

“Recuperación de cobre a partir del procesamiento de RAEE mediante lixiviación ácida”

Franklin Gaspar^a, Ivana M. Orozco^a, Virginia Quiroga^a, Mauro Salas^a
^aInstituto de Investigaciones Mineras (IIM), Facultad de Ingeniería, U.N. S. J.
 *email: iorozco@unsj.edu.ar

Resumen

El cobre es un metal que presenta infinidad de usos y aplicaciones gracias a su alta conductividad, ductilidad y maleabilidad. Esto hace que el estudio de su extracción sea atractivo. Actualmente existe una corriente de desarrollo de nuevas tecnologías en los diferentes procesos de beneficios metalúrgicos para combinarlos con la obtención de cobre desde, por ejemplo, los residuos electrónicos (dispositivos tecnológicos en desuso).

El procesamiento del tratamiento de residuos es muy similar al empleado en los minerales: reducción de tamaño de partícula, separación, concentración de los elementos de interés. En este trabajo se plantea establecer una serie de procesos metalúrgicos que conforman las etapas para la obtención y recuperación de cobre, a partir de los residuos de tarjetas de circuitos integrados de los aparatos eléctricos y electrónicos.

Para lograr lixiviar el cobre se planteó procesos previos de reducción de tamaños y etapas de preconcentración como clasificación y separación de materiales. Reducción de tamaño de la porción con contenido metálica, tamizaje para la clasificación granulométrica del material. Separación magnética para obtener metales ferrosos de no ferrosos. Finalmente, lixiviación ácida con soluciones de ácido sulfúrico, peróxido de hidrógeno y oxígeno a diferentes concentraciones. En base al análisis desarrollado anteriormente se plantea un estudio de variables utilizando el software Diseño-Expert seleccionando una región de operatividad para las variables de lixiviación.

El procesamiento de estos residuos electrónicos presenta muchos beneficios ambientales, dado que permite recuperar elementos que vuelven al ciclo productivo.

Palabras clave: recuperación, cobre, lixiviación, diseño experimental

INTRODUCCIÓN

El cobre gracias a su alta conductividad, ductilidad y maleabilidad, se ha convertido en el material más utilizado para fabricar cables eléctricos y otros componentes eléctricos y electrónicos. Por otro lado, la obtención del cobre en el área de procesamiento de minerales generalmente se realiza desde compuestos mineralógicos dentro de la clasificación de sulfuros primarios. Pero, existe actualmente una corriente de desarrollo de nuevas tecnologías en los diferentes procesos de beneficios metalúrgicos para combinarlos con la obtención de cobre desde, por ejemplo, los residuos electrónicos (RAEE). [1].

El procesamiento de los RAEE es muy similar al empleado en los minerales: reducción de tamaño de partícula, separación, concentración de los elementos de interés y refinación [2, 3].

En este trabajo se muestra una serie de procesos metalúrgicos que conforman las etapas para la

obtención y recuperación de cobre, a partir de los residuos de tarjetas de circuitos integrados (PCBs) de los aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Mediante métodos hidrometalúrgicos se determinará las condiciones óptimas para las cuales el cobre se disuelve selectivamente de los citados residuos.

OBJETIVOS

Para lograr lixiviar el cobre se plantean procesos previos de reducción de tamaños y etapas de preconcentración como clasificación y separación de materiales. Reducción de tamaño de la porción con contenido metálico, tamizaje para la clasificación granulométrica del material. Separación magnética para obtener metales ferrosos de no ferrosos. Finalmente, lixiviación ácida del PCBs con soluciones de $H_2SO_4-H_2O_2-O_2$ logrando obtener el cobre en solución ácida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamiento de las muestras

Las muestras estudiadas son provenientes de CPUs de computadoras en desuso, de ellas se utilizaron PCBs para la realización de los diferentes ensayos. Las mismas fueron separadas en tres grupos. El grupo 1 está compuesto por las placas de circuitos impresos con sus componentes eléctricos y electrónicos adheridos, el grupo 2 consiste en las mismas PCBs pero separadas de los componentes eléctricos y electrónicos, o lo que es lo mismo, está compuesto solamente por los sustratos o placas base y finalmente el grupo 3 está constituido sólo por los componentes eléctricos y electrónicos separados de las placas base.

