

# ESTUDIO PARA LA ELECTRODEPOSICION DEL COBRE A PARTIR DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS

Díaz García, Xiomara (1), Gamiño Arroyo, Zeferino (2), Rubio Campos, Beatriz Eugenia (3)

1 [Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [x.diazgarcia@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [gaminoz@ugto.mx]

3 [Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [be.rubiocampos@ugto.mx]

## Resumen

En este trabajo, se presenta el estudio experimental para la recuperación de cobre a partir de residuos electrónicos. La metodología se basa en recolección, reducción de tamaño y clasificación del material, lixiviación, extracción y regeneración del extractante, así como, la electrodeposición del metal. Los resultados de lixiviación utilizando ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno, muestran altas concentraciones de cobre para los tamaños de tamices 6 y 10, que corresponden a 9705.0 y 12157.5 mg/L, respectivamente. Para la separación del metal se emplea un extractante selectivo para el metal, obteniéndose rendimientos de extracción en un rango del 93 al 99%. Finalmente, se regenera el extractante para continuar con la electrodeposición del cobre.

## Abstract

In this work, the experimental study for the recovery of copper from electronic waste is demonstrated. The methodology is based on reduction of size and material classification, leaching, extraction and regeneration of extractant, as well as the metal electrodeposition. The results of leaching using sulfuric acid and hydrogen peroxide, show high concentrations of copper for sieves size 6 and 10, corresponding to 9705 and 12157.5 mg/L, respectively. Separation of metal is achieved by using a selective extractant, getting extraction yields in the range 93 to 99%. Finally, the extractant is regenerated to continue electrodeposition of copper.

## Palabras Clave

Cobre; Lixiviación; Extracción líquido-líquido; Recuperación

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día los avances tecnológicos que aportan los aparatos eléctricos y electrónicos han brindado un sinnúmero de beneficios, sin embargo analizando la contraparte de estos, se encuentra lo que se le ha llamado en los últimos años como RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos), mismos que se encuentran en la clasificación de “Residuos de Manejo Especial”.

El INEGI en su conteo 2012, muestra que el 32% de los hogares en México posee al menos una computadora y que el 43% son usuarios de las mismas, de igual forma refleja que el 25% tiene acceso a internet a través de computadoras personales, portátiles o algún otro dispositivo diferente ya sea fijo o móvil [1].

“El marco legal en México, no contempla una ley específica para la gestión de residuos electrónicos, pero si cuenta con un mecanismo que tienen que implementar los grandes generadores privados y domiciliarios (de basura electrónica)” [2].

La vida final de estos aparatos electrónicos en México puede clasificarse en tres tipos:

1. Reciclado.
2. Relleno sanitario.
3. Reúso.

Los RAEE contienen grandes cantidades de metales y cobre, los cuales representan más del 95% de su valor total [3]. Los residuos de los RAEE contienen alrededor del 20% de cobre, que es 10 veces más que la cantidad de cobre presente en algunos tipos de minerales [4], [5], [6], [7]. Esto hace que los RAEE son una fuente secundaria para este metal, ya que es económicamente rentable y contribuyente a la preservación de los recursos naturales [8]. Por otra parte, el tratamiento de estos residuos tiene como ventajas la reutilización de los materiales recuperados.

## Marco teórico

La lixiviación es un proceso en el cual un agente lixivante o disolvente líquido pasa a través de un sólido para formar una solución que contenga los elementos presentes en la parte sólida [9].

La extracción líquido-líquido es un proceso en el que se eliminan uno a más solutos de un líquido transfiriéndolo a una segunda fase líquida, el proceso se presenta en la FIGURA 1.

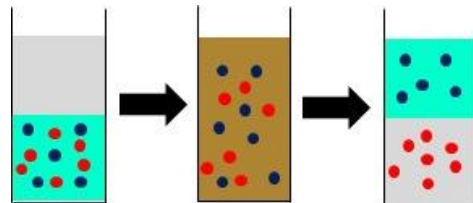


FIGURA 1: Diagrama del proceso de extracción líquido-líquido.

Electrodeposición consiste en un recubrimiento a una pieza sumergiéndola en un baño químico con un sistema de ánodo y cátodo, aplicando cargas eléctricas debidamente calculadas para cubrir o depositar una capa protectora a la pieza.

En este contexto, el objetivo planteado en este trabajo, es lograr la separación del cobre de las tarjetas electrónicas inservibles o desechadas mediante la lixiviación y extracción líquido-líquido a partir de residuos de RAEE inservibles, usando un agente extractante comerciales con alta selectividad, así como su electrodeposición.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Preparación de la muestra

Primeramente, se consiguieron las tarjetas electrónicas en centros de recolección de residuos. Se continuó con la desmantelación de éstas; retirando plásticos, resistencias, diodos, capacitores. Después se realizaron cortes transversales a las tarjetas para obtener partes pequeñas y así proseguir con la pulverización con la ayuda de un molino de martillos.

