

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y
METALÚRGICA**



**LIXIVIACION DE MINERAL CARBONACEO
EMPLEANDO COMO AGENTE LIXIVIANTE
TIOSULFATO DE AMONIO**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PRESENTADO:

GILER RAFFI MENDOZA MAZA

LIMA – PERU

2009

INDICE

LIXIVIACIÓN DE MINERAL CARBONACEO EMPLEANDO COMO AGENTE LIXIVIANTE TIOSULAFO DE AMONIO

| | |
|--|----|
| AGRADECIMIENTO..... | 4 |
| RESUMEN..... | 5 |
| CAPÍTULO I. FUNDAMENTO TEORICO..... | 6 |
| CAPÍTULO II. DESARROLLO EXPERIMENTAL..... | 7 |
| 2.1 Metodología..... | 7 |
| 2.2 Muestras..... | 8 |
| 2.2.1 Características de la muestra..... | 9 |
| 2.3 Pruebas de lixiviación en botellas de mineral carbonaceo empleando como agente lixiviante tiosulafo de amonio (Proyecto Alto Chicama)..... | 10 |
| 2.3.1 Prueba inicial de lixiviación con tiosulfato de amonio..... | 11 |
| 2.3.2 Pruebas sin mineral con reactivos estabilizadores de tiosulfato de amonio..... | 12 |
| 2.3.3 Pruebas variando sulfato de amonio y sulfato de cobre..... | 13 |
| 2.3.4 Pruebas variando 4 reactivos: tiosulfato de amonio, sulfato de cobre, sulfato de amonio y metabisulfito de sodio..... | 15 |
| 2.3.5 Pruebas variando tiosulfato de amonio y sulfato de cobre..... | 17 |
| 2.3.6 Pruebas con reactivos estabilizadores de tiosulfato de amonio..... | 18 |

| | |
|---|----|
| 2.4 Pruebas de lixiviacion en columnas de mineral carbonaceo empleando como agente lixiviante tiosulfato de amonio (Proyecto Alto Chicama)..... | 20 |
| 2.4.1 Preparación de la muestra y cargado de la columna..... | 20 |
| 2.4.2 Condiciones generales de la prueba..... | 21 |
| CAPÍTULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS..... | 23 |
| CONCLUSIONES GENERALES..... | 25 |
| RECOMENDACIONES GENERALES..... | 26 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 27 |
| ANEXO 1 - ANEXOS DE LAS PRUEBAS DE BOTELLA | |
| Determinación del método de titulación..... | 29 |
| ANEXO 2 - ANEXOS DE LAS PRUEBAS DE COLUMNA | |
| Diagrama de la distribución de la muestra para las pruebas en columna..... | 31 |
| Procedimiento para la preparación de la muestra..... | 32 |
| Control de la prueba..... | 34 |
| Análisis de ICP de las muestras de residuos después de la lixiviación con tiosulfato de amonio..... | 36 |
| Gráficos de cinética de extracción de Au y Ag, pH de las soluciones percoladas, consumo de tiosulfato de amonio..... | 37 |
| Anexo de hojas de control de las columnas 58 – 67..... | 40 |

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la dicha de poder despertar en un nuevo día.

A mi Madre que está en el cielo,

Mi Padre y mis hermanos que me dan su amor y
comprensión en las decisiones que tomo.

A los amigos (as) que conocí.

A la UNI por darnos la formación de buenos profesionales.

A Minera Barrick Misquichilca – Mina Pierina, por haberme dado la oportunidad de
poder realizar la tesis.

Giler Raffi Mendoza Maza

RESUMEN

En la zona de Alto Chicama existe la presencia de oro contaminado con mineral carbonáceo, este tipo de mineral no puede ser lixiviado con cianuro de sodio, debido a que el complejo oro-cianuro formado es adsorbido por el carbón orgánico, mostrando un efecto de preg robbing; por consiguiente se busca alternativas de tratamiento, siendo una de ellas la lixiviación con tiosulfato de amonio.

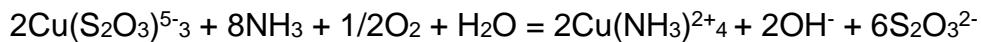
Los costos de la lixiviación con tiosulfato de amonio no pueden ser determinados en su totalidad, solo podemos considerar el costo del tiosulfato de amonio por contarse con un método de determinación del ión tiosulfato.

Se anexan gráficas de extracción de oro, consumo de tiosulfato, ICP (Inductively coupled plasma - es un tipo de espectrometría de masas que es altamente sensible y capaz de la determinación de una amplia gama de metales) de las muestras M1, M3 y M4.

