

"TRATAMIENTO DE MENAS OXIDADAS DE COBRE CON GANGA CALCAREA"

S. Guggiana

La investigación tuvo por objetivo, estudiar un tratamiento metalúrgico para extraer cobre a partir de menas oxidadas de cobre, que tengan una ganga con un alto consumo de ácido, considerando para este efecto la lixiviación con sales y soluciones amoniacales. Se comparó esta alternativa con procesos convencionales de lixiviación ácida. En el estudio se realizaron pruebas de lixiviación ácida por percolación y por agitación y pruebas de lixiviación amoniacal por percolación y por agitación. Se analizó en cada una de estas metodologías, las diferentes variables que afectan el consumo de ácido y/o recuperación del metal.

De los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- En la lixiviación ácida por percolación se puede extraer un 71% del metal con un consumo de 2,92 kg H⁺/kg Cu disuelto.
- En la lixiviación ácida por agitación se puede obtener sobre 85% de extracción del metal, con un consumo de 5 kg⁺/kg Cu disuelto, si se mantiene una concentración de 4,1 g/l.
- En la lixiviación amoniacal por agitación, se puede llegar hasta valores de 87,7% de extracción del metal con un consumo de 110 kg de NH₃ y 61 kg de NH₄ CO₃ por tonelada de mena.
- En la lixiviación amoniacal por percolación, es posible llegar hasta una 65% de extracción para estas mismas cantidades de reactivos.

COPPER EXTRACTION FROM OXYDIZED ORES WITH CALCAREOUS GANGUE

This piece of research was aimed at analysing a metallurgical treatment to extract copper from oxydized copper ores having a high acid-consuming gangue; by using leaching with salts and ammonium solutions. This alternative was compared to conventional acid leaching processes. Acid leaching test by percolation and by agitation, and ammonium leaching by percolation and agitation were carried out. In each of these methodologies, the different variables that affect acid consumption and/or metal recovery were analysed. From the results obtained, we can conclude the following:

- 71% of metal can be extracted in acid leaching by percolation with a consumption of 2.92 kg. of dissolved H⁺/Kg.
- 85% of metal can be extracted in acid leaching by agitation with a consumption of 5 kg. of dissolved H⁺/Kg.Cu, if a free acidity concentration below 4.1. g/Lt is kept.
- In ammonium leaching by agitation, metal extraction can be 87.7% with a consumption of 110 kg of NH₃ and 61 kg of (NH₄)₂ CO₃ per ton of ore, with the same amount of reagents, metal ammonium leaching by percolation.

Departamento de Ingeniería Química y Metalúrgica / Universidad Católica del Norte / Avda. Angamos 0610, Casilla 1280, Antofagasta; Chile.

I N T R O D U C C I O N

En los últimos años, la industria del cobre ha tenido que orientar la investigación tecnológica hacia procesos hidrometalúrgicos por diversas razones, entre las que se puede mencionar:

- Necesidad de controlar la contaminación ambiental.
- Alza constante en el valor de la energía.
- Minerales cada vez más pobres y a la vez problemáticos desde el punto de vista de la presencia de ganga altamente consumidora de ácido.

Actualmente existen muchos yacimientos de cobre, explotados e inactivos, los cuales poseen en alguna medida: grandes reservas de minerales, alta ley, problemas de procesamiento, debido al alto consumo de ácido sulfúrico por la presencia de ganga calcárea.

En este trabajo, se investigó la factibilidad técnica de recuperación de este tipo de mena, mediante la aplicación de la lixiviación con amoníaco y bicarbonato de amonio en solución, con el objetivo de demostrar que el proceso alcalino representa una alternativa técnicamente viable para el tratamiento de menas con ganga calcárea. Para ello se estudia un mineral en particular, cuya caracterización se presenta a continuación.

C A R A C T E R I Z A C I O N D E L A M U E S T R A

Se trabajó con un mineral oxidado de alta ley, conformado principalmente por atacamita y crisocola, el que está acompañado en forma entrecrecida por epidota, yeso y hematita. La atacamita aparece en su mayor proporción como impregnación, la que se limita a delgadas laminillas sobre la ganga (menores a 0,5 mm).

