

Optimización de una operación minera (geometalurgia) – caso de estudio Minereicis S.A.

Optimization of a mining operation (geometalurgia) - case study – Minereicis S.A.



Salazar Ana Milena
Supervisora de Mina en MINEREICIS S.A
e:mail: anitasmile.01@gmail.com



Lozada Darío
Profesor de la Carrera de Ingeniería en Minas de la UCE
e:mail: ddlozada@uce.edu.ec

Resumen

La empresa minera MINEREICIS S.A ubicada en el cantón Ponce Enríquez provincia del Azuay radica sus labores en función de la extracción de minerales portadores de oro y cobre, ha detectado oro en los relaves finales, adicionalmente en los concentrados de flotación tienen un porcentaje de arsénico que es penalizado en la comercialización. Expuesto esto se realizó una investigación a detalle en puntos estratégicos de trabajo de interior mina y planta de beneficio durante un tiempo estimado de 8 meses previo la propuesta de optimización de la operación desde un enfoque geometalúrgico que proporciona información para la evaluación de recursos, definir los métodos de explotación y la técnica de beneficio de minerales. Se realizó la caracterización mineralógica del yacimiento muestreando de manera metodológica a las vetas para la formación de un compuesto para someterlos a los ensayos granulométricos, toda esta información suministró las variables que utiliza la geometalurgia para la optimización de un proceso minero. La hipótesis planteada es: realizando un estudio Geometalúrgico aplicando protocolos de muestreo y análisis respectivos, permitirá optimizar identificar variables de optimización en el proceso metalúrgico de recuperación de oro y concentrado. Marco Referencial: geología minera del Distrito Bella Rica y estado actual de la Planta de Beneficio.

Palabras clave: geometalurgia; concentrados de flotación; oro; cobre; caracterización; mineralogía

Abstract

The mining company MINEREICIS SA located in the canton of Ponce Enríquez province of Azuay dedicated to the extraction of gold and copper bearing minerals has detected gold in the final tailings, additionally in the flotation concentrates it has a percentage of arsenic, which penalizes its commercialization. Having explained this, a research was carried out to optimize the operation from the geometalurgy. The geometalurgy characterization of the deposit, provides the information for the evaluation of resources, to define the methods of exploitation and the technique of benefit of minerals. The mineralogical characterization of the deposit was carried out by sampling methodically the veins for the formation of a composite to submit them to the metallurgical tests. All this information does not derive from the variables that geometalurgy uses for the optimization of the mining process. The hypothesis is: conducting a technical - scientific research will optimize the metallurgical process of recovery of gold and concentrate. Referential Framework: mining geology of the Bella Rica District, current status of the Benefit Plant. Theoretical Framework: parameters of the veins, comminution operations.

Keywords: mercury; gold; mining artisanal direct fusion; pretreatments

Introducción

El presente trabajo expone la situación actual del sistema de explotación y beneficio realizando una evaluación sistemática del material mineralizado el cual se ha caracterizado en los aspectos geometalúrgicos que permitirán recomendar variables para la optimización en el beneficio y recuperación del oro y concentrado. La implementación y aplicación de estándares técnicos surgen partiendo del muestreo en puntos específicos en la planta de tratamiento (trituration, molienda, concentración gravimétrica, flotación y cianuración) donde se identificó zonas de mayor atención que necesitan reforzarse para cumplir con el proceso de mejoras. El presente estudio tuvo la duración de 8 meses entre salidas de campo, pruebas de laboratorio y revisión bibliográfica.

Los aspectos claves en un proyecto minero, son la evaluación del potencial económico; y el desarrollo de un diseño de operación eficiente (Acuña, 2011). Se recopiló y analizó información referente a: Geología Regional y Local, asociaciones mineralógicas, método de explotación, facilidades para la perforación durante la explotación o exploración, concentración de elementos deseables o indeseables durante un proceso, dureza del material (facilidad de molienda), conocimiento de la mejor malla de liberación de las partículas minerales, recuperación metalúrgica, relaciones de la mena con el consumo de reactivos.