CAPITULO I

FUNDAMENTO TEORICO

Este informe se basa en la recuperación del oro contaminado con mineral carbonáceo mediante la lixiviación con tiosulfato de amonio; debido a que el complejo aurotiosulfato no se adsorbe al carbón contenido en el mineral. Para catalizar la reacción del oro con el tiosulfato de amonio se necesita cobre, amonio, según las siguientes reacciones:



Adicionalmente a estas reacciones, el tiosulfato de amonio tiende a descomponerse en tritionato y tetratiónato; para evitar este efecto es que se necesita un antidegradante. El Tiosulfato tiene la habilidad para acomplejar oro y plata. El tiosulfato de amonio es relativamente no tóxico y estuvo siendo usado por muchas décadas como fertilizante. La química del proceso de disolución del oro con tiosulfato es compleja, envolviendo al tiosulfato, amonio y iones cobre, con oxígeno como agente oxidante. Los iones cobre actúan como un catalizador para la oxidación del oro, debido a que con el oxígeno solo la cinética del proceso es lenta, y los iones amonio son importantes para mantener el cobre en solución a pH alcalino. Tanto el amonio como el tiosulfato pueden formar complejos con el oro o el cobre, los aminoacidos complejos termodinámicamente son favorecidos a pH > 9 y los complejos de tiosulfato a pHs menores.

CAPITULO II

DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 Metodología

Las pruebas de lixiviación de mineral carbonaceo empleando como agente lixiviante tiosulfato de amonio se realizo en dos partes, pruebas en botellas asimismo se probó diferentes concentraciones de tiosulfato de amonio, sulfato de cobre, sulfato de amonio y estabilizadores del tiosulfato; llegando al objetivo de las pruebas:

- Recuperar la mayor cantidad de oro de un mineral carbonáceo por lixiviación con tiosulfato de amonio.
- Optimizar la concentración de Tiosulfato de amonio.y reactivos acompañantes para la lixiviación.
- Encontrar el antidegradante adecuado para el tiosulfato de amonio.

Luego de determinar la concentración óptima de dicho reactivo se realizaron las pruebas en columnas. Las pruebas se corrieron con un contenido de carbón orgánico hasta 1.5%. Cuyos objetivos son:

- Determinar la extracción de oro y plata y la cinética de lixiviación del mineral carbonáceo, empleando como agente lixiviante tiosulfato de amonio.
- Determinar el consumo del tiosulfato de amonio.
- Realizar la evaluación económica de acuerdo al consumo de tiosulfato de amonio

Las pruebas preliminares en botellas fueron realizadas para determinar las concentraciones óptimas de los reactivos, los que fueron escalados a nivel columna. Los resultados obtenidos en las pruebas de lixiviación en columnas muestran extracciones en oro superiores al 70% y en plata superiores al 30%.

2.2 Muestras

Se recibieron en Laboratorio Metalúrgico 3 tipos de muestras según el cuadro:

TABLA 2 – 1
DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

| Muestra | Roca | Mineralización |
|---------|--|--|
| M 1 | Arenisca Cuarcífera Masiva de Grano Medio | Ox Fe (<50%), Hematita, goethita y limonitas rellenando espacios abiertos fracturas y vetillas. |
| M 3 | Lutita Carbonosa Masiva | Sin Mineralización |
| M 4 | Carbonaceous Mudstone | Sin Mineralización |

2.2.1 CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

TABLA 2 - 2

ANALISIS ICP DE LAS MUESTRAS DE MINERAL DE ALTO CHICAMA MINERAL M1, M3 y M4

| Elemento Unidad | Ag ppm | Al % | As ppm | Ba ppm | Be Ppm | Bi ppm | Ca % |
|--------------------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| M1 | 3.0 | 0.15 | 102 | 38 | <0.5 | 8 | 0.02 |
| M3 | 2.1 | 3.64 | 9 | 28 | <0.5 | <5 | 0.04 |
| M4 | 0.9 | 7.48 | 51 | 34 | <0.5 | <5 | 0.01 |

| Elemento Unidad | Cd ppm | Co Ppm | Cr ppm | Cu ppm | Fe % | Ga ppm | K % |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|--------|
| M1 | <1 | 1 | 543 | 49.3 | 1.07 | <10 | 0.03 |
| M3 | <1 | <1 | 37 | 17.1 | 0.3 | 21 | 0.04 |
| M4 | <1 | 2 | 94 | 41.2 | 0.51 | 36 | 0.12 |

| Elemento Unidad | La ppm | Mg % | Mn ppm | Mo ppm | Na % | Nb ppm | Ni ppm |
|--------------------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|
| M1 | 4.1 | <0.01 | 60 | 28 | 0.01 | 5 | 20 |
| M3 | 11.6 | <0.01 | 8 | 8 | 0.05 | 8 | 5 |
| M4 | 15.9 | 0.01 | 11 | 8 | 0.08 | 9 | 8 |

