oro se vio influenciado en este caso por el tamaño de partícula de pirita y el gas usado para la flotación. Las pruebas de flotación entregan una alta recuperación de oro al usar nitrógeno en vez de aire y acentuándose en tamaños menores de partícula debido al incremento del efecto de la oxidación, a medida que las partículas disminuyen de tamaño, se extiende una mayor superficie del mineral disponible para la reacción y debido la reactividad natural de la pirita con el oxígeno, la oxidación tendrá un impacto mas significativo, contrariamente en la flotación con nitrógeno, esta oxidación de las partículas disminuirá considerablemente, en el caso de las mas finas, el área libre está disponible para la reacción con el colector y con esto el mineral incrementa sus posibilidades de ser recuperado.

El estado hidrofílico de la pirita corresponde a la situación en que la pirita presenta más afinidad por el agua que por las burbujas. Esta respuesta de la pirita es acentuada con reactivos depresantes tales como los

hidróxidos utilizados cuando la pirita no es el mineral de interés pero forma parte de la pulpa en tratamiento, como ocurre en muchas plantas de beneficio de nuestro país. La forma más común de depresar la pirita es elevando el pH hasta valores básicos sobre 10, con la adición de cal, en forma de lechada de cal, que aporta a la pulpa hidróxido de calcio, que a su vez aporta los iones hidroxilos, de vital importancia en el efecto depresor de la pirita. Sin embargo a pesar del amplio uso de la cal, la totalidad de los mecanismos involucrados aún no han sido dilucidados.

En el trabajo de Martín y Rao [3] involucra tanto a los iones hidroxilos como a las interacciones galvánicas de la pirita con otros sulfuros en presencia de oxígeno, lo que deriva en un efecto depresor para la pirita. En este contacto entre la pirita y el sulfuro, el mineral más catódico recibe electrones del menos catódico. Esto explica también el mejor desempeño del nitrógeno como gas de flotación ya que produce la remoción de oxígeno de la pulpa, debilitando la interacción galvánica, previene la formación de iones OH^- además de removerlos no permitiendo así la competición de éstos iones y los iones del xantato por los sitios de adsorción.

El uso de distintos reactivos modificadores de pH también influye en el efecto depresor de la pirita, en el trabajo de Castro y García [4] se realizaron pruebas de flotación de pirita utilizando NaOH , Na_2CO_3 y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para el control del pH. Ellos mostraron que el hidróxido de calcio posee el mayor efecto depresor de los tres reactivos estudiados. Este aumento del efecto depresor sólo puede ser asociado a la presencia del ión calcio presente en la cal.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La muestra de pirita para el estudio de potencial zeta y micro flotaciones fue obtenida mediante selección manual de un mineral de cobre de la Región de Atacama. Las muestras para las flotaciones a escala de laboratorio fueron colectadas en el relave final de la planta. Las muestras fueron caracterizadas mediante análisis químico. El análisis mineralógico fue determinado mediante un difractómetro de rayos X (Marca Siemens, modelo D5000). El peso específico

del sólido fue determinado por medio de la técnica del picnómetro.

Como colector fue utilizado Aero Promotor 404 y PETKOM 20, en una concentración de 30 g/t y pH 8. Esta concentración fue definida de acuerdo con pruebas de flotación realizados anteriores.

Las pruebas de micro flotación fueron realizadas en tubo Hallimond modificado. Estas pruebas fueron realizadas usando un tiempo de acondicionamiento de 10 minutos, de flotación 1 minuto con un flujo de aire de 100 cm³/min. El objetivo fue verificar la flotabilidad de la pirita frente a los dos colectores en el rango de pH de 5-11.

Las pruebas de flotación escala laboratorio fueron realizadas en una celdas de flotación Denver D-12 de 2.650 cm³ de capacidad. Las pruebas de flotación fueron realizadas para determinar dosificación de colector A-404 y PETKOM 20.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Se observa en la tabla 1 la alta pureza de la muestra de pirita catada a mano, de un mineral de cobre que poseía partículas de pirita visualmente pura. Esta tabla también muestra la ley de pirita en la muestra de relave de cobre.