La ganga corresponde a una roca volcánica de textura porfídica, los fenocristales (de hasta 1 mm) incluyen plagioclasas alteradas y anfíboles, la masa fundamental es afanítica y presenta algo de silificación, acompañada por cantidades importantes de clorita, epidota, hematita y calcita.

Análisis Químico:

Cobre Total	5,05%
Cobre Soluble	4,37%
Calcio Total	3,38%
Fierro Total	4,81%
Consumo de ácido	6.42 kg de ácido/kg de cobre disuelto.

Análisis Granulométrico:

Mallas	$f_i(x)$ lix. ácida agitación	$f_j(x)$ lix. ácida percolación	$f_k(x)$ lix. amoniacal agitación
+ 6	18,03	16,20	----
+ 8	17,30	17,10	----
+ 10	18,20	19,10	----
+ 14	15,91	16,70	----
+ 20	9,74	9,65	----
+ 28	5,10	5,40	----
+ 35	3,70	4,50	----
+ 48	2,70	3,70	----
+ 65	1,80	2,90	----
+ 100	1,30	1,42	21,35
+ 150	1,20	1,20	17,80
+ 200	0,50	0,60	16,80
+ 270	0,50	0,50	14,10
- 270	3,72	1,03	29,95
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Desarrollo Experimental:

Para el desarrollo de esta investigación se realizan distintos tipos de pruebas, a fin de comparar resultados para diferentes condiciones de operación:

Lixiviación ácida por agitación:

La variable analizada es la concentración de ácido libre, manteniendo constante la granulometría, porcentaje de sólidos, agitación y temperatura.

En estas pruebas en el ataque inicial, se trabajó con dos formas de alimentación tanto de sólido como de ácido.

- 1.- Se agregó todo el mineral en la solución ácida y enseguida el ácido sulfúrico hasta neutralizar la ganga, manteniendo constante el nivel de ácido libre.
- 2.- Se agregó mineral y solución ácida simultáneamente en forma pausada, manteniendo el nivel inicial de ácido libre en la solución con el agregado de ácido.

Lixiviación ácida por percolación:

Las variables analizadas son:

- Concentración de ácido en la solución lixivante.
- Tamaño granulométrico del mineral.
- Pretratamiento de curado del mineral de cobre.

Además estas pruebas se realizan utilizando:

- Diseño factorial.
- La relación sólido líquido es 1:1.
- La alimentación de la solución es por gravedad en pistón ascendente y la recirculación es realizada por bombeo en pistón descendente.
- Finalmente, la solución es drenada y el ripio es lavado con agua en una relación sólido: agua de 1:1.

Lixiviación amoniacal por agitación:

Las variables analizadas son:

- Concentración de amoníaco en la solución de ataque.
- Concentración de bicarbonato de amonio en la solución de ataque.
- Aireación de la solución
- La dilución de la pulpa es de 3,75:1 y el reactor utilizado es sellado.
- La alimentación de la solución se realiza por medio de un tubo lateral.

Lixiviación amoniacal por percolación:

La variable analizada es la concentración de amoníaco, considerando los mejores parámetros de disolución obtenidos en la lixiviación amoniacal por agitación. La relación sólido líquido es de 1:1. La solución lixivante se carga por gravedad en pistón ascendente y se recircula por bombeo en pistón descendente. Sobre la solución se aplica un sello de parafina, la que es recuperada al finalizar la operación y separada de la solución rica. El mineral se drena por 24 horas.

R E S U L T A D O S

De la lixiviación ácida por agitación.

Los resultados de estas experiencias para distintas concentraciones de ácido libre después de 3,5 horas de tratamiento, se pueden observar en los gráficos 1, 2, 3 y 4, los cuales se construyeron a partir del muestreo a cada prueba de lixiviación en los tiempos 30, 45, 60, 120 y 210 minutos en el que se controló el cobre disuelto y el ácido libre.

Las diferencias entre las pruebas de la modalidad 1, es decir, en donde se agrega toda la carga sólida al inicio de la lixiviación con el agregado posterior de ácido y las pruebas de la modalidad 2 donde se alimenta pausadamente la carga sólida a la solución ácida, pueden observarse en los primeros 30 minutos de lixiviación. En la modalidad 2 el consumo de ácido mantiene el nivel con pequeñas variaciones posteriores y el porcentaje de extracción de cobre es superior al 50% en cambio, en la modalidad 1, los valores de consumo de ácido son muy altos estabilizándose luego, con porcentajes de extracción muy bajos del orden de 25%.

