

RECUPERACIÓN DE PLATA A PARTIR DE RELAVES DE FLOTACIÓN, MEDIANTE LIXIVIACIÓN ACIDO - CLORURANTE.

Ing. Vidal Sixto Aramburú Rojas*

RESUMEN

El interés de recuperar los relaves de flotación que contienen plata, se ha manifestado desde muchos años atrás, básicamente por los grandes volúmenes y los significativos tenores de plata que estos metales involucran. Estudios metalúrgicos orientados a encontrar un esquema de tratamiento adecuado para estos relaves se han realizado, evaluándose alternativas piro e hidrometalúrgicas a nivel de Laboratorio.

Como conclusión de estos trabajos, se seleccionó el proceso hidrometalúrgico de lixiviación ácido – clorurante, por su mejor performance metalúrgica y mayor flexibilidad.

El presente trabajo cubre básicamente los resultados obtenidos a nivel de laboratorio, donde se evalúan los principales variables del proceso. Tales como: tamaño de partícula, concentración y pH del lixivante. Los resultados a nivel de laboratorio, mostraron que con soluciones de NaCl al 25% acidificados con ácido sulfúrico, es posible extraer alrededor de 40% de la plata contenida, valor que estaría limitado por la composición compleja mineralógica del relave, por que la plata está finamente diseminada en la pirita y posiblemente debido a la presencia de compuestos secundarios insolubles (argento jarosita).

Los elementos presentes en las soluciones de lixiviación, tales como Ag., Cu, son recuperados mediante el proceso de cementación con chatarra de fierro, obteniéndose precipitados cuya composición varían entre: 2 á 6% de Ag, 10 a 30 % de Cu. Este producto puede ser integrado sin problema en los circuitos de tratamientos de la fundición.

Palabra clave: Flotación, recuperación de plata, relaves con plata.

Abstract

The interest in recovering flotation tailings containing silver, has been present years ago, basically because the big and significant volumes of silver. Metallurgical studies focused in finding an adequate treatment for these tailings has been performed, assesing pyro and hidrometallurgical alternatives at lab level. As a result of this works, the hidrometallurgical process of acid-chloruant lixiviation has been selected due to its better metallurgical performance and greater flexibility.

The present work shows the obtained results at lab level where the main variables are assessed, variables such as particle size, concentration and ph of the lixiviant solution. The lab results showed that from solution of NaCl at 25% acid with sulphuric acid, it is possible pbtain arround 40% of the silver contained, valve which is limited to the mineralogic complex composition of tailings since silver is finely diseminated into pyrita and possible because of the presense of socondary insoluble compounds (argenta jorosita).

The presence of elemnts in the lixiviation solutions such as Ag, Cu, are recovered through the cementation process obtaining precipitations with contents varying from 2 to 6% of silver and 10 to 30 % of copper. This product can be integrated without any problem into the treatment circuits of the smelting plant.

Key word : Flotation, silver recovery, tailings with silver.

INTRODUCCIÓN

La recuperación de la plata a partir de los relaves, siempre ha llamado la atención de muchos investigadores debido a su gran importancia económica. Y en muchos casos por la complejidad que representa. Por esta razón, varios procesos extractivos han sido aplicados a nivel industrial o estudiado a nivel laboratorio, siendo los más importantes los siguientes:

- Métodos Físicos.- Tales como los de concentración por separación gravimétrica y flotación.
- Amalgamación.- El cual básicamente consiste en molienda del mineral en contacto con mercurio, separación de la amalgama y remoción del mercurio en retortas para producir plata bullón.
- Métodos de Lixiviación.- Tales como el de cianuración, lixiviación con salmuera, electroxidación, etc.

Al final del siglo XV el proceso de amalgamación fue el más común para recuperar plata de escorias minerales. En 1557, el proceso "patio" fue implantado en México y consistía en amalgamación de la plata formada por la reacción de los minerales de plata con cloruro de sodio y sulfato de cobre.