La Mina y Planta de beneficio pertenecientes a la Compañía Minera "MINEREICIS S.A.", se ubican al Sureste del Ecuador, en la parte más baja de la Cordillera de Los Andes y en la zona costanera de esta región. Políticamente, el proyecto minero industrial, se encuentran en la provincia de Azuay, jurisdicción del cantón y parroquia Camilo Ponce Enríquez, sector La López. Con el estudio geometalúrgico se dio propuestas para que la compañía minería pueda organizar técnicamente los trabajos que se realizan tanto en interior mina como en la planta de tratamiento del mineral; de esta manera aumentar la eficiencia de los diferentes trabajos, beneficiándose la Compañía Minera MINEREICIS S.A. con resultados técnico, operativo económicos favorables, garantizando de esta manera la producción.

La geometalurgia para ser aplicada necesita de datos mineralógicos y de las pruebas metalúrgicas (liberación, grado de liberación, distribución granulometría, flotación, concentración gravimétrica, recuperación etc.) (Dominy, SC., O'Connor L. y Xie Y., 2016).

El campo mineral de Ponce Enríquez, situado dentro del Subdistrito Machala-Naranjal, en la parte occidental del Distrito Azuay, es conocido por sus depósitos de Cu-Au-Mo en pórfidos y vetas, brechas y stockworksepi-mesotermiales desarrollados dentro de las rocas de caja volcánicas (INIGEMM,2014),

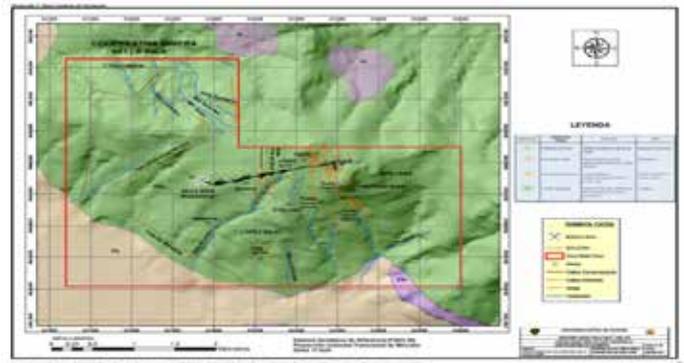


Figura 1.- Mapa geológico del yacimiento. (Elaboración propia).

(CODIGEM,2000). Las labores mineras subterráneas efectuadas en la Empresa MINEREICIS S.A., se han definido muy bien algunas vetas y vetillas de cuarzo aurífero con dirección principal NNW-SSE, estas han sido afectadas por fallas transversales, en su mayoría de tipo normales, destacándose la falla transversal inversa (sobrecorrimiento), que separa Bella Rica de Pueblo Nuevo, podemos observar el mapa geológico del yacimiento en la figura 1. El Campo Minero Ponce Enríquez ocupa la parte central de este subdistrito donde la Unidad Pallatanga principalmente expuesta y forma una banda casi continua limitada por fallas a lo largo de las estribaciones occidentales de la Cordillera Occidental. La Unidad comprende: basaltos tolióticos lávicos masivos y almohadillas con instrucciones básicas y cantidades subordinadas de volcanoclásticas, sedimentos pelágicos y rebanadas tectónicas ultramáficas. La base de esta unidad no está expuesta y, hacia el Este, está cubierta discordantemente por rocas volcánicas, de composición intermedia a silíceo calcoalcalina del Grupo Saraguro. El espesor de esta Unidad ha sido estimado en más de 1 km, al Este de Ponce Enríquez (Lara, 2011).

Materiales y métodos

Preparación de las muestras

Las muestras fueron recopiladas e identificadas en interior mina, se guardaron en fundas plásticas debidamente etiquetadas para ser transportadas a los respectivos laboratorios, mientras las muestras correspondientes a los procesos de la Planta de Beneficio fueron sometidas a procesos de trituración y secado y cuarteo previo la realización de los respectivos ensayos.

Muestreo interior Mina

Aplicando la técnica de muestreo tipo canal, se recogieron 15 muestras representativas de la calidad o condiciones medias de los cuerpos mineralizados para cada zona de estudios lo largo de los frentes de trabajo habilitados. Se realizó también una descripción in situ de cada una de las vetas para conocer sus características estructurales y mineralógicas como lo muestra la figura 2.



Figura 2.- Esquema del muestreo tipo canal en yacimientos vetiformes. (Elaboración propia).