En cuanto al tiempo de lixiviación, en la modalidad 1 se alcanza una estabilización de la extracción a los 210 min y en la modalidad 2 se alcanza a los 120 min.

De la lixiviación ácida por percolación.

Los resultados de estas experiencias para distintas granulometrías y cantidad de ácido utilizado, con pretratamiento y sin pretratamiento del mineral, se presentan en los gráficos 5, 6, 7 y 8, los cuales se construyeron con los datos obtenidos a las 24 horas de lixiviación de cada una de las pruebas realizadas.

En ellas pueden observarse una disminución del consumo de ácido relativo al cobre disuelto y un aumento en la disolución de cobre, al disminuir el tamaño del mineral tratado se favorecen las reacciones entre el ácido y el cobre contenido en el mineral.

El efecto de pretratamiento de curado y aglomerado es negativo tanto para el consumo de ácido como para la extracción de cobre. Al realizar la etapa de aglomerado hay un incremento de la temperatura de 70°C, debido a reacciones exotérmicas producidas entre el agua y el H_2SO_4 concentrado, que favorece las reacciones de las especies solubles en ácido, incluyendo aquellas que componen la ganga.

La concentración de ácido en la solución lixiviante, para los niveles estudiados en estas pruebas no afecta en forma significativa ni al consumo de ácido ni a la extracción de cobre. Es posible observar que existe una tendencia, que aumentos en la concentración de ácido en la solución lixiviante, aumenta la extracción de cobre y provocan mayores consumos de ácido, por efecto de la ganga.

De la lixiviación amoniacal por agitación.

Los resultados de estas experiencias pueden observarse en los gráficos 9, 10, 11, 12 y 13, los cuales se construyeron con los datos obtenidos a las 7 horas de lixiviación de cada una de las pruebas realizadas.

En ellas pueden observarse que la extracción de cobre soluble en función de la concentración de NH_3 , aumenta a medida que aumenta este último, llegando hasta un valor máximo de 87,7% de extracción para 110 kg de NH_3 /ton mena y posteriormente decrece hasta estabilizarse en 77,4% para valores superiores a 160 kg NH_3 /ton mena.

La extracción de cobre en función de la concentración de bicarbonato de amonio para los niveles utilizados, también aumenta hasta un valor de 87,7%, decreciendo posteriormente para valores superiores a 61 kg de NH_4HCO_3 /ton de mena.

La tendencia del efecto producido por la razón líquido/sólido sobre la extracción de Cu, es aumentar cuando aumenta esta relación, debido al aumento de la solubilidad del metal en la solución. Las diferencias en extracción no son muy significativas para los niveles utilizados, por lo que esta variable dependerá de otros factores.

En cuanto al tiempo de tratamiento, se observa que durante las primeras horas de tratamiento, la velocidad de disolución del cobre es alta, para posteriormente disminuir progresivamente.

De la lixiviación amoniacal por percolación.

El resultado de la prueba de lixiviación amoniacal por percolación fue de una extracción del 65,5% de cobre soluble, para una razón sólido líquido de 1:1, un tiempo de lixiviación de 30 horas, una concentración de amoníaco de 110 kg de NH_4HCO_3 /ton de mena y una concentración de bicarbonato de amonio de 61 kg de NH_4HCO_3 /ton mena y puede observarse en gráfico 14.

C O N C L U S I O N E S

De los valores experimentales entregados en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

De la lixiviación ácida:

La lixiviación ácida por agitación permite obtener tiempos de tratamientos menores, aún cuando los valores en los niveles de extracción son similares, existe una diferencia notable en los consumos de ácido que favorecen la percolación.

De la lixiviación amoniacal:

La lixiviación amoniacal por agitación, permite obtener mayores extracciones, en tiempo de tratamientos cortos, pero desde el punto de vista económico la alternativa de percolación no debe desconsiderarse, ya que involucra menores costos en equipos y menores costos en el tratamiento de soluciones por ser de mayor concentración.

R E F E R E N C I A S

- BUSTOS, A. E., Lixiviación amoniacal y extracción por solventes de cobre por alto consumo de ácido, "Universidad de Chile (1975).
- HALPERN, J., "Kinetic of the dissolution of Copper in aqueous ammonia", Journal of the Electrochemical Society, p 421-425, Oct53.

