

ELECTROFLOTACION DE UN CONCENTRADO DE COBRE EN AGUA DE MAR.

H. CARCAMO, V. CONEJEROS, J. ALBORNOZ

En el presente trabajo se reportan los resultados obtenidos al aplicar la técnica de electroflotación, a nivel de laboratorio, a un concentrado primario de cobre, de una planta de flotación de la II región de Chile, usando agua de mar en el proceso.

Se hizo un estudio comparativo entre flotación convencional y electroflotación analizando el efecto de cada variable en forma independiente. Las variables consideradas fueron: dosificación de colector, porcentaje de sólidos, pH, tiempo de flotación, granulometría e intensidad de corriente. La evaluación de resultados se hizo a través de la recuperación y ley de cobre del concentrado.

De los resultados obtenidos se desprende que la electroflotación aparece como una técnica promisoría en el tratamiento de concentrados primarios, alcanzándose mayores leyes y más altas recuperaciones que la técnica convencional, al nivel y rango de las variables estudiado.

ELECTROFLOTATION OF A COPPER CONCENTRATE IN SEA WATER.

In the present work it's presents the results obtained by electroflotation, in batch test, to a rougher copper concentrate, of a flotation plant from II region, Chile, using sea water.

A comparative study was made between conventional flotation and electroflotation, each variable was analyzed in individual way. The variables considered were collector dosage, solids percentage, pH, flotation time, particle size and current intensity. The results were evaluated through the recovery and copper concentrate grades.

From the results, the electroflotation show up as a promissory technique in the treatment of rougher concentrates, with greater grades and recoveries than the conventional flotation, at the level and range studied.

Universidad Católica del Norte, Departamento de Ingeniería Química y Metalúrgica. Casilla 1280, Antofagasta. Chile.

INTRODUCCION:

En los yacimientos de minerales sulfurados de cobre, a medida que se profundiza en la explotación, la extracción de material es de mineralización cada vez más fina, lo cual ha traído como consecuencia que los procesos de reducción de tamaño, en particular la molienda, entreguen productos de tamaño granulométrico pequeño, con el fin de alcanzar un adecuado grado de liberación de las especies útiles para su posterior tratamiento por flotación.

Sin embargo, las partículas finas generadas a través de estos procesos, no responden bien a la concentración por flotación, debido a enmascaramiento de estas partículas por ganga, arrastre de ganga por el concentrado o de especies útiles al relave.

Esta investigación se realizó bajo el marco del proyecto PNUD Chi/87/019 "Estudio de la recuperación eficiente de partículas finas de minerales sulfurados chilenos", en la cual se estudia la recuperación de partículas finas de minerales sulfurados de cobre, utilizando la técnica de electroflotación.

La base de esta técnica es la producción de burbujas de pequeño tamaño, mediante la aplicación de corriente eléctrica, a través de electrodos ubicados en la pulpa mineral, causando la electrolisis del agua. Las reacciones involucradas son:



El argumento más poderoso, para la utilización de la electroflotación es la formación de burbujas de pequeño tamaño, del orden de 0,008 - 0,015 mm, en tanto que en flotación columnar éstas son de 1 - 2 mm, y en flotación convencional el tamaño de

éstas es de 5- 10 mm (1).

Los aspectos más relevantes en el diseño de celdas de electroflotación, son los electrodos (material y geometría) y su ubicación en la celda, los que inciden en el consumo de energía para el proceso (2).

También es posible, mediante la ubicación de diafragmas, separar los gases electrolíticos, y poder controlar, de esta manera, el ambiente electroquímico de la pulpa, aspecto de vital importancia en el control de la flotación hoy día (2, 3 y 4).

De estudios previos (5), se ha logrado implementar un sistema de electroflotación, que consiste en electrodos, ubicados sobre el estator de la máquina de flotación. Se utilizó carbono grafito como material de electrodo, en forma de discos, espaciados 0,25 cm. El circuito eléctrico utilizado es un montaje bipolar, ya que permite usar ánodos y cátodos del mismo material.