Tabla 1. Análisis químico de pirita seleccionada a mano.

Muestra	Ley Pirita (%)
Pirita	99,9
Relave	2,9

La figura 1 presenta el difractograma de la muestra de pirita, se puede observar que es una pirita muy pura.

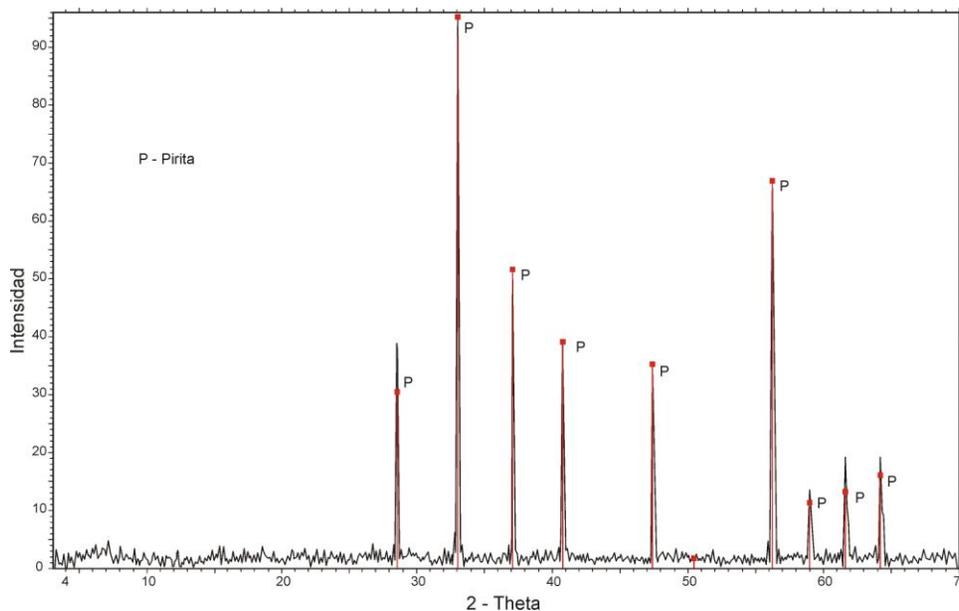


Figura 1. Difracción de Rayo X de la muestra de pirita

En la muestra de relave las especies existentes son cuarzo, ortoclasa, magnetita, biotita, calcita e indicios de pirrotina y calcopirita. Las partículas de pirita tienen un tamaño entre 4µm y 150µm. La liberación de la pirita alcanza aproximadamente el 80%. Los análisis granulométricos realizados a la muestra de relave indicaron que el porcentaje pasante por la malla 200 es 71,0%. El valor del peso específico del sólido mediante el picnómetro fue de 3.140 kg/m³.

La figura 2 muestra el potencial zeta de la pirita sin colector y con los colectores AP 404 y PETKOM 20. En presencia de electrolito soporte y ausencia de colector, el punto isoeléctrico de la pirita fue observado un pH 5,8. La presencia de ambos colectores modifican el potencial zeta de la pirita a pH más ácidos, indicando con esto que la adsorción del colector produce la compresión de la doble capa eléctrica.

