

PROCESAMIENTO HIDROMETALURGICO DE LOS MINERALES SULFURADOS DEL COMPLEJO MARAÑON PARA LA OBTENCION DE COBRE ELECTROLITICO

Daniel Lovera^{1*}, Ricardo Soto¹, A.Solis¹, Carlos V. Landauro², Vladimir Arias¹, Janet Quiñones¹, Mirtha Pillaca², Luis Puente Santibáñez¹, J. Medina², Jorge Diego¹.

1: Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, PERÚ.

2: Laboratorio de Difracción de Rayos X, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, PERÚ.

*e-mail: dloverad@unmsm.edu.pe

RESUMEN

A partir de minerales sulfurados de Cobre – Zinc - Plata del Complejo Marañón de la cordillera Oriental de los Andes peruanos región Huánuco, mediante procesos Hidrometalúrgicos (Lixiviación, Extracción por Solventes y Electrodeposición) se han obtenido cátodos (Láminas) de cobre de buena calidad, lo cual confiere un alto valor tecnológico a los concentrados nacionales de Cobre. Se ha caracterizado los productos con técnicas así como: Difracción de Rayos X, Fluorescencia de Rayos X, Espectroscopia Mössbauer que nos permite tener una mejor información de las especies participantes y además nos ayuda a controlar y optimizar mejor los Procesos Metalúrgicos. Se reportan recuperaciones del orden de 99.98 % de Cobre Electrolítico lo cual nos indica la posibilidad de mejorar los costos y el empleo intensivo de Tecnologías Limpias: Lixiviación - Extracción por solventes - Electrowinning a los minerales sulfurados nacionales.

Palabras Clave: Metalurgia Extractiva, Lixiviación, Extracción por solventes, Electrowinning, Espectroscopia Mössbauer.

HIDROMETALLURGICAL PROCESSING OF SULPHIDE MINERALS FOR THE ELECTROLYTIC COPPER OBTANING IN MARAÑON COMPLEX

ABSTRACT

Using copper – zinc – silver sulfide minerals from the Marañon Complex in the eastern Peruvian Andes mountains (Huanuco region), fine quality copper cathodes (plates) have been obtained through hydrometallurgical processes (leaching, solvent extraction and electrodeposition), which gives the copper concentrates a higher technological value. These products have been characterized with several techniques such as X rays Diffraction, X Rays Diffraction and Mössbauer spectroscopy, wich allows to have a better information concerning to the participant species and also helps to control and optimize these metallurgical processes. Electrolytic copper recoveries of around 99.98 % are reported, which indicates the possibility to lower the costs and promote the use of cleaner technologies (leaching, solvent extraction and electrowinning) for national sulfide minerals.

Keywords: Extractive metallurgy, leaching, solvent extraction, electrowinning, Mössbauer spectroscopy.

1. INTRODUCCIÓN

Según las fuentes estadística del Ministerio de Energía y Minas (MEM) las regiones que producen más cobre en el Perú son las siguientes: Ancash, Arequipa, Moquegua, Tacna, Cuzco, Pasco, la sierra de Lima, Junín, lugares donde justamente hay varios yacimientos mineros y en otras regiones están en la fase exploratoria como el caso de la región Huánuco, pero en una visión prospectiva se avizora que el Perú cuenta con grandes

reservas de minerales de cobre. La lixiviación ácida de muestras del mineral tostado a baja temperatura provee soluciones conteniendo cobre disuelto que son enriquecidas y purificadas por extracción por solventes para luego recuperarse cobre por cementación y así como también por Electrolisis. Se muestra los procesos LIX-SX-EW como tecnología importante para las empresas productoras en su estrategia competitiva a corto y largo plazo.

