

RECUPERACION DE ORO A PARTIR DE LAS COLAS DE FLOTACION DE UN
MINERAL DE COBRE DISEMINADO

HERNÁN CASANOVA ¹
JUAN PEDRO GIL ¹
LUIS V. GUTIERREZ ¹
PEDRO E. SARQUIS ¹

RESUMEN

Las colas de flotación del mineral diseminado de cobre-oro del Bajo de la Alumbraera, contienen del 20-25% del oro de la alimentación con una ley promedio de 0,16 g/t y bajo tenor de cobre (0,20%). Se hicieron pruebas a escala de banco de cianuración del oro remanente, para estudiar las siguientes variables: a) influencia de la concentración del cianuro; b) el tiempo de lixiviación y c) el pretratamiento de la carga - eliminación del -20 μ y aglomeración.

Se realizaron ensayos empleando muestras de las diferentes zonas de alteración del yacimiento, asimismo, con fines comparativos se ejecutaron ensayos de cianuración con carbón en pulpa.

En base a los resultados experimentados se efectuó una evaluación técnica preliminar para aplicar este procedimiento en las colas de la planta de flotación del Cu-Au.

¹ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MINERAS
Av. San Martín 1109 (oeste)
5400 SAN JUAN - ARGENTINA

**RECUPERACION DE ORO A PARTIR DE LAS COLAS DE FLOTACION
DE UN MINERAL DE COBRE DISEMINADO**

Autores: Hernán CASAVONA
Juan Pedro GIL
Luis V. GUTIERREZ
Pedro E. SARQUIS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MINERAS
Av. San Martín 1109 (oeste)
5400 SAN JUAN - ARGENTINA

R E S U M E N

Las colas de flotación del mineral diseminado de cobre-oro del Bajo de La Alumbrera, contienen del 20-25% del oro de la alimentación con una ley promedio de 0,16 g/t y bajo tenor de cobre (0,20%). Se hicieron pruebas a escala de banco de cianuración del oro remanente, para estudiar las siguientes variables:

a) influencia de la concentración del cianuro; b) el tiempo de lixiviación y c) el pretratamiento de la carga -eliminación del -20 μ y aglomeración-

Se realizaron ensayos empleando muestras de las diferentes zonas de alteración del yacimiento, asimismo, con fines comparativos se ejecutaron ensayos de cianuración con carbón en pulpa.

En base a los resultados experimentados se efectuó una evaluación técnica preliminar para aplicar este procedimiento en las colas de la planta de flotación del Cu-Au.

1- INTRODUCCION

El Bajo de La Alumbrera es una de las manifestaciones de Cobre-Oro diseminados más importantes de la Argentina, con reservas estimadas que permiten predecir una explotación por un período de veinticinco años, a un ritmo de 13.000.000 t/año. Las leyes medias calculadas indican 0,51% Cu y 0,64 g/t de Au.

Los estudios de factibilidad realizados muestran que el proceso más adecuado de tratamiento es la flotación de los sulfuros presentes y del oro. Los ensayos metalúrgicos, revelaron que por esta vía se puede recuperar el 90% del Cu y 75% del oro. En las colas de flotación quedan del 20-25% del Au cuya recuperación representaría una producción de 1.600 kg. de este metal extras anuales.

Se estudió la posibilidad de aplicar el método de Heap-Leaching, realizando un pretratamiento de las colas (1), de modo de favorecer la percolación de la solución. Para ello se estudiaron dos procedimientos: un ciclonado, eli-

minando el producto por debajo de -20 μ y la aglomeración, empleando cal como ligante. Los pellets se sometieron a ensayos de resistencia mecánica con el fin de evaluar su comportamiento en pilas de lixiviación. Se analizó el efecto de las variables que influyen en la cianuración, como son: la concentración de cianuro y el tiempo de lixiviación en ensayos por agitación y de percolación en columnas de pequeño diámetro. En las pruebas de percolación, la solución se recirculó a través de columnas de absorción con carbón activado y en los ensayos en frascos se ensayó también la agitación con carbón en pulpa.

Se ensayaron colas de flotación de muestras representativas de las zonas de alteración del cuerpo mineralizado.