VAN ARSDALE, G., "Hidrometalurgia de los metales comunes", 1ª Edición UTEHA, México, p 11 (1965).

SHELLEY, T.R., "Sulphuric Acid and Ammoniacal Leaching of Sar Cheghmeh Oxidic Copper Ore", Arya Mehr University of Technology, Teheran, Iran, 622-775 (1955).

FRENAY J.; DIMACHE F., Lixiviation Ammoniacale et evolutions minerals giques" p 41-47, Fevrier 1979.

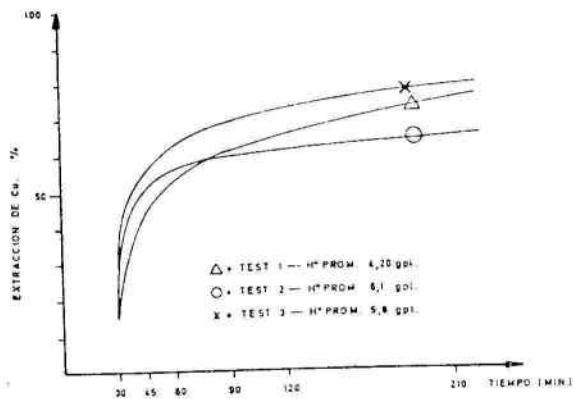


GRÁFICO N°1 — CINÉTICA DE EXTRACCIÓN DE CU. EN LIXIVIACIÓN ÁCIDA POR AGITACIÓN, PRIMERA MODALIDAD —

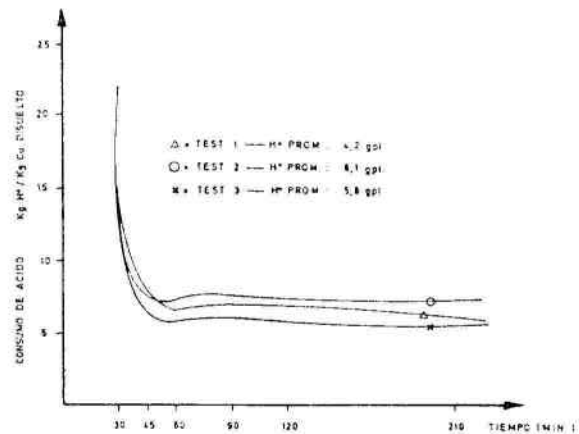


GRÁFICO N°2 — CONSUMO DE ÁCIDO VERSUS TIEMPO DE AGITACIÓN EN LIXIVIACIÓN ÁCIDA, PRIMERA MODALIDAD —

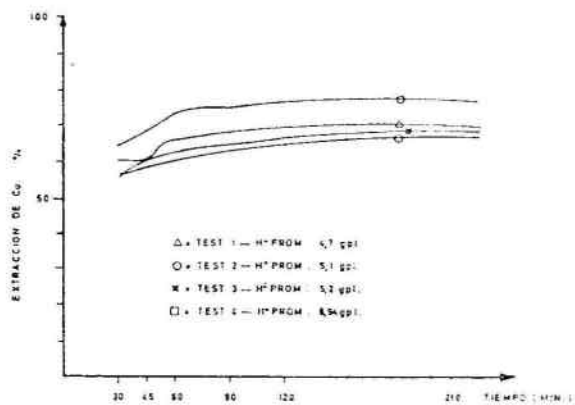


GRAFICO N.º 27 — CINÉTICA DE EXTRACCIÓN DE CU EN LIXIVIACIÓN
 ACIDA POR AGITACIÓN, SEGUNDA MODALIDAD —

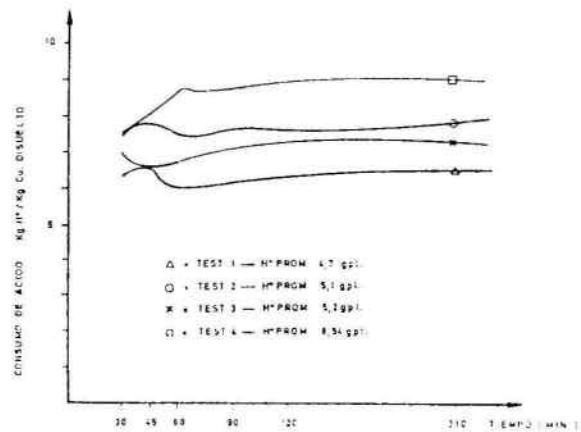