2. EXPERIMENTACIÓN

2.1 Caracterización de Mineral Sulfurado

El mineral de calcopirita sulfurada del Complejo Maraón fue la muestra de la investigación con un tamaño de 25 Kg. El análisis químico del mineral se puede apreciar a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1: Análisis Químico del Mineral Sulfurado del Complejo Maraón

Elemento	Símbolo	Cantidad
Cobre	Cu	4.05 %
Zinc	Zn	8.95 %
Plomo	Pb	0.90 %
Hierro	Fe	25.40 %
Plata	Ag	386.79 gr/t

Fuente: Minera Chavinita 2011

2.2 Caracterización Mineralógica

La muestra de producto metalúrgico se ha analizado mediante el método de la microscopía óptica de luz reflejada, para lo cual previamente se preparó una briqueta pulida, sobre la cual se hizo en primer término la caracterización mineralógica, sobre la base de ésta a continuación se procedió a hacer el análisis modal, cuyo resultado se da a continuación. La calcopirita ocupa el 33.66 % del volumen total de la muestra, de este volumen el 32.97% se halla libre, quedando aún entrelazada el 0.69 % restante, siendo el motivo de su no liberación total el tipo geométrico de entrelazamiento en el cual está inmerso. Los minerales encontrados son: Calcopirita, Limonita, Covelita, Pirita, Galena Escalerita, Arsenopirita, Goetita, Gangas. (Quiñones, 2009). Ver figura 1



Figura 1: Microfotografías de minerales de calcopirita (cp), de pirrotita (po), de esfalerita (ef), de pirita (py) y de gangas (GGs); además partículas entrelazadas de calcopirita (cp) con la esfalerita (ef) y calcopirita (cp) con la pirrotita (po). Nícoles Paralelos - 200X.

2.3 Caracterización Física del Mineral Sulfurado del Complejo Maraón

Muestra de mineral sulfurado medida a alta velocidad; se observan dos componentes magnéticos: el de color vino, con líneas ensanchadas y con campo magnético de 50 Tesla, es característico de la presencia del óxido hematita (α -Fe₂O₃); el segundo campo magnético de color violeta corresponde a la presencia del hierro metálico (34T). Además, posee tres dobletes: El doblete de color verde corresponde a Fe²⁺ paramagnético; y los dobletes pequeños de color magenta y azul son para el Fe³⁺. (Ver figura 2).

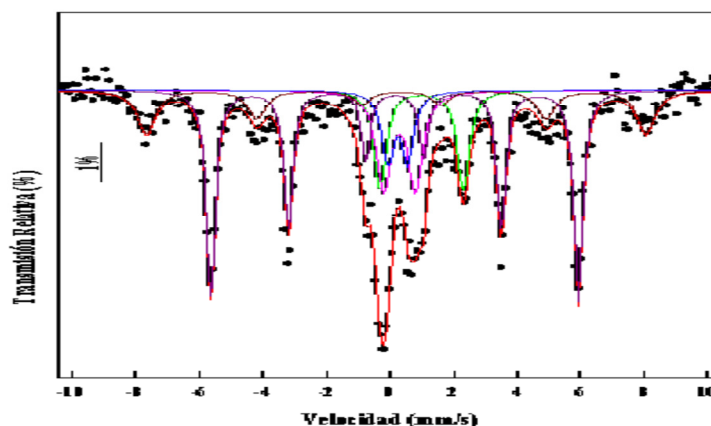


Figura 2: Análisis por Espectroscopia Mössbauer - Facultad de Ciencias Físicas – UNMSM

3. DISCUSION DE RESULTADOS

3.1 Caracterización de los Productos Obtenidos

3.1.1 Precipitación Química: Cemento de Cobre

El monitoreo de los productos obtenidos empleando técnicas combinadas de caracterización tales como difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos X (FRX), espectroscopia Mössbauer (EM) nos permite tener una mejor información de las especies participantes y además nos ayuda a controlar y optimizar mejor los procesos metalúrgicos.