Además, y debido a condiciones geográficas (II región de Chile), varias plantas ubicadas en la zona utilizan agua de mar en sus procesos de beneficio, la que por su conductividad eléctrica, presenta características especiales para la electroflotación.

OBJETIVOS:

El objetivo de este trabajo es evaluar la factibilidad técnica de aplicar la electroflotación a un concentrado de cobre, utilizando agua de mar en el proceso, comparando esta técnica con la flotación convencional.

Para la evaluación y comparación de ambos procesos se consideraron los parámetros porcentaje de recuperación y ley de cobre en el concentrado obtenido.

DESARROLLO EXPERIMENTAL:

La metodología empleada consistió en un estudio comparativo entre flotación convencional y electroflotación, aplicados a un concentrado de cobre, de una empresa minera de la región, en agua de mar, a nivel de laboratorio. En electroflotación se utilizó un sistema combinado de gases generados electrolíticamente (oxígeno e hidrógeno) y aire.

En el desarrollo experimental se analizó el efecto de cada variable en forma independiente. Estas variables fueron: dosificación de colector (iso butil xantato de sodio), porcentaje de sólidos en peso en flotación, pH, granulometría del concentrado, tiempo de flotación e intensidad de corriente.

El montaje de los electrodos y tipo de circuito eléctrico empleado, se encuentra detallado en trabajo anterior de los autores (5).

Los niveles de los parámetros y condiciones experimentales utilizados, fueron:

- Máquina de flotación : Denver D12.
- Capacidad celda de flotación : $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.
- Tiempo de acondicionamiento : 180 s.
- Velocidad de agitación : 1400 rpm.
- Dosificación espumante DF 250/MIBC : $50 \cdot 10^{-6} \text{ kg/kg}$.
mezcla 1:1 v/v
- Regulador de pH : NaOH.
- Area de electrodos : $267,61 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$.
- Material de electrodos : Grafito.
- Granulometría original concentrado : 65 % - 75 μm (200 # Ty).

La ley media del concentrado primario de cobre fué 12,3 % de cobre total, y estaba constituido principalmente por calcosina, bornita, pirita, covelina y calcopirita, en ese orden de

importancia. Este concentrado fué obtenido directamente desde la planta, en el rebose de las celdas de flotación rougher.

RESULTADOS:

- Efecto de la dosificación de colector:

Este efecto, en la recuperación y ley de cobre en el concentrado, para ambas técnicas, se presenta en las figuras N^o 1 y 2.

De las figuras se observa que existen, en el rango de variación estudiado, resultados favorables a la electroflotación. Esto se confirma, si consideramos la dosificación de 60 g/t ($60 \cdot 10^{-5}$ kg/kg), en donde los resultados obtenidos fueron 32,8 % Cu y 82,9 % de recuperación, y 31,1 % de Cu y 80,8 % en recuperación, para electroflotación y flotación convencional, respectivamente.

Para ambas técnicas, los mejores resultados se encuentran para una dosificación de $60 \cdot 10^{-5}$ kg/kg de colector.

- Efecto del porcentaje de sólidos en peso:

En las figuras N^o 3 y 4 , se muestra el efecto del porcentaje de sólidos en peso.

Se observa un comportamiento similar para ambas técnicas de flotación, con disminución tanto de la recuperación como de la ley del concentrado a mayores valores del porcentaje de sólidos, con una leve tendencia favorable a la electroflotación. Para el caso de 20 % de sólidos, se obtienen leyes de concentrado mayores a 40 % Cu, lo que indica que con una etapa de limpieza es posible lograr productos de calidad comercial, con recuperaciones aceptables.