GRAFICO N.º 28 — CONSUMO DE ACIDO VERSUS TIEMPO DE AGITACIÓN
 EN LIXIVIACIÓN ACIDA, SEGUNDA MODALIDAD —

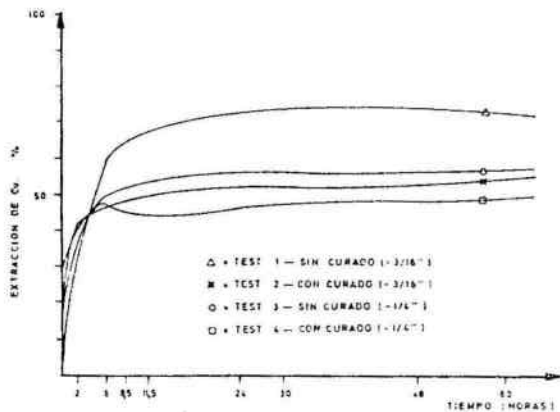


GRAFICO N°5. --- EXTRACCION DE CU EN PRUEBAS DE PERCOLACION ACIDA VERSUS TIEMPO DE TRATAMIENTO A DIFERENTES GRANULOMETRIAS. ACIDO = 1,3 VECES EL TEORICO.

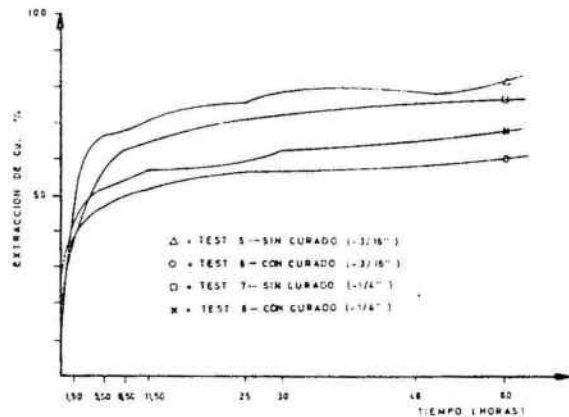


GRAFICO N°6. --- EXTRACCION DE CU EN PRUEBAS DE PERCOLACION ACIDA VERSUS TIEMPO DE TRATAMIENTO A DIFERENTES GRANULOMETRIAS. ACIDO = 2 VECES EL TEORICO.

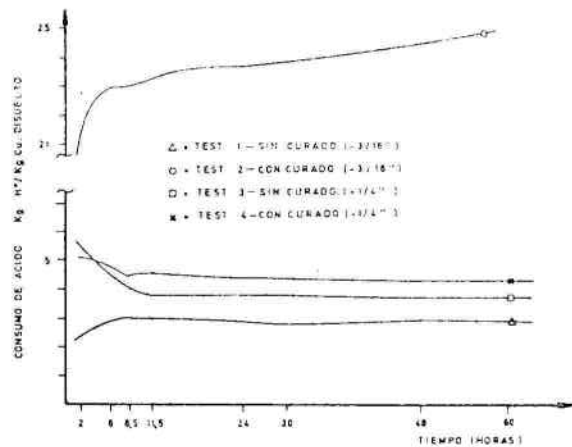


GRÁFICO N.º 1 — CONSUMO DE ACIDO EN PERCOLACION VERSUS
 TIEMPO DE TRATAMIENTO PARA DIFERENTES
 GRANULOMETRIAS ACIDO: 1.5 VECES EL TEORICO.

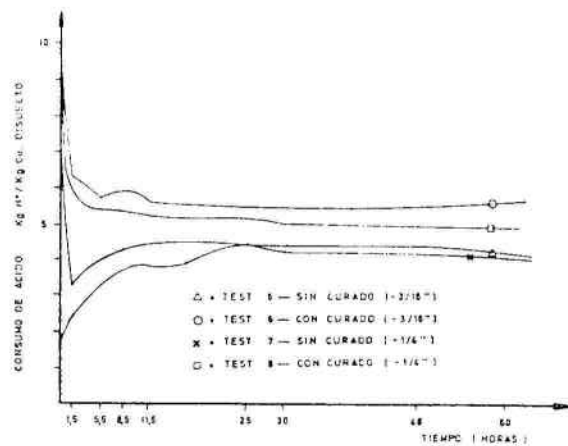


GRÁFICO N.º 2 — CONSUMO DE ACIDO EN PERCOLACION VERSUS TIEMPO
 DE TRATAMIENTO, PARA DIFERENTES GRANULOMETRIAS
 ACIDO: 2 VECES EL TEORICO.