La composición química se determinó realizando un ataque de la muestra mediante digestión con distintos ácidos y posteriormente se estableció la concentración de la solución utilizando las técnicas de espectrometrías de absorción atómica (AA), en un equipo Perkin Elmen AA 100 y de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES) en un equipo Perkin Elmen 7300 DV.

Trituración y molienda

Inicialmente se aplicó la reducción de tamaño, donde se llevaron a un tamaño de 1x4 mm, logrando el tamaño para un rango recomendado previo al ingreso del molino. Se realizaron distintas operaciones de trituración en vía seca sobre los tres grupos mencionados (F1, F2 y F3) empleando una trituradora a cuchillas posteriormente se utilizó un molino de bolas obteniendo una mejor reducción de tamaño. Los productos de la trituración fueron sujetos a análisis por tamizado y también se realizaron análisis químicos de las distintas fracciones obtenidas. Para el análisis por tamizado se emplearon tamices ASTM N° 10, 30, 40 y 100, las muestras empleadas fueron obtenidas por mezcla y cuarteo.

Separación magnética

A las fracciones granulométricas obtenidas de los grupos F1, F2 y F3 se les aplicó los procesos de separación magnética para obtener metales ferrosos de no ferrosos. Se tomó una muestra del grupo 2 y otra muestra del grupo 3 y luego de triturarlas se separó a cada muestra en tres fracciones: F1 < 0,25 mm; 0,25 mm < F2 < 0,5 mm y 0,5 mm < F3 < 1mm.

Lixiviación ácida

La lixiviación se llevó a cabo con el objetivo de disolver el cobre en medio ácido para velocidades de

disolución rápidas aún a presiones de oxígeno bajas. Las muestras procesadas se lixiviaron con $H_2SO_4-H_2O_2$ en presencia de oxígeno. Las variables del proceso de lixiviación fueron: pH, temperatura, tiempos de lixiviación, relación de concentración de ácido sulfúrico/disolución del cobre y hierro, velocidad de agitación y variaciones en los flujos de oxígeno. Todas las variables permiten estudiar la óptima recuperación de cobre. Para la cuantificación del contenido de cobre en los licores de lixiviación, se utiliza la técnica de AA.

RESULTADOS

Caracterización química de las muestras

La composición química de los grupos obtenidos F1, F2 y F3 se detalla en la Tabla 1. Cabe destacar que un 30% de las PCBs completas (sustrato + componentes eléctricos y electrónicos) consiste en cerámicos, 40% en plásticos y el 30% restante de metales.

Tabla 1. Contenido metálico en peso (%) de las muestras F1, F2 y F3

Grupo	Cu	Fe	Pb	Al	Zn	Sn	Ni	Mn	Mo
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
F1	23,83	2,40	3,39	0,90	0,05	7,61	0,52	0,01	0,30
F2	24,50	2,45	3,85	0,30	0,05	7,62	0,48	0,01	0,25
F3	21,81	1,95	3,67	2,59	0,05	7,65	0,73	0,01	0,30

Trituración y molienda

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos de los tres rangos granulométricos de las partículas mayores a 1 mm, menores a 1 mm y mayores a 0,25 mm y menores a 0,25 mm, obtenidos en función de las fracciones tamizadas tanto de F1, F2 y F3.

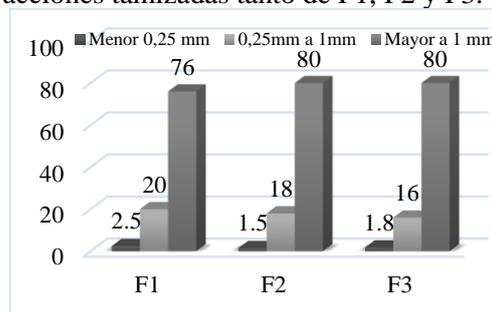


Figura 1. Distribución comparativa por rangos granulométricos.

Lixiviación ácida

Se diagramaron los ensayos de lixiviación en función de una serie de variables, tales como:

1. Temperaturas de lixiviación de 30°C, 40°C, 60°C y 80°C.
2. Relación de la concentración del agente lixiviante con la temperatura: 5% H₂SO₄, y 20% H₂SO₄ todas con un 2% H₂O₂.
3. Tiempos de lixiviación desde 1hr hasta 4 hrs.
4. Variaciones en la velocidad de agitación.