A partir del mineral de cabeza, tostación y lixiviación se ha monitoreado por DRX y EM, como se muestra en las Figuras 3 y 4, respectivamente. Para determinar las fases cristalinas presentes se realizó previamente un análisis elemental por FRX (no mostrado aquí) la cual mostró la presencia de Si, S, Fe, Cu, Zn en el mineral de cabeza y de Cu (con restos de Fe) en el cemento final de cobre, como es esperado. Los resultados del análisis combinado de estas técnicas muestran que el mineral inicial tiene presencia de calcopirita, esfalerita y Cronstedtita entre otros. Luego del proceso de tostación se forman Hematita, Marcasita y Sulfuro de Fe-Zn. Mientras que después del proceso de lixiviación se tiene óxido de silicio, sulfuro de Fe-Zn, Hematita y Calcopirita, ver Figura 3.

Finalmente, el proceso de extracción por solventes y después de purificar la solución se obtiene un cemento de Cobre y trazas de la aleación Cu-Fe. Además, el estudio por espectroscopia Mössbauer confirma la presencia de hematita y marcasita durante los procesos de tostación y lixiviación de la muestra. Vale la pena mencionar que como producto final se puede obtener alternativamente Sulfato de Cobre, ver Figura 4.

3.1.2 Precipitación Electrolítica

Con las láminas de cátodo de Cobre obtenidas en el Laboratorio de Físicoquímica – Ingeniería Metalúrgica – UNMSM, se enviaron al Laboratorio de Difracción de Rayos X, Facultad de Ciencias Físicas – UNMSM, los

cuales caracterizaron el producto obtenido con la presencia de Cobre Metálico de Alta Pureza como se puede mostrar en la figura 5.

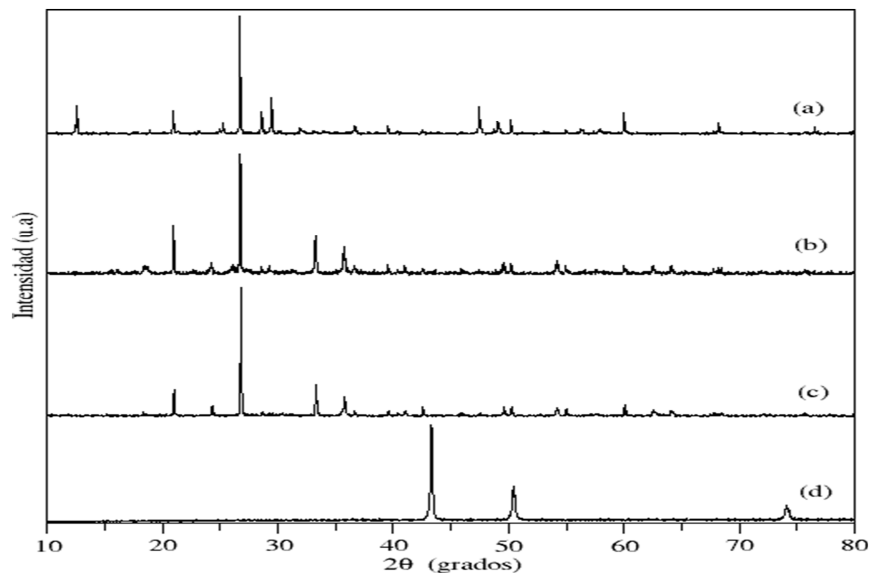


Figura 3: Patrones de Difracción de rayos X del (a) mineral de cabeza, (b) tostación, (c) lixiviación y (d) cemento de cobre. Los espectros han sido corridos hacia arriba para una mejor comparación.