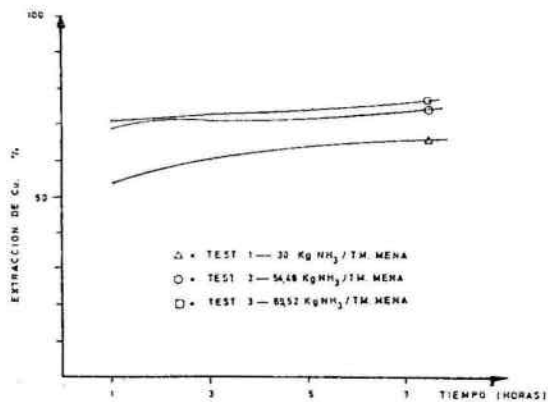


GRAFICO N°8 — EXTRACCION DE CU. VERSUS TIEMPO DE TRATAMIENTO POR AGITACION AMONICAL, PARA UNA DILUCION 1:1 Y 8187 Kg NH₃HCO₃ /TM MENA

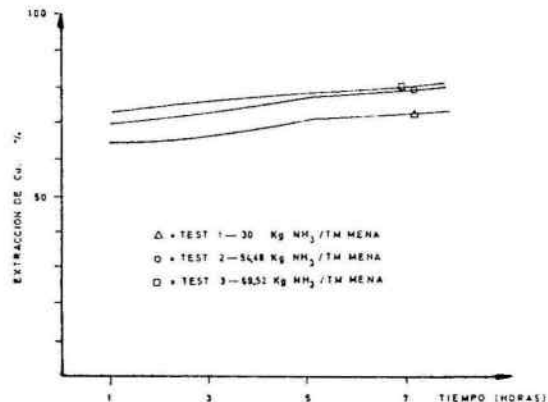


GRAFICO N°10 — EXTRACCION DE CU. VERSUS TIEMPO DE TRATAMIENTO POR AGITACION AMONICAL, PARA UNA DILUCION DE 1:1 Y 8187 Kg DE NH₃HCO₃ /TM DE MENA

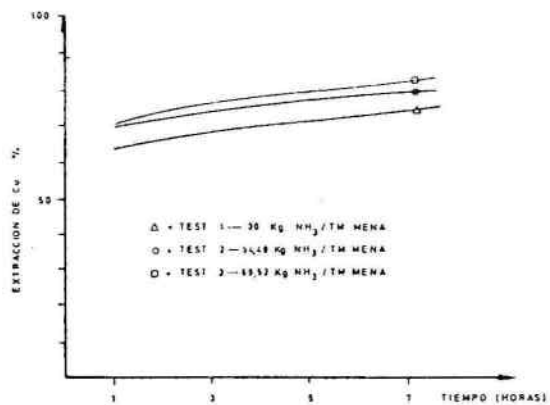


GRÁFICO N.º 11. — EXTRACCIÓN DE CU. VENSUS TIEMPO DE TRATAMIENTO POR AGITACIÓN AMONIAICAL, PARA UNA DILUCIÓN DE 5,14 Y 8,07 Kg. NH₄ HCO₃ / TM MENA.

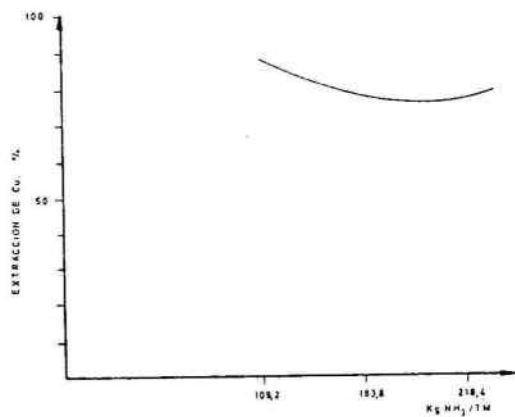


GRÁFICO N.º 12. — EFECTO DEL NH₃ SOBRE LA EXTRACCIÓN DE CU. DILUCIÓN 2,75, TIEMPO TOTAL AGITACIÓN: 7 HORAS, 81,67 Kg NH₄ HCO₃ / TM.