La muestra ya molida, se hizo pasar por distintos tamices. En este caso fueron: No. 6, 10, 12 y 35; a fin de obtener cuatro muestras diferentes que se presentan en la FIGURA 2.



**FIGURA 2:** Muestra de residuos electrónicos molida y tamizada.

### Lixiviación del cobre

En base a la bibliografía, se seleccionó el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) como agente lixivante y se encontraron condiciones a las cuales se obtiene un mayor porcentaje de disolución.

En un matraz de tres bocas de 250 mL, se introdujeron 10 g de polvo de residuo rico en cobre, 80 mL de  $H_2SO_4$ , 2 mol/L M y 10 mL de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) al 30% a una temperatura de  $70^\circ C$ , reflujo con agua de enfriamiento y agitación magnética de 650 rpm como se presenta en la FIGURA 3.

A los 80 min de iniciar el experimento, se adicionó otra cantidad de  $H_2O_2$  (10mL). El tiempo total fue de 180 min., y cada 20 min se extrajo 1 mL de muestra para su análisis mediante Espectroscopía de Absorción Atómica (EAA) en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Aanalys 200, Perkin Elmer para conocer la concentración de cobre. (Se realizaron las diluciones necesarias para el análisis de muestras cuyas concentraciones fueran elevadas). De igual manera se realizó el mismo procedimiento para el resto.



**FIGURA 3:** Equipo utilizado para la lixiviación de cobre.

### Extracción/Desextracción

Se transfirieron 10 mL del lixiviado (fase acuosa) a un vaso de precipitados de 50 mL y se agregó hidróxido de sodio (NaOH) 2 mol/L para ajustar a pH 3. Enseguida se adicionaron 10 mL de solución extractante (ACORGA M5774) al 30% (v/v) en queroseno (fase orgánica) y se mantuvo en agitación durante 20 min. Al finalizar el tiempo, se colocó la muestra en un embudo para separar las dos fases. Posteriormente, las muestras en fase acuosa, fueron analizadas por medio de EEA, realizando las diluciones apropiadas.

Para la regeneración del extractante, se tomaron 10 mL de muestra (fase acuosa obtenida durante la extracción) y se pusieron en contacto con 10 mL de  $H_2SO_4$  2 mol/L, mediante agitación durante 20 min.

### Electrodeposición

Para la electrodeposición de cobre se utilizaron los electrodos apropiados; para el cátodo una placa de acero y para el ánodo una de plomo comercial, así como, una fuente de poder regulada DC Power Supply, modelo PRL-25 y la fase acuosa cargada de cobre proveniente de la etapa desextracción.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Preparación de la muestra

Del material colectado de residuos electrónicos, una vez molido se obtuvo un total de 135.53 g (muestra libre de capacitores, resistores, plásticos, posteriormente fue tamizado, obteniéndose los resultados que se muestran en la TABLA 1.

TABLA 1: Resultados del análisis granulométrico.

Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Pasa
6	3.35	26.24	19.36	80.63
10	2	10.3	7.59	73.04
12	1	27.76	20.48	52.56
35	0.5	15.81	11.66	40.89
Gruesos	> 3.35	55.42	40.89	

### Lixiviación del cobre

Para esta prueba, se utilizó el ácido sulfúrico como agente lixivante y peróxido de hidrógeno como agente oxidante, esto debido a que el cobre se encuentra en forma metálica y es por tanto más estable en solución ácida. Los resultados de lixiviación en función del tiempo se presentan en la FIGURA 4.

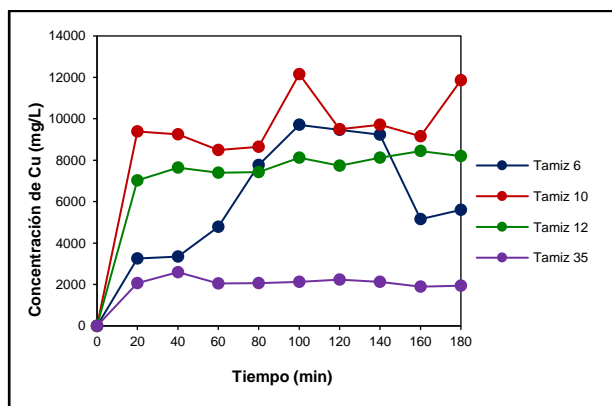


FIGURA 4: Lixiviación de cobre en función del tiempo para diferentes tamaños de partícula.

En la FIGURA 4 puede observarse que utilizando los tamices 6 y 10, se obtiene la mayor concentración de cobre en solución de ácido sulfúrico, correspondiente a 9705.0 y 12157.5 mg/L, respectivamente, a partir de un tiempo de 100 min.

### Extracción/Desextracción

En esta sección, se determinó el rendimiento de extracción mediante la ecuación:

$$\%Extracción = \left(1 - \frac{M_f}{M_o}\right) * 100$$

Donde:  $M_o$  y  $M_f$ , corresponden a las concentraciones inicial y final del cobre en fase acuosa, respectivamente. En la FIGURA 5, se presentan los resultados obtenidos de este estudio.