2- MATERIALES Y METODOS

2.a. Muestras

Las colas empleadas en los ensayos, provienen de flotaciones en batch de muestras de las 3 zonas de alteración, y de los niveles de sulfuros primarios del yacimiento, obtenidas a partir de testigos de perforación. En la tabla n° 1, se enuncia la denominación y la alteración que representa cada muestra y en la tabla n° 2, se da la composición química:

Tabla N° 1: Denominación y alteración que representan las muestras estudiadas.

Denominación de la muestra	Zona de Alteración
A	Potásica
B	Silíceas
C	Sericítica
D	Compósito de las A, B y C

Mediante observación por reflexión transparencia así como por difracción de Rx se determina la presencia en las colas de las siguientes especies mineralógicas: magnetita; hematita; pirita; calcopirita; covelina; calcosina; digenita y ganga silícea.

Además de minerales, se observó la presencia de pequeñas cantidades de galena, blenda, molibdenita malaquita, azurita y crisocola.

Tabla N° 2: Composición química de las colas de flotacion.

Colas Muestras	Au g/t	Ag g/t	Cu %
A	0,12	0,7	0,020
B	0,18	0,7	0,024
C	0,20	0,7	0,018
D	0,16	0,7	0,02

2.b. Equipos

Los ensayos de agitación se realizaron en recipientes de 3.000 cc. colocados en un agitador giratorio a una velocidad de 30 rpm.

Los ensayos en columnas se llevaron a cabo en tubos cerrados de PVC de 10 cm. de diámetro y 1,20 mts. de altura. Para facilitar el drenaje se colocó un falso fondo de grava en el desagote.

La solución se alimentó al mineral por gravedad, sin volver al circuito. El esquema del equipo se muestra en la figura n° 1.

Para el ciclonado de las colas se empleó un hidrociclón del^o diámetro, con boquillas de Ø 4 mm y Ø 6 mm de under y over, respectivamente, a una presión de trabajo de 30 Lbs/pul².

La aglomeración se llevó a cabo en un tambor pelletizador de plástico de Ø 50 cm. girando a 20 RPM.

El ensayo de resistencia mecánica a la compresión de los pellets se efectuó en una máquina Cific de 5 tns. con comando electrónico.

Los ensayos de cianuración con carbón en pulpa, se llevaron a cabo con el mismo equipamiento empleado para los de agitación a 30 rpm.

Los análisis de líquidos de Cu, Au y Ag, se realizaron por absorción atómica y de sólidos por vía seca.

Las concentraciones de reactivos se controlaron por métodos volumétricos.

2.c. Metodología

En los ensayos de agitación se colocaron 400 g de colas molidas a 60% -200 #, tal como vienen de la flotación, luego se agregaron 1000 ml de agua destilada, la cal y el cianuro de sodio en cantidades que variaron entre 250 y 1000 g/m³. El nivel de cal se fijó en 3.500 g/t para un pH de alrededor de 11.

Los ensayos tuvieron una duración de 12 a 96 horas. Cada 6 horas se controló el pH y se extrajeron alícuotas de solución para control de nivel de reactivos y extracción de Au. Los reactivos consumidos se llevaron al nivel inicial y se repuso el agua extraída.

En los ensayos en columnas se colocaron entre 1.500 y 2.000 g de colas preparadas según el caso, a la granulometría de origen.

El ciclonado se realizó efectuando un corte a 20 μ . El producto del under se cargó sin más preparación en las columnas y se lixivió con solución cianurada a niveles equivalentes a 250, 500 y 1000 g/m³.

La aglomeración de las colas se realizó agregando paulatinamente una solución preparada con el nivel correspondiente de cianuro de sodio al mineral previamente mezclado con la cal, hasta un 18% de humedad. Una vez extraídos los pellets, se colocaron en las columnas y se dejaron en maduración por 48 horas. (2)

Sobre la capa de mineral se colocó una plancha de polyester permeable de 1 cm. de espesor para lograr una adecuada distribución de la solución y evitar la rotura superficial de los aglomerados. El flujo de solución, se fijó en 10 l/m²/h.. La solución drenada se recogió en un recipiente y se analizó por Au, Ag y Cu.