Cabe señalar que los resultados obtenidos concuerdan con la

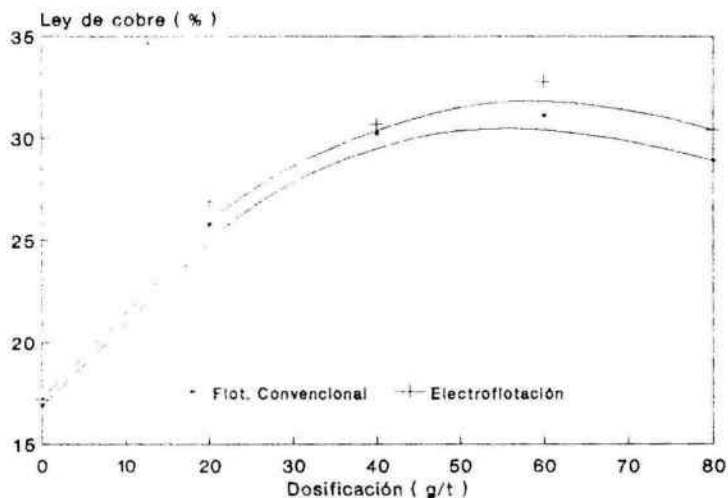


Figura N° 1.- Efecto de la dosificación de colector en la ley de cobre.

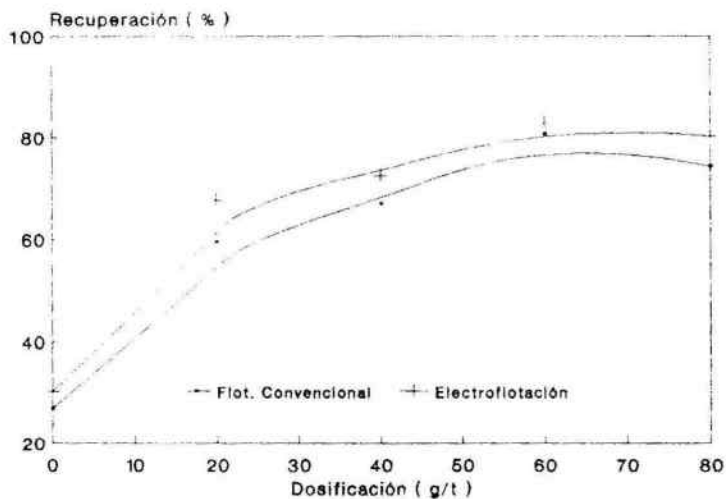


Figura N° 2.- Efecto de la dosificación de colector en la recuperación de cobre.

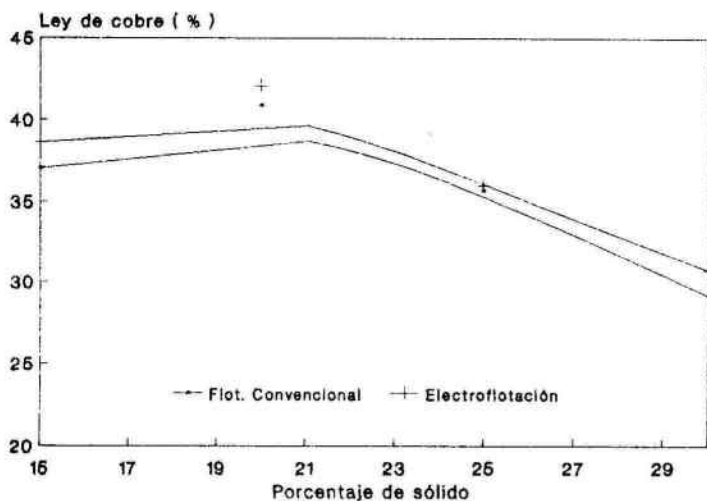


Figura N° 3.- Efecto del porcentaje de sólido en la ley de cobre.

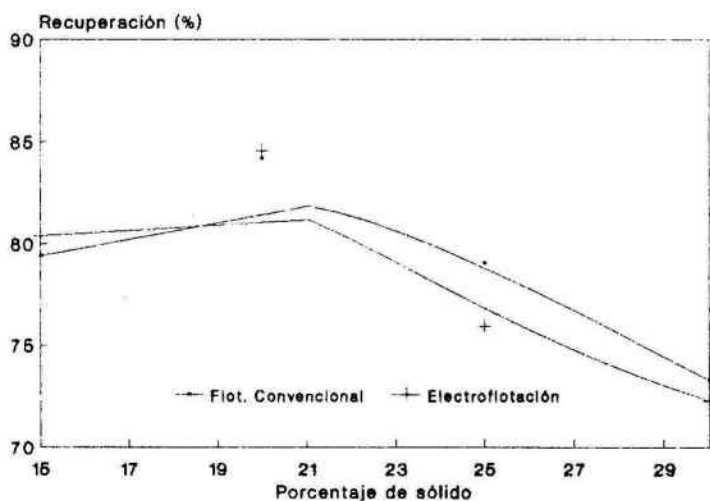


Figura N° 4.- Efecto del porcentaje de sólido en la recuperación de cobre.