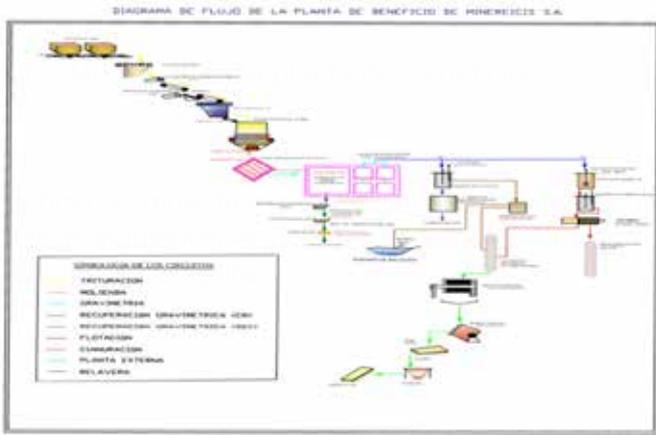


Figura 3.- Diagrama de flujo del proceso de beneficio de minerales. (Elaboración propia).

Para abarcar todo el material proveniente de la mina, se establecieron puntos estratégicos de muestreo: 1 en la tolva de almacenamiento se realizó el muestreo del material que llega directamente de la mina, muestreo en la banda transportadora que conduce el material hasta los molinos chilenos, se hizo el muestreo en una especie de redes tomando las muestras de todos los sectores y piscinas de sedimentación, para obtener valores más exactos basándonos en la teoría fundamental del muestreo de Pierre de Gy (1971). El muestreo se lo realizó durante ocho días consecutivos y con frecuencias de 1-2 horas, tomando en cuenta evitar la segregación por peso (Pitard, 2002).

Para el muestreo de las pulpas las piscinas de sedimentación, se utiliza el muestreador de la figura 4 denominado coliwasa (composited liquid waste sampler), el cual permite obtener un espécimen representativo realizando un mallado de muestreo en las piscinas de sedimentación para luego obtener un compuesto ya que se hace una mezcla de las arenas desde las ubicadas a profundidad hasta las que se encuentran cercanas a la superficie.

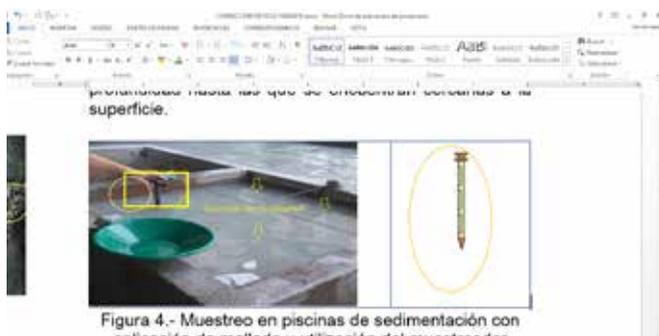


Figura 4.- Muestreo en piscinas de sedimentación con aplicación de mallado y utilización del muestreador coliwasa. (Elaboración propia).

En la figura 5 tenemos las muestras de la sección de molienda secadas para luego ser empacadas y puestas los códigos correspondientes.



Figura 5.- Secado, empacado y codificación de las muestras de la planta de beneficio. (Elaboración propia)

Caracterización

Química

El análisis químico fue muy importante para la cuantificación de metales, se determinaron de leyes promedio de metales (Au, Ag, Cu, As) en los 4 bloques de explotación así mismo se pudo determinar leyes de oro mediante los análisis de ensayo al fuego para las muestras de la planta de beneficio: determinación de leyes de cabeza en la tolva de finos, banda transportadora, desfuegos del molino chileno, canalones y piscinas de sedimentación. Adicionalmente se realizó análisis de ensayo al fuego por malla valorada en el estudio granulométrico del material captado en los desfuegos del molino chileno para ver si existe efecto pepita.

Física

Valoración de las propiedades físicas de las muestras del macizo rocoso, material mineralizado (vetas), material triturado, producto de la molienda (pulpas) junto con la distribución granulométrica. Para la realización de la distribución granulométrica se utilizando el equipo de la figura 6.



Figura 6.- Montaje del vibrotamiz para análisis granulométrico. (Fuente: Laboratorio Geocientífico INIGEMM)

Mineralógica

La observación microscópica, generalmente es el primer paso de toda investigación mineralógica, debido a que permite realizar estudios rápidos en

base a la expectación y comparación de la morfología mineralógica (Marshall, 2014). Los minerales útiles tenemos oro nativo, oro ocluido, en los minerales secundarios tenemos a la esfalerita, calcopirita, blenda y galena, por último, los minerales traza tenemos a la esfalerita, arsenopirita, pirita y pirrotina.