En los ensayos de carbón en pulpa se agregaron 400 g de colas, 1.600 ml. de agua destilada y los reactivos correspondientes (el NaCN se agregó en un rango de 250 a 1000 g/m³). El carbón activado, de cáscara de coco se agregó en clase cerrada -6 + 16#, en una proporción de 2.500 g/t. El carbón se extrajo por tamizado de la pulpa y se verificaron las pérdidas por abrasión; una vez quemado se evaluó la absorción de Au.

3- RESULTADOS Y DISCUSION

3.a. Efecto de la preparación de las colas

El ensayo realizado sin preparación previa de las colas, reportó valores nulos de percolación por lo tanto fue necesario un pre-tratamiento de la carga.

La distribución porcentual del oro en clases granulométricas dada en la

tabla n° 3, evidencia que existe un 60% en tamaños inferiores a 20 u. El ciclonado eliminando la fracción por debajo de ese tamaño implicó una pérdida importante de Au.

Tabla N° 3: Distribución del Au en las fracciones granulométricas de las colas.

Fracción	Peso %	Distribución %
+ 200 #	33,1	7,6
-200+400#	29,8	6,9
-37 + 20 u	17,9	24,2
-20 + 10 u	11,9	7,8
-10 u	7,3	53,5

En la tabla n° 4, se dan los resultados comparativos de extracción de Au para las dos preparaciones ensayadas con y sin ciclonado, en condiciones similares para 48 horas de lixiviación.

Tabla N° 4: Extracción de Au para distintas preparaciones de las colas.

Preparación	Extracción de Au parcial	(%) total
Ciclonado	94	45
Aglomerado	87,5	87,5

La aglomeración con cal y cianuro y el tiempo de maduración de los pellets, no produjeron aumentos significativos en los consumos de reactivos. Por otro lado tanto el material clasificado como el aglomerado, no mostraron dificultades a la percolación, con los caudales utilizados. (3)

3.b. Efecto de la concentración de cianuro de sodio y del tiempo de lixiviación.

En las figuras nos. 1 y 2, se muestra la evolución de la extracción de Au y consumo de cianuro de sodio con el tiempo de lixiviación, para concentraciones de cianuro de sodio de 250; 500 y 1000 g/m³ agregados en la

aglomeración.

De la observación de las figuras, se desprende que concentraciones de cianuro de sodio superiores a 300 g/m^3 no implican un aumento significativo en la recuperación de oro, ni en la cinética de la extracción, pero sí un incremento importante en el consumo de cianuro de sodio.

Se aprecia una rápida extracción de Au, especialmente en las primeras horas. Entre las 36 y 48 horas no hay un aumento significativo en la disolución del oro.

3.c. Ensayo de resistencia mecánica de los pellets de aglomeración

En la figura n° 3, se muestra la correlación existente entre la deformación de los pellets de aglomeración y la altura hipotética de la columna calculada en base al ensayo carga-deformación realizado.

Para los fines de este cálculo, no se tuvo en cuenta el efecto de las paredes, ni las variaciones en la resistencia que implica el confinamiento.

La densidad en el interior de la columna se determinó en $1,16 \text{ Kg/dm}^3$.

Se observó que a una altura de 1,28 cm cesa la deformación de los pellets lo que implicaría la destrucción de los mismos, y el taponamiento del drenaje de solución.

3.d. Ensayos de cianuración con carbón en pulpa

En la figura n° 4, se grafica la evolución de la extracción del Au para concentraciones de 250; 500 y 1000 g/m^3 de cianuro de sodio.

Se observa que en general los consumos de cianuro de sodio registrados, son inferiores a los experimentados en frascos y columnas para las mismas concentraciones de reactivos, y tiempos de lixiviación.

La cinética de extracción y la recuperación final de Au, no exhibieron un incremento importante con concentraciones de cianuro de sodio superiores a los 250 g/m^3 . Pasando las 24 horas de lixiviación, no se evidenció un aumento del Au extraído. El carbón utilizado no mostró pérdida por abrasión.

4- CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en los ensayos podemos concluir que las colas de flotación, demostraron un comportamiento satisfactorio para ser tratadas por cianuración en las condiciones ensayadas, habiéndose obtenido recuperaciones de Au y Ag del 87 y 40%, respectivamente, en 36 horas de lixiviación.