práctica a nivel industrial y lo señalado en la literatura, en cuanto a operar a bajos porcentajes de sólidos en las etapas de limpieza de concentrados.

- Efecto del pH:

El pH, en electroflotación y flotación convencional, tiene un efecto similar en ambas técnicas, según se desprende de las figuras N^o 5 y 6. En ambas se obtiene un máximo, tanto en recuperación como en ley, a pH 10,5.

En el caso de electroflotación, se obtienen los resultados mas favorables y, de igual forma que en el efecto anterior, con una etapa de limpieza es posible lograr productos de calidad comercial.

- Efecto de la granulometría:

El efecto de la remolienda del concentrado primario, en flotación convencional y electroflotación, se muestra en las figuras N^o 7 y 8, donde se estudia el efecto de esta variable desde la granulometría original del concentrado, 65 % - 75 μ m, hasta 100 % - 75 μ m.

Se observa que con la granulometría original y con 100 % - 75 μ m, se obtienen las leyes y recuperación más bajas, alcanzándose un máximo en 80 % - 75 μ m, en ambas técnicas. En todo el rango estudiado, la electroflotación presenta mejores leyes y recuperación que la flotación convencional.

- Efecto del tiempo de flotación:

Con la granulometría original del concentrado se procedió a realizar una cinética de flotación con ambas técnicas, cuyos

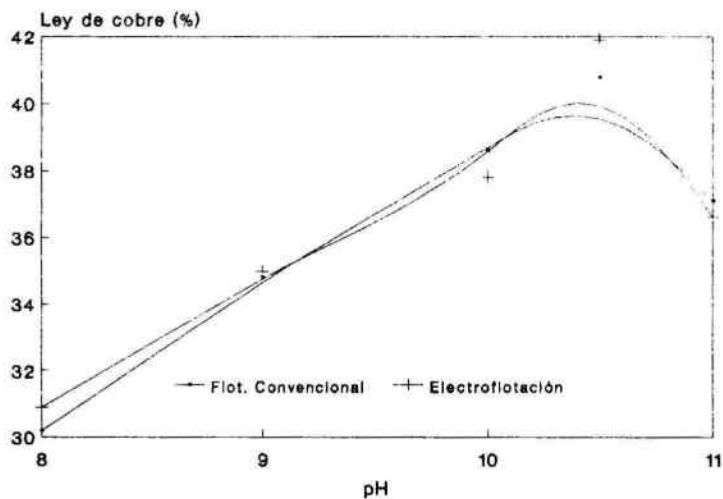


Figura N° 5.- Efecto del pH en la ley de cobre.

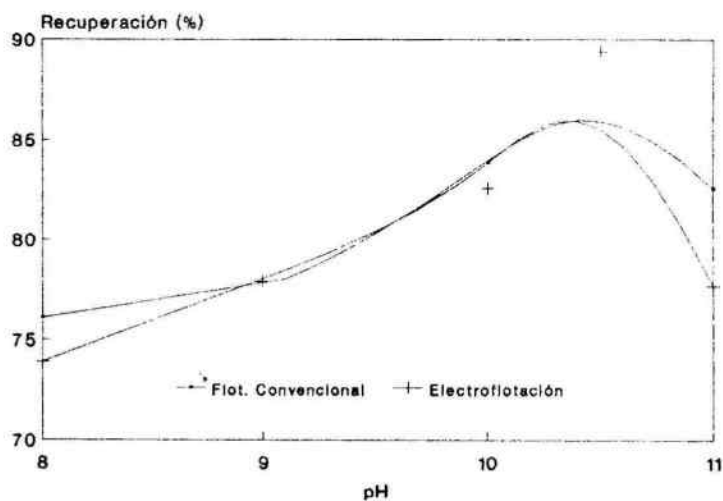


Figura N° 6.- Efecto del pH en la recuperación de cobre.