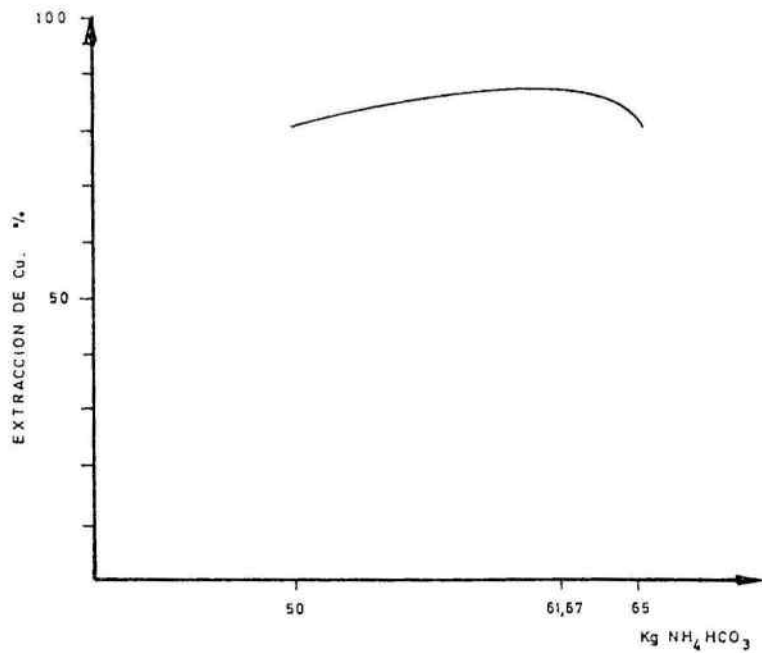


GRAFICO N°13. — EFECTO DEL NH_4HCO_3 SOBRE LA EXTRACCION DE Cu. DILUCION 3,75. TIEMPO TOTAL DE AGITACION: 7 HORAS. 109,2 Kg NH_3 / T.M. ———

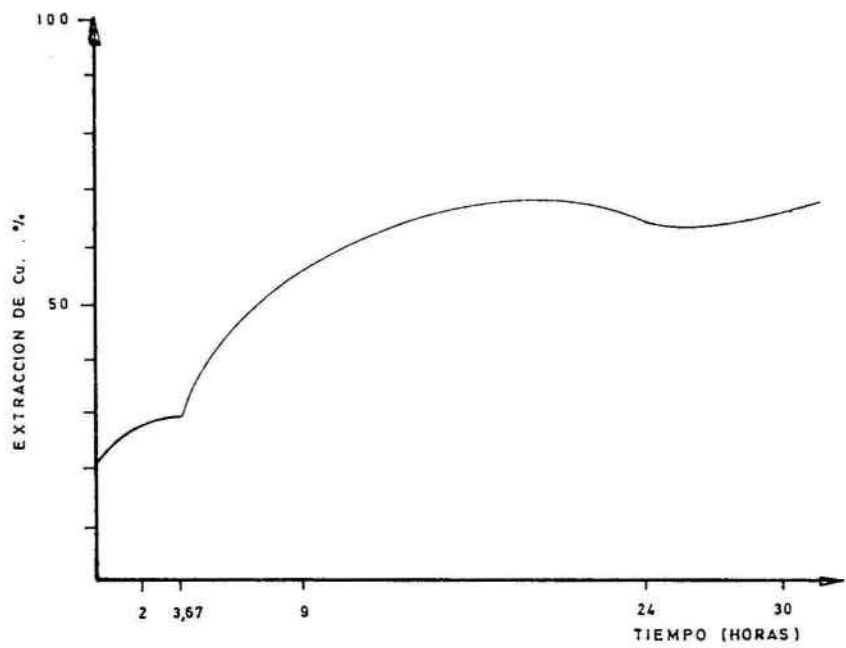


GRAFICO N°14. — EXTRACCION DE Cu. VERSUS TIEMPO, MEDIANTE PERCOLACION AMONICAL. —————