Para el desarrollo de este ensayo se seleccionaron previamente las muestras representativas de cada una de las vetas, tomando en cuenta indicadores comunes como: color, dureza, magnetismo, asociaciones mineralógicas, de esta manera establecer el corte adecuado para las secciones pulidas y láminas delgadas para ser analizadas en el Microscopio OLYMPUS BX51, en el caso de las láminas delgadas se utilizó luz natural y polarizada mientras que para secciones pulidas se analizaron mediante luz reflejada. En la figura 7 tenemos la ilustración de una lámina delgada.



Figura 7.- Estructura de la ficha de secciones pulidas. (Elaboración propia).

Las muestras obtenidas en campo, se describieron petrográficamente previo a la selección y elaboración de 7 láminas delgadas y 3 secciones pulidas (briquetas) en el laboratorio de petrografía de la FIGEMPA, de igual manera en el Laboratorio de Petrografía del Instituto Nacional de Investigación Geológico Metalúrgico en adelante INIGEMM, se contó con la autorización para elaboración de 5 secciones pulidas e interpretación de 8 briquetas y 7 láminas delgadas en el área de Petrografía.

Discusión

Por medio del análisis mineralógico, distribución granulométrica y análisis químicos se pudo identificar la presencia de oro ocluido como podemos observar en la figura 8. Se hace referencia a las principales formas con que el oro se presentó en las muestras recolectadas.

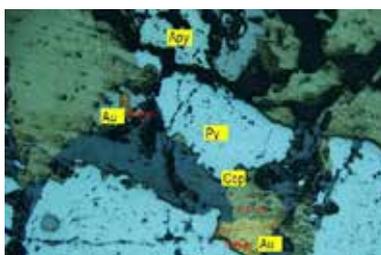


Figura 8.- Asociaciones mineralógicas determinadas en microscopía. (Elaboración propia).

El cálculo para la malla de liberación se lo realizó por el método de S. Bouchard (2001) se determinó que la malla de liberación es a los 163 µm. Concluyendo que la mayor liberación de partículas está comprendida entre las mallas #80-100. La Malla de liberación, es decir, el diámetro que debe tener la partícula para que el mineral precioso sea liberado satisfactoriamente se determina mediante observación al microscopio; corresponde a la fracción granulométrica donde prácticamente no existen granos mixtos (granos de ganga que incluyen partículas de Au) (Neely, 2004).

Con esta información observemos la distribución granulométrica del producto del molino del tipo chileno de la planta de beneficio en la figura 9. Se utilizó el equipo de la figura 6.

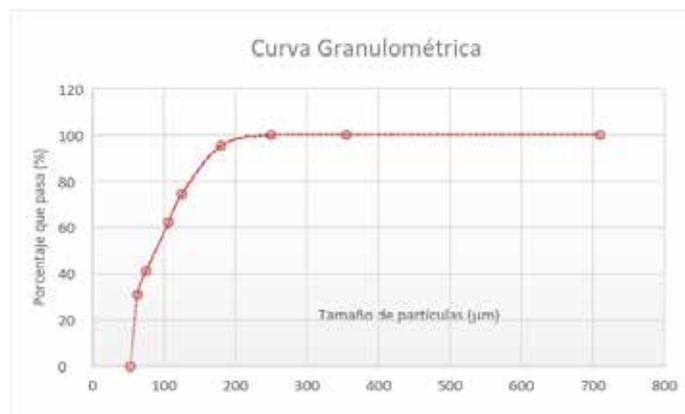


Figura 9.- Curva granulométrica de la muestra No.1- Pulpa de los desfogues del Molino Chileno #3 (Fuente: Elaboración Propia).

Este dato de malla de liberación fue corroborado aplicando la ecuación de GAUDIN – SHUMAN [Ec.1] a diferentes datos de granulometría para obtener una función de distribución granulométrica:

$$\text{Función G-S} \quad Y = \left(\frac{X}{214}\right)^{0.892}$$

Ec.1.- Función de distribución granulométrica para determinar el D80 (Fuente: Elaboración propia)

Al despejar el tamaño de liberación a 80 %, dio como resultado 163 µm respaldando el resultado obtenido por el método de S. Bouchard (2001). El d80 de la salida del molino chileno está en 250 µm, por lo tanto, podemos afirmar que se necesita mejorar la molienda hasta obtener los 163 µm que se necesita para liberar a las partículas de oro ocluidas en los sulfuros.