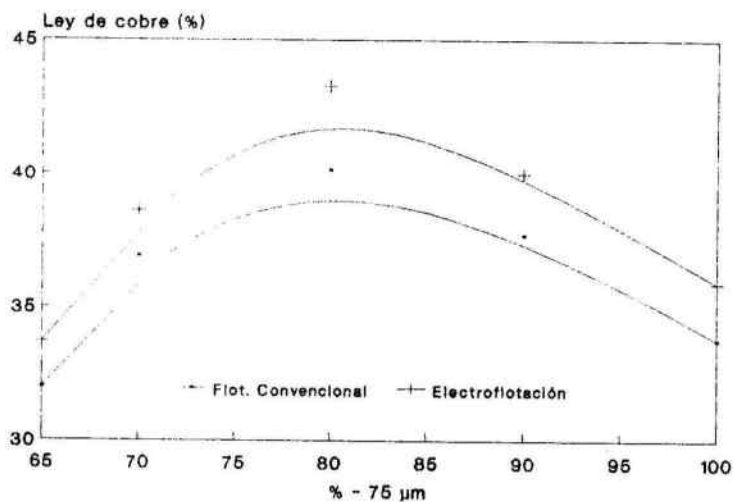


Figura N° 7.- Efecto de la granulometría en la ley de cobre.

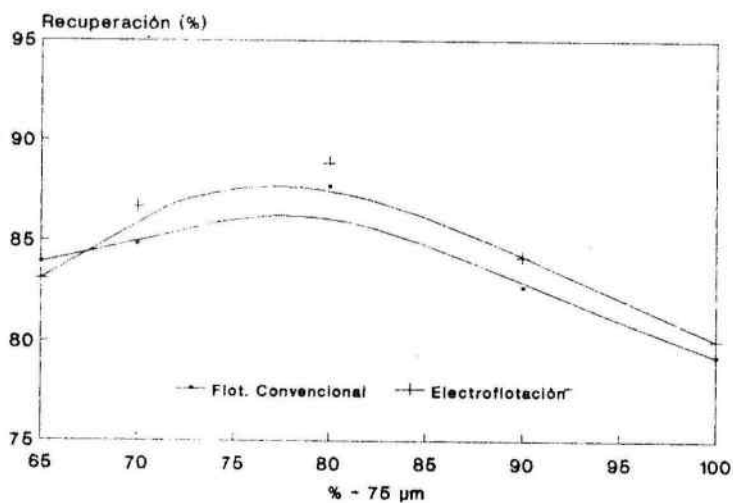


Figura N° 8.- Efecto de la granulometría en la recuperación de cobre.

resultados se presentan en las figuras N^o 9 y 10.

El tiempo de flotación, en ambas técnicas, es de 8 minutos, tiempo en el cual la ley parcial del concentrado se hace igual a la ley de cabeza.

- Efecto de la intensidad de corriente:

Con los demás parámetros en su condición óptima, según los resultados anteriores, se procedió a evaluar el efecto de la intensidad de corriente en electroflotación, para la granulometría original (65 % - 75 μ m) y con remolienda a 80 % -200 # Ty, el que se muestra en las figuras N^o 11 y 12.

Para dichas condiciones, el óptimo se encuentra aplicando una intensidad de corriente de 15 amperes, en que se alcanza una mayor ley y recuperación en electroflotación. El efecto del grado de liberación es aproximadamente constante en el rango de intensidad estudiado.

Cabe hacer notar, que este efecto tiene gran incidencia en la calidad del producto, por cuanto, es posible alcanzar leyes de concentrado del orden de 50 % en cobre con 90 % de recuperación, superiores a los obtenidos con los efectos anteriores.