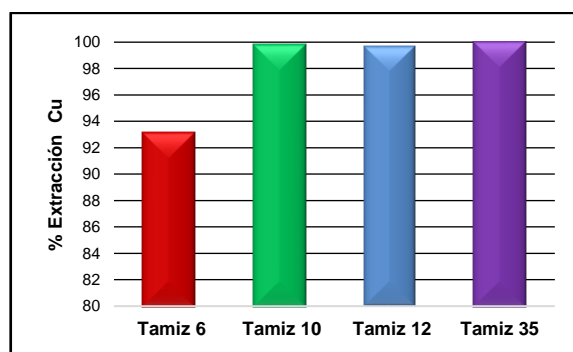


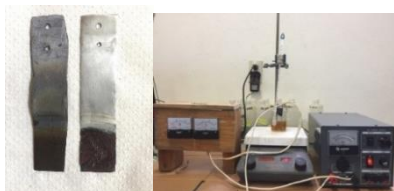
FIGURA 5: Extracción del cobre en función del tamaño de partícula.

Como se puede apreciar en la FIGURA 5, el porcentaje de extracción para el metal oscila entre el 93 y 99%, obteniendo el mayor porcentaje de extracción, empleando el tamiz 35.

Para la regeneración del extractante, el porcentaje de rendimiento se obtuvo para el tamiz 6.

### Electrodeposición

La electrodeposición de cobre de la solución de desextracción, se llevó a cabo a las condiciones: 3 Voltios, 1 Ampere, durante 1 hora a una temperatura de 55°C, el equipo se presenta en la FIGURA 6.



**FIGURA 6: Equipo para la electrodeposición de cobre.**

A la izquierda de la FIGURA 6, se muestra el depósito del metal obtenido, lo que indica una buena selectividad del proceso para la recuperación del cobre a partir de la solución obtenida en la etapa de lixiviación.

## CONCLUSIONES

La lixiviación de cobre en la cual se utilizó ácido sulfúrico como agente lixivante y el peróxido de hidrógeno como agente oxidante, permite obtener concentraciones elevadas del metal en solución.

Para la etapa de extracción se lograron obtener rendimientos del 93 al 95% de cobre a partir de los RAEE, lo que demuestra que este procedimiento es factible para la recuperación del metal.

La obtención final del cobre puede realizarse mediante electrodeposición, siendo ésta una técnica que no genera grandes efluentes ya que las soluciones son recirculadas al proceso de lixiviación, permitiendo la disminución en costos de materias primas y por consiguiente, un beneficio al medio ambiente.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se ha realizado gracias a los asesores: Dra. Beatriz Eugenia Rubio Campos y el Dr. Zeferino Gamiño Arroyo, quienes despertaron en mí, el interés hacia la investigación científica a través de sus conocimientos y técnicas de aprendizaje, que hacen que el alumno pueda desenvolverse en áreas específicas y conocer más acerca del tema tratado.

## REFERENCIAS

- [1] INEGI (2013). Ciencia y Tecnología. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=19007>.
- [2] México, P. V. (2012). Sitio Oficial del Partido Verde Ecologista de México. Recuperado de <http://www.pvem.info/contaminacion-en-mexico.html>
- [3] Joda, N. N. & Rashchi, F., (2012). La Recuperación de grano fino de cobre de ultra plata y de los Desechos de placa de circuito impreso tratamiento. *Technology.*, 92, 36-42.
- [4] Xu, J.L. & Zhou, Y., (2007). La aplicación de descarga de corona y la fuerza electrostática de metales y no metales por separado a partir de partículas trituradas de placas de circuito impreso de residuos. *Jornal Electrostat.*, 65, 233-238.
- [5] Liang, G., Lu, Y. & Zhou, Q., (2010). Nuevas estrategias de biolixiviación de placas de circuito Impreso (PCB) en el cultivo mixto de dos acidófilos., *Enzyme Microbiology Technology.*, 47, 322-326.
- [6] Ilyas, S., Anwar, M., Niazi, S. B. Ghauri, M. B., (2007). La biolixiviación de metales a partir de chatarra electrónica por bacterias acidófilas moderadamente termófilas. *Hidrometalurgia.*, 88, 180-188.
- [7] Xiu, F.R., & Zhang, F.S., (2009). Electrocinética Recuperación de Cd, Cr, As, Ni, Zn y Mn de placas de Circuito Impreso de desecho: efecto de los Agentes asistentes., *Journal Hazard Material.*, 170, 191-196.
- [8] I. Birloaga, I. De Michelis, F. Ferella, M. Buzatu., Estudio de la influencia de varios de factores en el procesamiento hidrometalúrgico.
- [9] Vallejo Aldana, D., Gamiño Arroyo, Z. & Rubio Campos, B.E., (2016). Recuperación de plata de placas dentales. *Jóvenes en la Ciencia, Revista de Divulgación Científica.*, 2(1), 1-5.