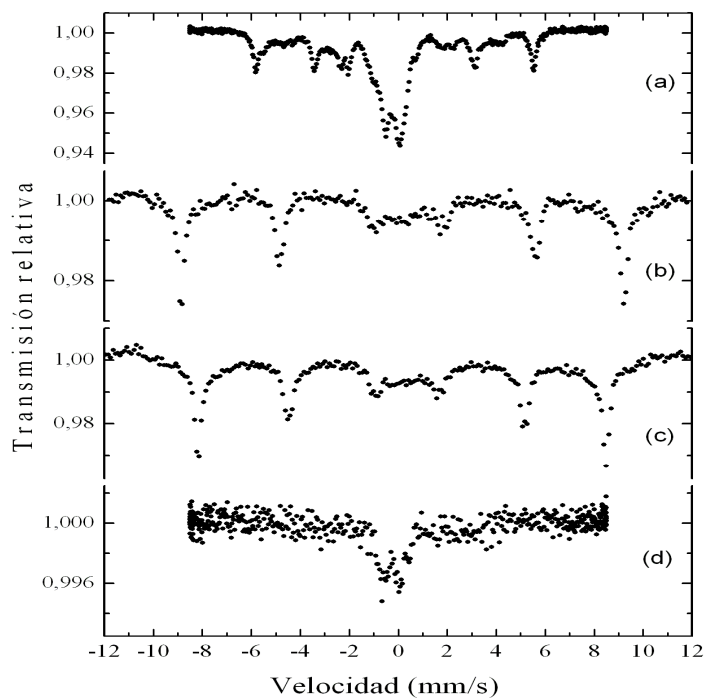


Figura 4: Espectros Mössbauer del (a) mineral de cabeza, (b) tostación, (c) lixiviación y (d) cemento de cobre. Los espectros han sido corridos hacia arriba para una mejor comparación.

3.1.3 Calidad del Cátodo Obtenido

El cátodo (lámina) obtenido tiene una pureza de 99.98%, impurezas medidas de acuerdo a la Norma ASTM-B115-91, las impurezas más difíciles de controlar son el Pb, S. El Zn estuvo en alrededor de 100 ppm debido a los arrastres físicos, en las etapas de SX.