En 1861, el proceso de "Washoe Pan Amalgamación", una modificación del proceso "patio" fue aplicada en Nevada en donde se trataba el mineral finamente molido con: vapor, mercurio, cloruro de sodio, sulfato de cobre y ácido sulfúrico.

En el mismo siglo, el "Reese Rive Process" fue usado en nevada para minerales complejos, aplicando un tostado clorurante antes del " washoe process." A los comienzos del siglo veinte el proceso de cianuración reemplazó al proceso de amalgamación, excepto para los minerales que contienen plata de grano grueso, la mayoría de los relaves fueron nuevamente trabajados, siendo la recuperación de los relaves refractarios generalmente menos de 50%.

Este proceso ha sido ampliamente aplicado para la extracción de plata a partir de sus minerales, siendo la plata metálica fácilmente disuelta en presencia de oxígeno, el cloruro de plata se disuelve rápidamente sin oxígeno mientras que el sulfuro de plata requiere exceso de cianuro. La principal desventaja de este proceso, cuando se trata minerales polimetálicos es su elevado consumo debido a la formación de cianidas de **Cu, Zn, Fe**, etc, haciendo de este un método caro, más aún si se trata de minerales de baja ley de plata.

Teniendo en cuenta este factor y las características propias de los minerales y relaves piritosos, se optó por evaluar la alternativa de lixiviación "ácido clorurante", que compatibiliza con el carácter ácido de este relave piritoso y sobre todo porque el **NaCl** es un reactivo abundante, barato y no es tóxico.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es delinear un proceso de recuperación de plata y otros elementos metálicos, que se encuentran en los relaves de flotación de minerales polimetálicos que contienen plata.

MATERIALIES Y EQUIPOS

El relave empleado para este estudio proviene de la provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho; Empresa Minera San Juan de Lucanas. La composición Química del relave es:

Ensayos % (*Oz/TCS).

Cu	Ag*	Fe	Pb	Zn	Ins	S	As	Sb	Bi.
0.26	4.6	32.6	0.86	0.61	26.50	31.2	0.20	0.10	0.05

Antecedentes mineralógicos del relave sugieren que los minerales solubles de plata ocurren originalmente como argentita (**Ag₂S**) polibasita (**Ag₉Cu**)₁₆ (**Sb, As**)₂**S**₁₁, pirargirita (**Ag₃SbS₃**), proustita (**Ag₃AsS₃**) los cuales finalmente se encuentran diseminados en la pirita, al parecer el proceso de enriquecimiento secundario y las alteraciones hidrotermales sufridas por el mineral pueden haber producido en alguna extensión la formación de plata insoluble en forma de argento-jarosita **Ag₂Fe₆(OH)₁₂(SO₄)₄**, debido a la combinación de los sulfuros de plata con los óxidos de hierro y posterior precipitación del producto por cambio de pH en el medio.

La ganga está constituida principalmente por pirita y pirrotita que constituyen el 75% del mineral, el cobre se encuentra como chalcosita (**Cu₂S**), Covelita (**CuS**) y algunas sulfosales. Otros constituyentes menores son la galena esfalerita y oropimente.

Para las pruebas de laboratorio los reactivos empleados fueron de grado Q. P, excepto la sal (NaCl) de grado Industrial.

Los controles químicos en su mayoría se realizaron por Absorción Atómica y algunos de ellos por vía clásica, **NaCl**, **H₂SO₄**, **Fe⁺²**, etc .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados a presentarse en este trabajo son producto de la investigación de pruebas a nivel de laboratorio.