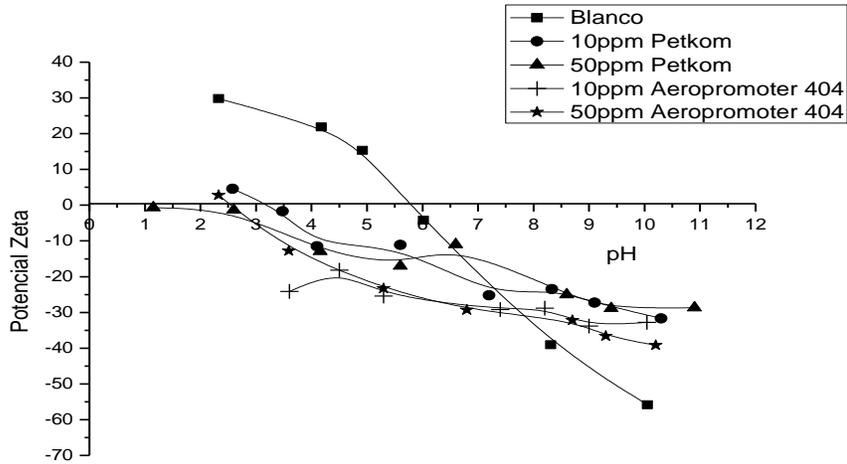


Figura 2. Potencial Zeta de la muestra de pirita

La figura 3 muestra las pruebas de micro flotación, en donde se hizo un barrido del pH desde 5 hasta 11 con ácido sulfúrico y cal, la dosis de colector A 404 fue de 1×10^{-4} y 1×10^{-3} molar. Se puede observar que la pirita

posee una excelente flotabilidad en el rango de pH 5 a 8 con valores sobre 80%. Para pH mayores la flotabilidad de la pirita disminuye drásticamente.

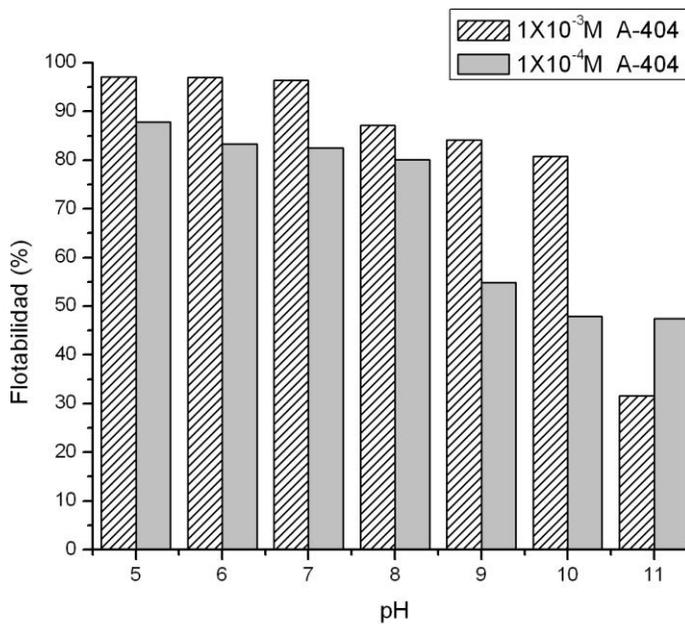


Figura 3. Flotabilidad de la pirita utilizando diferentes dosificaciones del colector A-404

En la figura 4 se presentan los resultados obtenidos en las pruebas en tubo Hallimond usando como colector PETKOM 20 en dosificaciones de 1×10^{-3} M y 1×10^{-4} M. Se

puede observar que la flotabilidad de la pirita con este reactivo colector es similar a los resultados obtenidos en la figura 3, pero con un porcentaje de flotabilidad menor.