Bajo estas condiciones se hizo un análisis mineralógico al concentrado final, obtenido a través de ambas técnicas, el cual reveló la presencia de calcosina, bornita, covelina, y en menor cantidad calcopirita y pirita.

CONCLUSIONES:

Las principales conclusiones del estudio fueron:

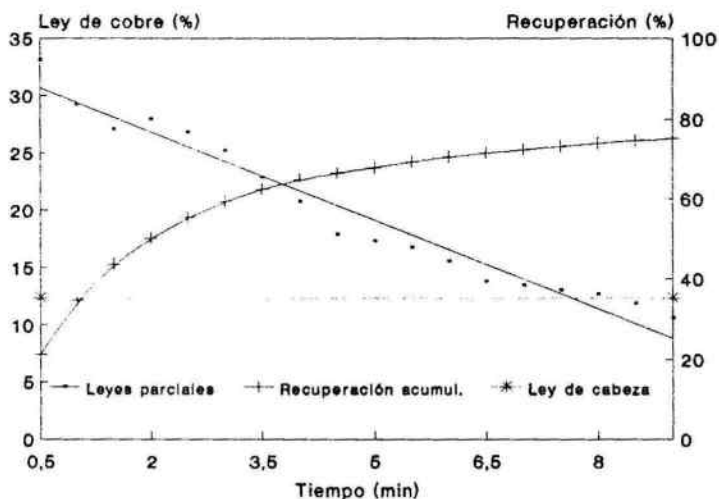


Figura N° 9.- Cinética de flotación convencional del concentrado primario.

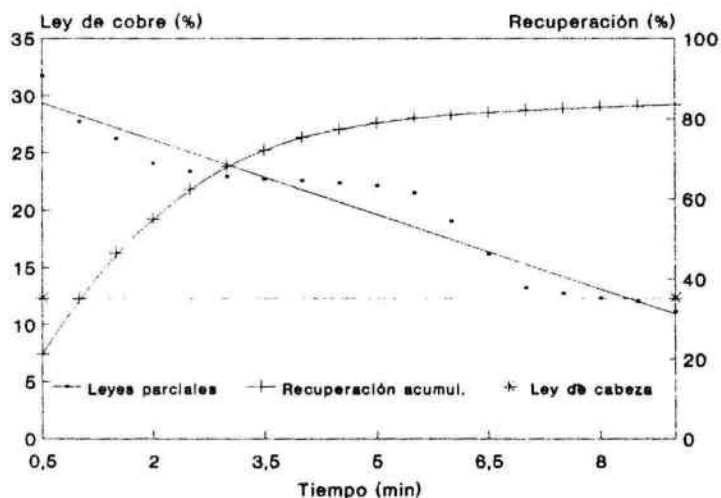


Figura N° 10.- Cinética de electroflotación del concentrado primario.

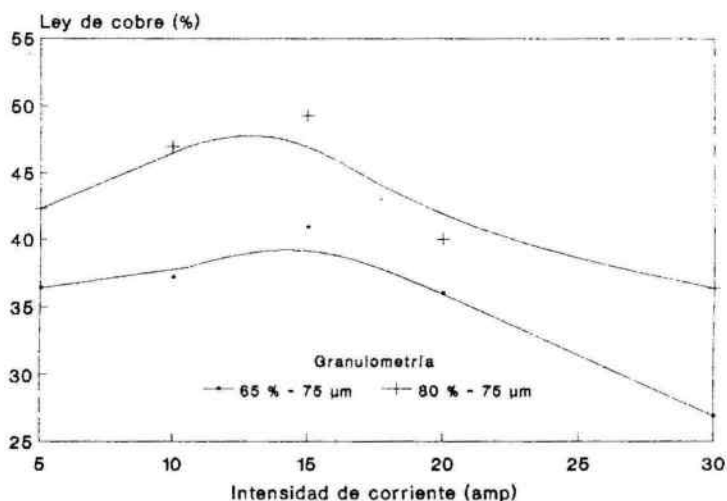


Figura N° 11.- Efecto de la intensidad de corriente en la ley de cobre.