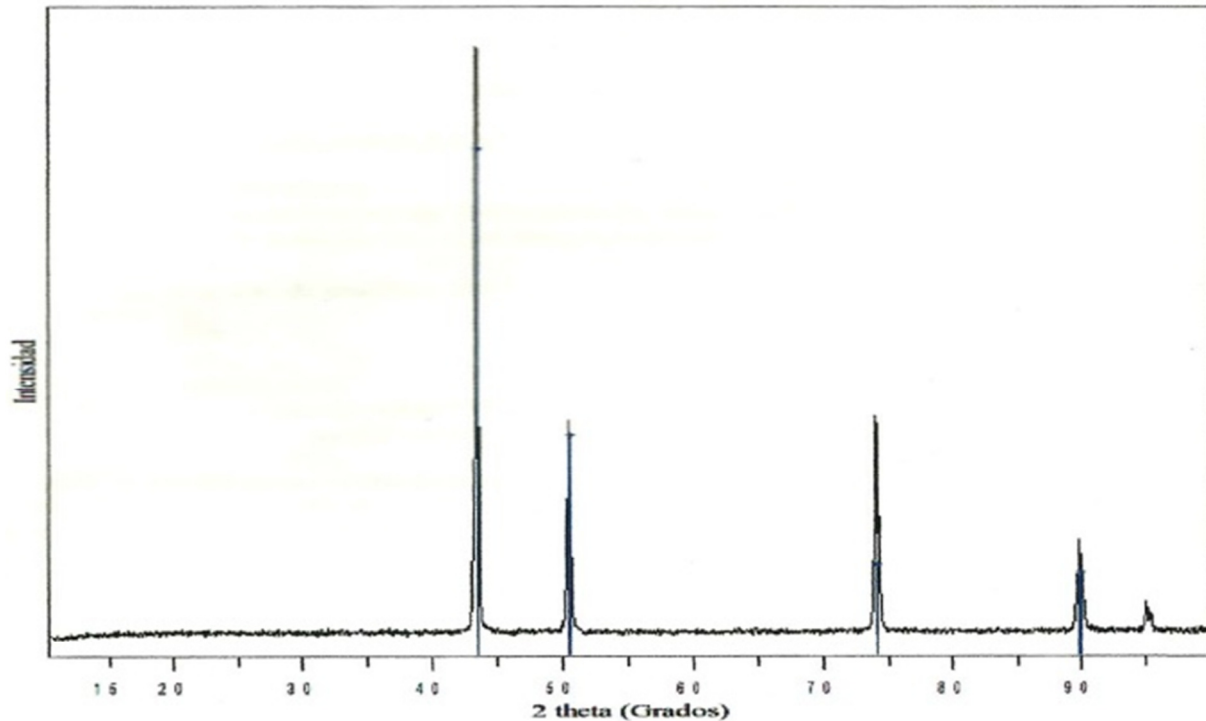


Figura 5: Difractograma de Rayos X del Catodo de Cobre - Facultad de Ciencias Físicas - UNMSM

3.1.4 Comparación de Cementos de Cobre y Cátodos de Cobre

Medidas de Fluorescencia de Rayos X de la muestra de Cobre cementado (arriba), lámina de Cobre obtenida por Electro-obtención a temperatura ambiente (medio) y lámina de Cobre obtenida por Electro-obtención a 38°C (abajo). En el cemento de Cobre se nota claramente la presencia de Cu y elementos trazas de Fe, mientras que las muestras de láminas de Cu se observan sólo las energías características de Cu, tal y como se muestra en la Figura 6.

Medidas de Difracción de Rayos X de la muestra de Cobre cementado (arriba), lámina de Cobre obtenida por Electro-obtención a temperatura ambiente (medio) y lámina de Cobre obtenida por Electro-obtención a 38 °C (abajo). Ver Figura 7.

Utilizando los resultados de FRX y complementando con los resultados obtenido por DRX se observa en la muestra de Cobre cementado la presencia de dos fases cristalinas: una perteneciente a la fase de Cu deseada y una segunda fase de Cu-Fe, mientras que en las muestras de láminas de Cobre sólo se nota la presencia de la fase cristalina de Cu.

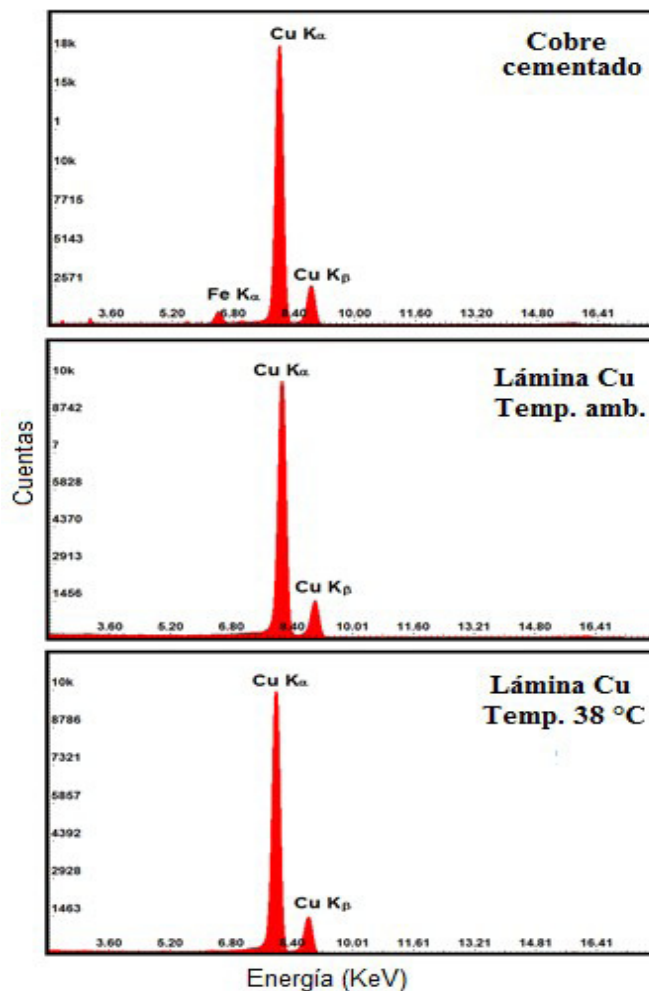


Figura 6: Medidas de Fluorescencia de Rayos X del Cemento de Cobre y Cátodo de Cobre - Facultad de Ciencias Físicas - UNMSM