Flotación

En los concentrados de flotación se determinó que poseen más del 1% en cantidad de Arsénico por lo cual está siendo penalizado al momento de su venta. Para esto se ha planteado la necesidad de la realización de un estudio en flotación selectiva en donde el objetivo sería concretar los sulfuros del ar-



sénico separándolos de los concentrados de cobre. Al momento la empresa solo realiza una flotación bulk en donde todos los sulfuros son flotados y acopiados como concentrados.

Conclusiones

Los minerales claros observados cualitativamente en el análisis macroscópico corresponden a silicatos (cuarzo, plagioclasas, feldespato potásico, arcillas), se observó sulfuros (pirita, calcopirita, arsenopirita, galena, tetraedrita, pirrotina, blenda, hematita) y carbonatos (calcita).

En el análisis microscópico promedio de las muestras se registraron los siguientes porcentajes de minerales: arsenopirita (19.90%), esfalerita (8.70%), pirrotina (13.60%), galena (24.06%) y cuarzo (32.50%), calcopirita (1,24 %).

Se visualizó oro refractario en algunas secciones pulidas, con dimensiones entre 160 y 190 μm , las partículas se encuentran ocluidas en la red cristalina de sulfuros.

La malla de liberación más óptima esta entre la #80 y la # 100, dado que la malla de trabajo de los molinos chilenos está en #60 se debe trabajar en la implantación de alguna mejora para alcanzar la malla entre 80 a 100 porque ahí se tendrá la liberación de oro ocluido.

La mayor distribución del contenido de oro esta sobre la malla 80 (170 micrones), razón por la cual este oro puede ser recuperado mediante concentración gravimétrica directamente.

Recomendaciones

En la literatura se recomienda realizar una molienda hasta # 200 en este caso llegar a esa malla se necesita cambiar el molino chileno a molino de bolas que económicamente es bastante difícil de ahí que se sugiere realizar un estudio de conminución para saber si se puede llegar hasta una malla # 100 (que se podría tener liberado al oro según la microscopia obtenida).

Se recomienda realizar un trabajo de investigación relacionado con la flotación selectiva para eliminar a la arsenopirita del concentrado de flotación y así tener una mejor rentabilidad en cuanto la venta del nuevo concentrado.

Se recomienda realizar un estudio sobre la correcta disposición de los relaves tomando en cuenta la mineralogía que queda después de las operaciones de beneficio.

Agradecimiento

Se extiende un agradecimiento al INIGEMM por su colaboración y ayuda en este trabajo de investigación aplicada.

Referencias bibliográficas

Acuña, A. (2011). Evaluación económica del proyecto minero San Antonio óxidos. (pp.15-21). [Tesis tercer nivel]. Universidad de Chile. Facultad de ciencias Fisicas y matemáticas. Chile.

Lara,C. (2011). Caracterización Geomecánica del Masiso Rocos para el diseño de las labores Minas e implementación de un sistema de fortificación en el 5to nivel de Producción de la empresa minera Somilor S. A. Ecuador.

Marshall, D (2014). Ore Mineral Atlas. Mineral Deposits División Series. PP. 112. EU.

Neely, E.(2004). Metalurgia y Materiales Industriales. LIMUSA.EU.

Pitard, F. (2002). Practical and Theoretical Difficulties When sampling gold. Society for Mining, Metallurgy and Exploration (SME). pp. 77-93. Australia.

Pierre, G.(1971). L'échantillonnage des minerais en vrac – Tome 2. Numéro spéciale de la Revue de l'Industrie Minérale. France.

Instituto Nacional de Investigación Geológica Minero Metalúrgico (INIGEMM). (2014). Memoria técnica de la hoja geológica de Machala. No publicado.

Bouchard, S. (2001). Traitement du minerai. Flottation. Méthodes physiques. Le Griffon d'argile, Sainte-Foy. Canadá Québec.

Dominy, SC., O' Connor, L. y Xie, Y. (2016). Sampling and Test Work Protocol Development for Geometallurgical Characterisation of a Sheeted Vein Gold Deposit. Geomet. pp 1-2. Australia.