1.-Prueba de lixiviación:

Estas pruebas de laboratorio fueron orientadas a evaluar en condiciones controladas la lixiviación del relave y precisar el efecto aislado de algunas variables que juegan un rol importante en el proceso. Es así que la evaluación del efecto de la concentración de **NaCl** ó **H₂SO₄** se consideró prioritaria, estudiándose luego la influencia de otras variables tales como: densidad de pulpa, velocidad de agitación, tamaño de partícula, etc. Las condiciones generales usadas en las pruebas de laboratorio fueron: 200 gramos de relave a 60% malla - 200, densidad de pulpa 20% de sólidos y agitación mecánica constante.

a)- Efecto de la concentración de NaCl

La **fig.(1)** muestra la extracción de plata a diferentes concentraciones de **NaCl**, manteniendo las demás condiciones constante, se puede apreciar un efecto favorable en la velocidad de extracción de plata, cuando se incrementa la concentración del lixivante, aunque el rate de incremento disminuye alrededor de 300g/l. Una concentración de 200g/l se considera aceptable, por facilidad de operación.

Al parecer, el marcado incremento inicial en la cantidad de plata disuelta cuando se usa soluciones con diferente contenido de **NaCl**, es debido a la formación de complejos solubles de cloruro de plata, mientras que la lenta disolución de plata posterior a esta rápida disolución inicial podría deberse a:

1.- La formación de una capa de cloruro de plata insoluble que rodea a las partículas de mineral, evitando el ataque del agente lixivante, controlando el proceso por difusión de los reactantes y productos a través de esta película sólida.

2.- El tipo de mineralización de plata que parcialmente se encuentra finamente diseminado o formando solución sólida con la pirita, disolviéndose solamente las formas solubles o que están expuestas y que pueden entrar en contacto con los agentes lixiviantes.

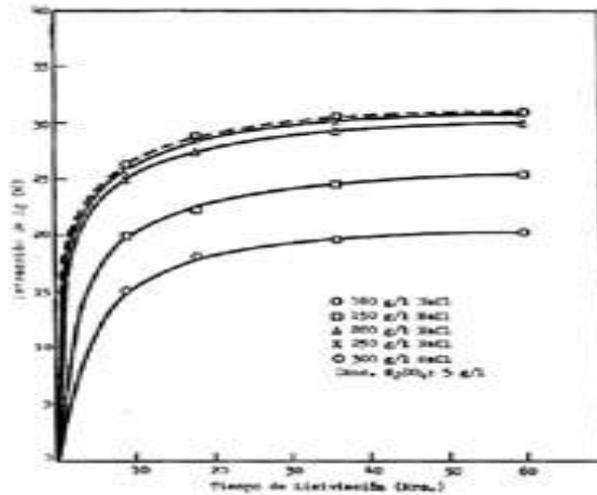


Fig.1 Efecto de la concentración de NaCl en la recuperación de la Plata.

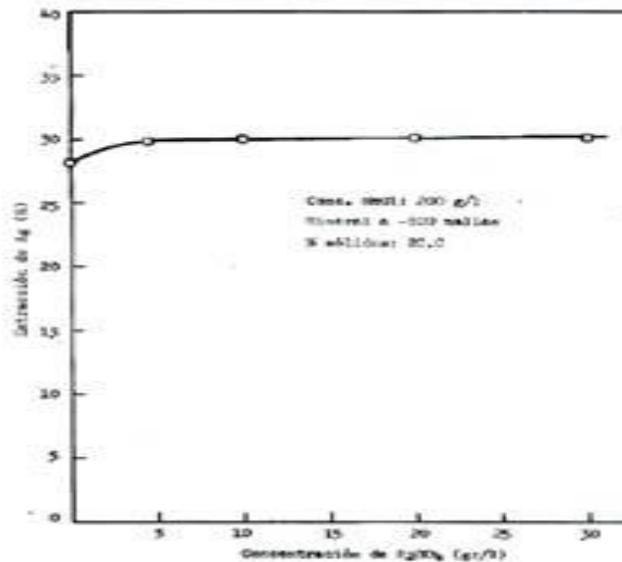


Fig.1 Efecto de la concentración inicial en la recuperación de la Plata.