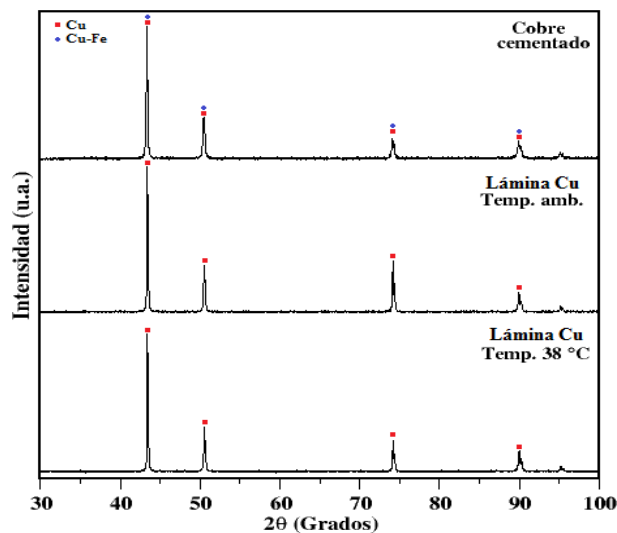


Figura 7: Medidas de Difracción de Rayos X del Cemento de Cobre y Cátodo de Cobre - Facultad de Ciencias Físicas - UNMSM.

4. CONCLUSIONES

- Posibilidades de obtención de Cobre Catódico de minerales sulfurados del Complejo Maraón por la Vía Hidrometalúrgica LIX-SX-EW.
- Acompañamiento en la secuencia de procesos metalúrgicos de técnicas de caracterización integradas que permiten la optimización en la obtención de los productos obtenidos.
- Posibilidad de que proyectos mineros de pequeña escala pueden ser también incorporados al circuito productivo nacional en base Cobre.

5. REFERENCIAS

- [1]. Lovera D, Bustamante A, Quiñones J, Puente L. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG. 2005; 8 (16): 44-50
- [2]. Puente Santibañez L. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG 2002; 5 (09): 66 – 69.
- [3]. Perez J.C. Scientia et Technica 2008; 14 (38)
- [4]. Quiñones,J, Informe Microscopia Óptica del mineral sulfurado del Maraón, IIGEO - VRI - UNMSM. Reporte interno. Lima (Perú). Universidad Mayor de San Marcos, 2009.
- [5]. Calvo. An. Quim. 1983; 83: 390 – 393.
- [6]. Landauro. C. Informe de Caracterización de Difracción de Rayos X (DRX), Fluorescencia de Rayos X (FRX), Espectroscopia Mössbauer (EM). Reporte interno. Lima (Perú). Universidad Mayor de San Marcos, 2010.
- [7]. Lovera,D. Minería & Medio Ambiente 2010; 28: 20-22
- [8]. Soto,R, A. Solis. Informe de Pruebas Metalúrgicas de LIX-SX-EW- FIGMMG –UNMSM 2009, 2010 y 2011. Reporte interno. Lima (Perú). Universidad Mayor de San Marcos, 2011.
- [9]. Lovera D. Proyecto Minero Metalúrgico CHAVINITA, 2008-2011. Reporte interno. Lima (Perú). Universidad Mayor de San Marcos, 2011.
- [10]. Navarro. P; Vargas. C. Valladares.S. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG. 2009; 12 (23): 88 – 96.