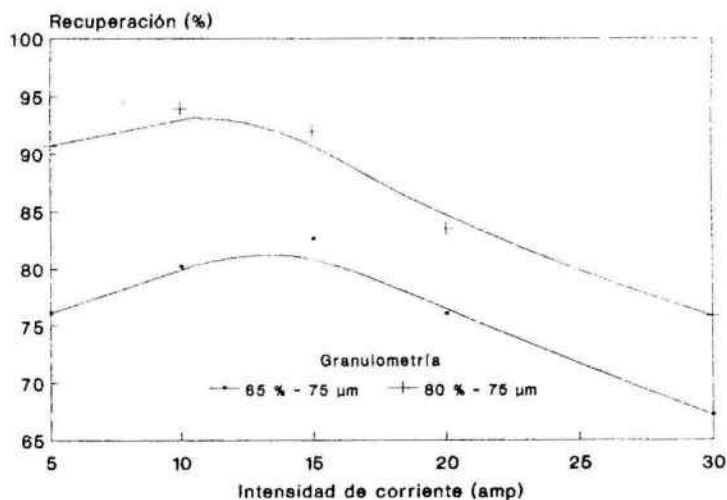


Figura N° 12.- Efecto de la intensidad de corriente en la recuperación de cobre

- a) Para las variables consideradas, las mejores condiciones se presentan en la Tabla I:

Tabla I.- Resumen de las condiciones de operación de las variables consideradas.

Variables	Flotación Convencional	Electroflotación
Dosificación de colector (g/t)	60	60
Porcentaje de sólidos	20	20
pH	10,5	10,5
Intensidad de corriente (amp)	-	15
Tiempo (s)	480	480
Granulometría (% - 75 μ m)	80	80

- b) Aplicando la técnica de electroflotación, para las condiciones de operación, se obtienen mayores recuperaciones y mejores leyes. Así, considerando la cinética de flotación, la recuperación en electroflotación es ocho (8) puntos mayor que la flotación convencional, para similares leyes medias de concentrado.
- c) En el espectro granulométrico estudiado, 65 a 100 % -75 μ m, tanto la ley como la recuperación de cobre son mayores en electroflotación que en flotación convencional, por lo que es conveniente analizar y evaluar con mayor detalle esta variable.
- d) De estudios previos, y de los resultados obtenidos en esta investigación, es de interés desarrollar más esta técnica. Una de las alternativas más factibles de aplicar, es la separación de gases electrolíticos, de modo de controlar el ambiente electroquímico del proceso.
- e) Al nivel estudiado, no es posible establecer consideraciones de la factibilidad económica del proceso, sin embargo se puede inferir que el mayor consumo de energía en electroflotación, debería pagarse con la mayor recuperación y

con la mejor ley de concentrado obtenidos.

SIMBOLOGIA:

- PNUD : Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
 Chi : Chile.
 rpm : revoluciones por minuto.
 v/v : volumen/volumen.
 # Ty : malla Tyler.
 g/t : gramos/tonelada.
 Cu : Cobre.
 Na : Sodio.
 O : Oxígeno.
 H : Hidrógeno.
 e : Electrones.
 DF : Dow-froth.
 MIBC : Metil isobutil carbinol.
 Flot.: Flotación.
 % : Porcentaje.

REFERENCIAS :

1. K. S. Moon, Electroflotation. Curso de flotación de partículas finas. U. Católica del Norte, 1989, 63 pp.
2. W. Trahar , A rational interpretation of the role of particle size in flotation, Int. Journal of Mineral Processing, Vol. 8 ,Nº 2, 1981, pp. 289-327.
3. F. Yoshihiro and Y. Shininshi, Development of apparatus for electroflotation, Chemical Eng. Science, Vol. 39, Nº 6, 1984, pp.939-945.
4. C. K. Kosik and G. S. Dobby, Advanced control for column flotation, Canadian Mineral Processors Annual Operators Conference, Ottawa, Ontario, Canadá, 1990.

5. V. Conejeros et al, Electroflotación de partículas finas de minerales sulfurados utilizando agua de mar, IX Congreso Iberoamericano de Electroquímica, Tenerife, España, 1990.