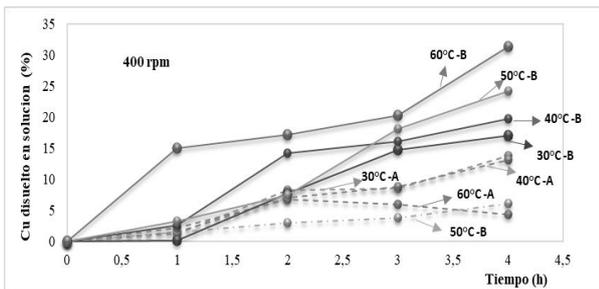


Figura 2 % Cu disuelto en solución a diferentes temperaturas en función del tiempo de lixiviación.

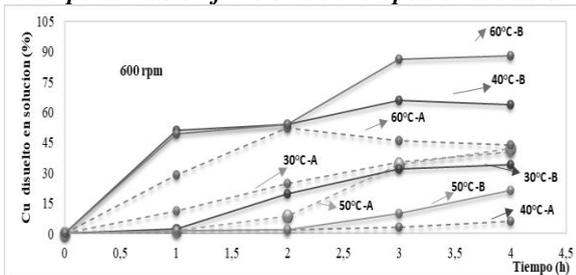


Figura 3 % Cu disuelto en solución a diferentes temperaturas en función del tiempo de lixiviación.

En la Figuras 2 y 3 se individualizan gráficamente los efectos obtenidos de los ensayos A y B.

Si se analiza detalladamente las Figuras 2 y 3, puede observarse que para las temperaturas de 30°C, 40°C y 50°C para la condición, A: 5% H₂SO₄, con un 2% H₂O₂ para 400 rpm el cobre presentan migraciones desde la pulpa hacia la solución, logrando su disolución o remoción de los mismos cuantificando valores que no son superiores al 30%, esto se ve reflejado en una disminución en las concentraciones de la pulpa de los metales deseables. Sin embargo, para la temperatura de 60°C y específicamente la condición B: 20% H₂SO₄, con un 2% H₂O₂ a 600 rpm se observa que el cobre es removido y alcanza un valor de 95% en solución. Esto motiva y condiciona a seleccionar la última

temperatura en estudio de 60°C y la relación agente lixiviante/pulpa de 20% H₂SO₄, con un 2% H₂O₂ de la Figura 3 para 600 rpm.

Aplicación de Modelado mediante el software Design-Expert

Entonces se trabajó con selección de factores significativos se llevó a cabo mediante la utilización de un diseño factorial reducido. Las variables se optimizaron un diseño Box-Behnken (R²=0,81).

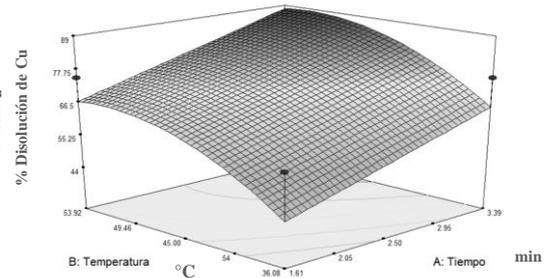


Figura 4. Gráficos 3D de superficie de respuesta maximizada en la disolución de Cobre.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se logró separar el cobre, mediante cada una de las etapas de preconcentración estudiadas.

En las lixiviaciones estudiadas se muestra la disolución casi completa del cobre en solución para la condición B: 20% H₂SO₄, con un 2% H₂O₂, para una temperatura de lixiviación de 60°C a 600 rpm se observa que el cobre es removido y alcanza un valor de 95% en solución. Logrando obtener muy buenas recuperaciones de cobre luego de aplicar lixiviación ácida.

Las condiciones estudiadas por esta modelación son coincidentes con el diseño experimental desarrollado en el laboratorio para el proceso de lixiviación ácida.

BIBLIOGRAFÍA

1. M. Vats y S. Singh. E-Waste characteristic and its disposal. International Journal of Ecological Science and Environmental Engineering, 1 vol. 2, 49-61. 2014.
2. H. M. Veit, A. M. Bernardes, J. Z. Ferreira, J. A. Soares Tenório, C. F. Malfatti. 2006. Recovery of copper from printed circuit boards scraps by mechanical processing and electrometallurgy. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus do Vale.