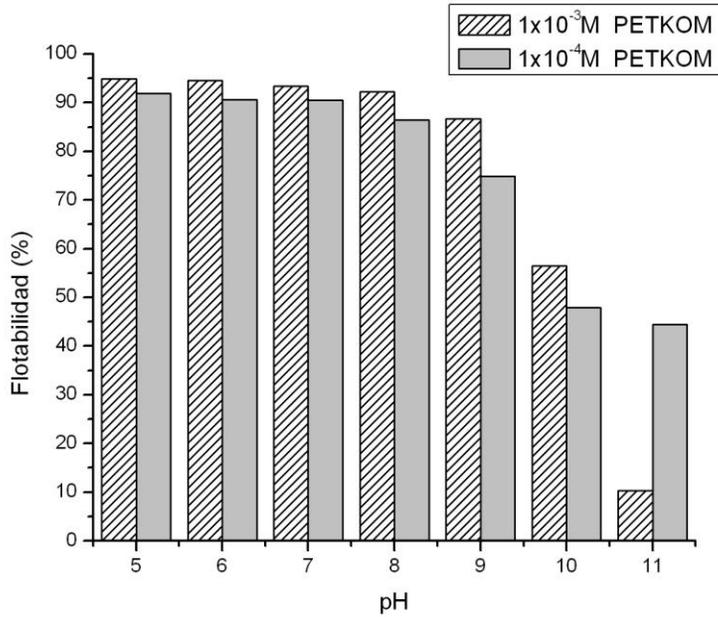


Figura 4. Flotabilidad de la pirita utilizando diferentes dosificaciones del colector PETKOM 20.

La figura 5 muestra los resultados obtenidos en las pruebas de flotación en celda Denver D-12 y como colector el A-404. Se puede observar que la recuperación de pirita usando

una dosificación de 30 g/t de A-404 alcanza un valor máximo de 87,0% y una ley de pirita en el concentrado de 27,2%.

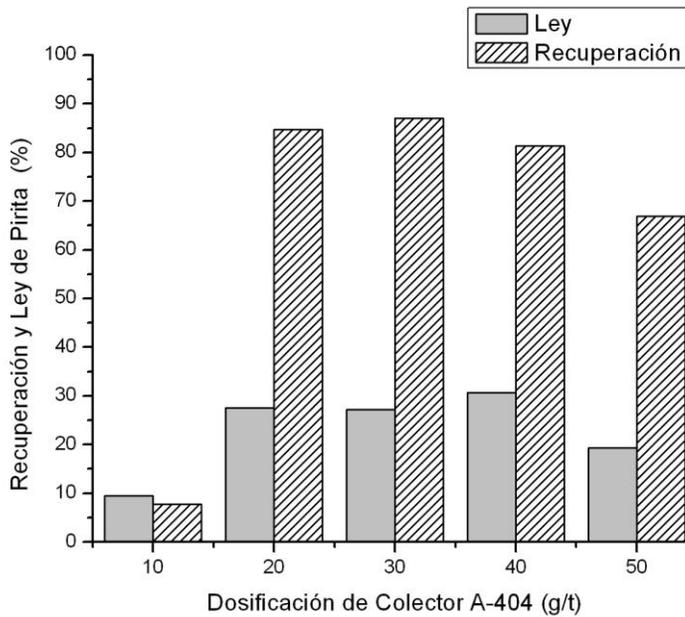


Figura 5. Efecto de la dosificación de colector A-404 en función de recuperación y ley de pirita a pH 8,0.

La figura 6 muestra los resultados de las pruebas de flotación usando como colector el

PETKOM 20.