La preparación de las colas se mostró imprescindible, y en ambos casos se obtuvieron excelentes flujos de percolación, mayores de 10 l/m²/h.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) Agglomerated Heap Leaching At Anaconda's Darwin Silver Recovery Project. By D. A. Milligan, P. R. Engelhardt - Anaconda Minerals Company P.O. Box 27007 - Tucson Arizona 85726.
- 2) Agglomerated and unagglomerated heap leaching behavior is compared in production heaps - By G. E. Mc Clellan - Mining Engineering - July 1986 - page 500-503.
- 3) Heap leaching gold-Silver ores With poor percolation characteristics - by G. E. Mc Clelland, S. D. Hill - Bureau of Mines - U.S. Department of the Interior - Reno, Nevada 8952.

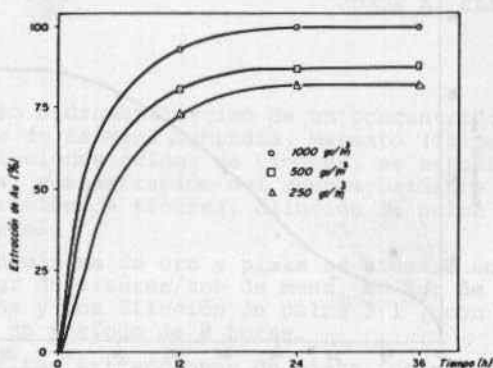


Fig. 1 : EVOLUCION DE LA EXTRACCION DE Au CON EL TIEMPO DE LIXIVIACION PARA [CN Na] DE 250, 500 y 1000 gr/m³.

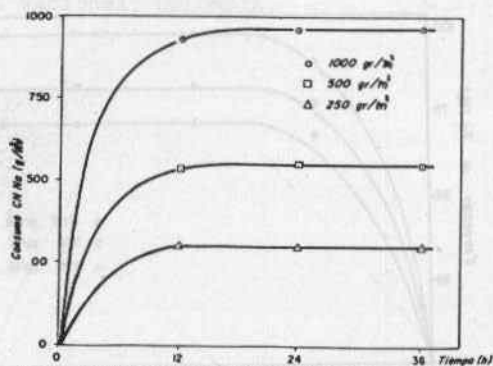


Fig. 2 : EVOLUCION DE CONSUMO DE CN Na CON EL TIEMPO DE LIXIVIACION PARA [CN Na] 250, 500 y 1000 gr/m³.

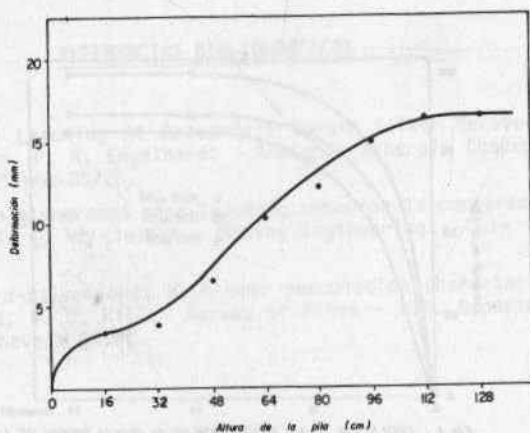


Fig. 3 : DEFORMACION DE LOS PELLETS VS ALTURA HIPOTETICA DE LA PILA

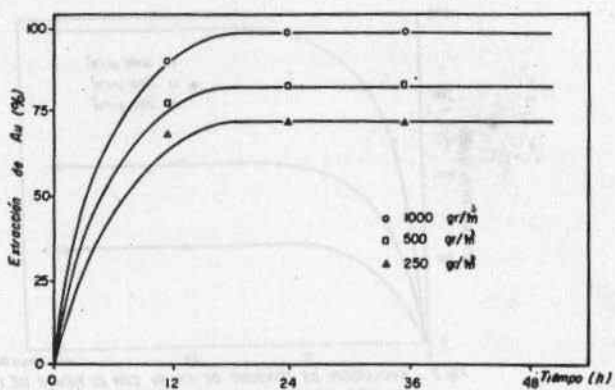


Fig. 4 : EVOLUCION DE LA EXTRACCION DE Au EN LOS ENSAYOS DE CARBON EN PULPA .