b) Efecto de la concentración de H₂SO₄

El propósito de estas pruebas fue evaluar la influencia de la acidez en la velocidad de disolución de plata, usando para estas pruebas una concentración constante de 200 g/l de NaCl, los resultados se muestran en la **fig. 2**, se observa que el efecto de la acidez no es significativo y para valores de 4g/l el efecto del incremento del nivel de H₂SO₄ es nulo,

reforzando la hipótesis de que la disolución de plata soluble en el relave por el **NaCl** se debe a la acción acomplejante de los iones **Cl⁻** sobre la plata.

c) Efecto de la densidad de pulpa y velocidad de agitación

El efecto del porcentaje de sólidos en la pulpa se presenta en la **fig. 3**, manteniéndose constante la concentración de 200g/l de **NaCl** y las demás condiciones establecidas anteriormente. Se observa que la variación en el porcentaje de sólidos no tiene efecto pronunciado para contenidos menores de 20% sólidos debido posiblemente al exceso de reactante disponible cuando se lixivia con soluciones concentradas de **NaCl**.

En cuanto a la velocidad de agitación, esta tiene una influencia muy pequeña en la disolución de plata, lo cual indica que aun a grandes velocidades de difusión de los reactantes de la solución hacia la superficie de las partículas o viceversa (900 RPM) hay un factor que limita la disolución de plata.

d) Efecto del tamaño de partícula

La influencia del tamaño de partícula a nivel del laboratorio fue evaluada a tres niveles de finura: -100, -200 y -400 mallas, encontrándose que prácticamente no hay diferencia en la extracción obtenida, tal como se puede apreciar en la **fig. 4**), lo que indica que la liberación de la plata no ocurre aún pulverizando el mineral a menos de 38 micras, reforzando la tesis de una combinación de la plata en la ganga en forma muy íntima que imposibilita una buena recuperación de este metal. Asimismo, se han realizado pruebas de lixiviación con muestras de mineral correspondientes a diferentes rangos de granulometría, pero reducidos a mallas -100, los resultados en forma general indican que las formas solubles de plata se encuentran distribuidas en los rangos de tamaño de partícula estudiados y no se encuentran como se esperaba en las fracciones finas.

2.-Precipitación de la plata:

La plata contenida en las soluciones lixiviadas con una concentración variable de 10 á 300 mg/l y otros elementos presentes tales como **Cu** y **Bi** principalmente, fueron precipitados empleando chatarra de fierro como agente cementante, el cual se usó por su bajo costo y disponibilidad, comparado con el polvo de Zinc u otro proceso conocido. El tiempo de retención en las celdas de cementación fue de 60 minutos.

Estas pruebas de lixiviación-cementación continuas dieron como resultados precipitados, cuya composición química varía entre: **Ag** de 2 á 6%, **Cu** de 10 á 30% y **Bi** de 3 á 15%, producto que puede ser integrado sin problemas a los circuitos de tratamiento de la fundición.

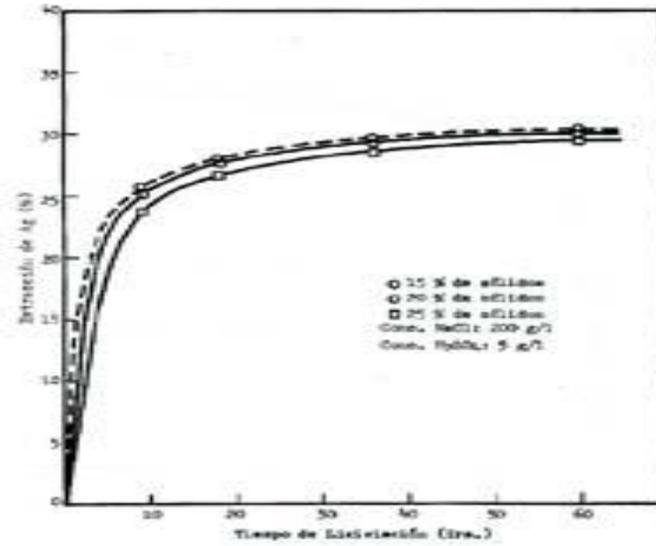


Fig.3 Efecto de la Densidad de Pulpa en la recuperación de Plata.