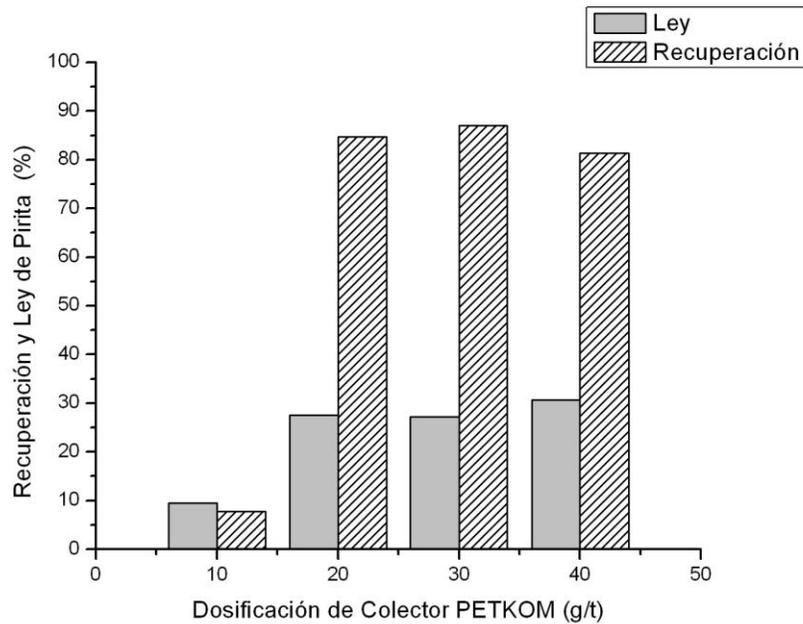


Figura 6. Efecto de la dosificación PETKOM en función de recuperación y ley de pirita a pH 8,0.

Se puede observar que las pruebas en que el rango de dosificación de colector de 20, 30 y 40 g/t, la recuperación de pirita alcanza valores de 96,3%, 98,8 y 96,6% respectivamente, con el máximo de recuperación en la prueba realizada con la dosificación de colector de 30 g/t (98,8%). Se aprecia también que una dosificación de colector menor a 20 g/t la recuperación metalúrgica como también la ley de pirita es muy menor.

4. CONCLUSIONES

Una vez terminado el estudio se puede concluir lo siguiente:

- El punto isoeléctrico de la pirita fue a pH 5,8. La presencia de ambos colectores modifica el potencial zeta de la pirita a pH más ácidos.
- Las pruebas en el tubo Hallimond demostraron claramente que la mejor flotabilidad de la pirita con el colector A-404 y con PETKOM 20 se encuentra en el rango de pH desde 5 a 8. Es posible aseverar además que sobre el pH 8 disminuye paulatinamente la interacción entre el

colector y la superficie debido a la oxidación superficial más el aporte del ión calcio que no permite la oxidación del colector en productos hidrofóbicos en la superficie.

- Las pruebas de flotación en celda Denver D-12 indicaron que la dosificación del colector A-404 y PETKOM 20 es 30 g/t y el pH debe ser bajo 8, para obtener la mejor recuperación.

5. REFERENCIAS

- [1] Fuerstenau M. C. Chemistry of pyrite flotation and depression. Flotation A.M. Gaudin Memorial Volume. American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Nueva York, (1976), volumen 1, p. 458-484.
- [2] Miller J.D., Du Plessis R., Kotilar D. G., Zhu X., Simmons G. L. The low potential hydrophobic state of pyrite in amil xanthate flotation with nitrogen. International Journal of Mineral Processing, N° 67, (2002), p. 1-15.
- [3] Martin C. J., Rao S. R., Finch J. A., Leroux M. Complex sulphide ore processing with pyrite flotation by nitrogen. International

- Journal of Mineral Processing, N° 26, (1989), p. 95-110.
- [4] Castro S., García J. A. Flotación, fundamentos y aplicaciones. Universidad de Concepción, (1995), p. 1-50.
- [5] Kocabag D., Shergold H. L., Kelsall G. H. Natural oleophilicity/hydrophobicity of sulfide mineral, II Pyrite. International Journal of Mineral Processing, N° 29, (1990), pp. 211-219.
- [6] Neeraj, K., Mendiratta. Kinetics studies of sulfide mineral oxidation and xanthate adsorption. Blacksburg, Virginia, Mayo 2000, p. 1-104.
- [7] Nagaraj D. R., Brinen J. S. SIMS study of adsorption of collectors on pyrite. International Journal of Mineral Processing", Vol 63, N° 1, (2001), pp. 45-57.
- [8] Numata, Y., Takahashi, K., Liang, R., Wakamatsu, T. Adsorption of 2-mercaptobenzothiazole onto pyrite. International Journal of Mineral Processing, N° 53, (1998), pp. 75-86.