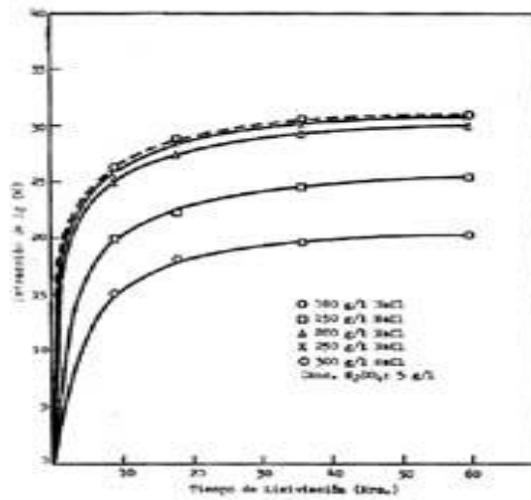


Fig.4 Efecto del tamaño de partícula en la Disolución de Plata.

CONCLUSIONES:

- * Los resultados a nivel de laboratorio indican que, empleando la técnica de lixiviación ácido-clorurante, es posible recuperar parcialmente la plata contenida en los relaves de flotación.
- * La disolución de plata se debe a la formación de complejos solubles de cloruro de plata (**AgCl₂⁻**), el cual es favorecido por el exceso de iones **Cl⁻**. La principal variable que controla la extracción de este elemento es la concentración de **NaCl** en la solución lixivante.
- * La extracción de plata máxima lograda a nivel de laboratorio fue de 32%, la cual parece estar limitada por la difícil mineralización del mineral piritoso, en donde la plata se encuentra finamente diseminada y a la presencia de compuestos insolubles como la argento-jarosita.
- * El efecto de otras variables tales como la concentración de **H₂SO₄**, densidad de pulpa, tamaño de partícula, velocidad de agitación, tienen un efecto muy poco significativo en la extracción de plata.
- * En cuanto al aspecto económico del proceso, este es bastante atractivo y se logra una buena contribución económica, debido al bajo costo operativo del proceso que en forma global llega a 3.8 \$/onz **Ag** eq., valor que nos da un buen margen para operar considerando las variaciones del precio de este elemento en el Mercado Internacional.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Winand, R. Chloride hydrometallurgy 27,1991, pg 285 – 316.
- ✓ Dutrizac, J.E., the leaching of sulfide in chloride hydrometallurgy 29, 1992, pg 1 – 45.
- ✓ Bonan, J.M. Demarthe, H. Renon and F. Baratin, "Chalcopyrite leaching by CuCl in strong NaCl solutions", Met, trans. B 12b (1981), 269 – 274.
- ✓ Hiskey, J.B, and Atluri, V.P. Dissolutions Chemistry of Gold and Silver in different Lixiviants.Min. Proc. Review, 1988.
- ✓ Filmer, A, o: "The dissolution of gold from roasted pyrite concentrates" Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy ,pag. 90 – 94, March 1982.

- ✓ Pendreish, R. And BARRATT, D.J: "Refractory gold.- process options" Wright Engineers Limited, vancouver B.C, Canada.
- ✓ ADDION, Richard: "Gold and silver extraction from sulfide ores", Mining congress Journal, pag. 47 – 54, october 1986.
- ✓ LOVERA D. Daniel F. Modelamiento de la cinética de lixiviación de concentrados auríferos en el sistema **CuCl₂-O₂** V Simposium Nacional Aurífera pag 79 – 83 Mayo 1999.
- ✓ ARIAS ARCE Vladimir A. Disolución del oro y plata en medio clorurado V Simposium Nacional de Minera Aurífera pag 87 – 90 Mayo 1999.