| Elemento Unidad | P % | Pb Ppm | S % | Sb ppm | Sc Ppm | Sn ppm | Sr ppm |
|--------------------|--------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| M1 | <0.01 | 108 | 0.04 | 50 | 0.9 | 10 | 16.5 |
| M3 | <0.01 | 22 | 0.52 | 6 | 5.4 | <10 | 13.7 |
| M4 | 0.02 | 5 | 0.44 | <5 | 7.9 | <10 | 25.3 |

| Elemento Unidad | Ti % | Tl Ppm | V ppm | W ppm | Y ppm | Zn ppm | Zr ppm |
|--------------------|---------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| M1 | 0.06 | <2 | 7 | <10 | 1.7 | 6.5 | 21.5 |
| M3 | 0.24 | <2 | 76 | <10 | 4.1 | 13.5 | 40.3 |
| M4 | 0.31 | <2 | 78 | <10 | 4.3 | 3.4 | 30.6 |

TABLA 2 – 3
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS

| Tipo de Carbón | Au g/t | Ag g/t | % Carbón Orgánico | % Carbón Inorgánico | % Carbón Total |
|----------------|--------|--------|-------------------|---------------------|----------------|
| M1 | 1.70 | 3.00 | - | - | - |
| M3 | 0.03 | 2.10 | 38.12 | 2.62 | 40.74 |
| M4 | 0.04 | 0.90 | 1.96 | 0.04 | 1.99 |

2.3 Pruebas de lixiviación en botellas de mineral carbonaceo empleando como agente lixiviante tiosulfato de amonio (Proyecto Alto Chicama)

2.3.1 Prueba inicial de lixiviación con tiosulfato de amonio

Preparación de las muestras:

La muestra M1 se chancó a 100% - ¼ pulg, se homogenizó y se tomaron 2 kilos del mineral para las pruebas en botellas.

Condiciones de la prueba:

- Peso de la muestra M1 : 2000 gr
- Granulometría : 100% - ¼ pulg.
- Relación Líquido/Sólido : 1.5
- pH de operación : 9 a 10
- Regulador de pH : NH₄OH
- Tiempo de Lixiviación : 96 horas

TABLA 2 – 4

**CUADRO DE BOTELLAS CARGADAS CON DIFERENTES
CONCENTRACIONES DE REACTIVOS**

| Botellas | Tiosulfato de amonio g/l | Sulfato de Cobre g/l | Bisulfito de sodio g/l |
|-----------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 1 | 0.25 | 7.5 |
| 2 | 2.5 | 0.63 | 7.5 |
| 3 | 5 | 1.25 | 7.5 |
| 4 | 10 | 2.50 | 7.5 |
| 5 | 25 | 6.25 | 7.5 |
| 6 | 75 | 18.75 | 7.5 |

Resultados:

TABLA 2 – 5

**CUADRO DEL RESULTADO DE PRUEBAS EN BOTELLA POR SOLIDOS
Y LIQUIDOS**

| Tiosulfato de Amonio g/l | Cabeza Ensayada | | Residuo Ensayado | | Extracción por Líquidos | | Extracción por Sólidos | | Adición de Reactivos | |
|---------------------------------|------------------------|-----|-------------------------|-----|--------------------------------|-------|-------------------------------|-------|---------------------------------------|-----------------|
| | Au | Ag | Au | Ag | Au | Ag | Au | Ag | $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ | CuSO_4 |
| | g/t | g/t | g/t | g/t | % | % | % | % | kg/t | kg/t |
| 1 | 1.7 | 3.0 | 1.12 | 2.3 | 32.65 | 18.5 | 34.12 | 23.33 | 10.65 | 2.66 |
| 2.5 | 1.7 | 3.0 | 1.02 | 1.6 | 37.06 | 39.5 | 40.00 | 46.67 | 26.33 | 6.58 |
| 5 | 1.7 | 3.0 | 0.96 | 1.9 | 39.71 | 43.00 | 43.53 | 36.67 | 52.41 | 13.10 |
| 10 | 1.7 | 3.0 | 0.70 | 1.6 | 43.24 | 42.5 | 58.82 | 46.67 | 104.74 | 26.19 |
| 25 | 1.7 | 3.0 | 0.42 | 1.8 | 39.71 | 40.5 | 75.29 | 40.00 | 262.17 | 65.54 |
| 75 | 1.7 | 3 | 0.38 | 1.6 | 22.06 | 38 | 77.65 | 46.67 | 786.12 | 196.53 |

2.3.2 Pruebas sin mineral con reactivos estabilizadores de tiosulfato de amonio

Condiciones de la prueba:

- Volumen : 500 ml
- Concentración de Tiosulfato de amonio : 74.11g/l
- Concentración de Sulfato de cobre : 15.96g/l
- Concentración de Sulfato de amonio : 9.91g/l
- Concentración de estabilizadores : ver Tabla 2-6
- pH de operación : 9 a 10
- Regulador de pH :NaOH

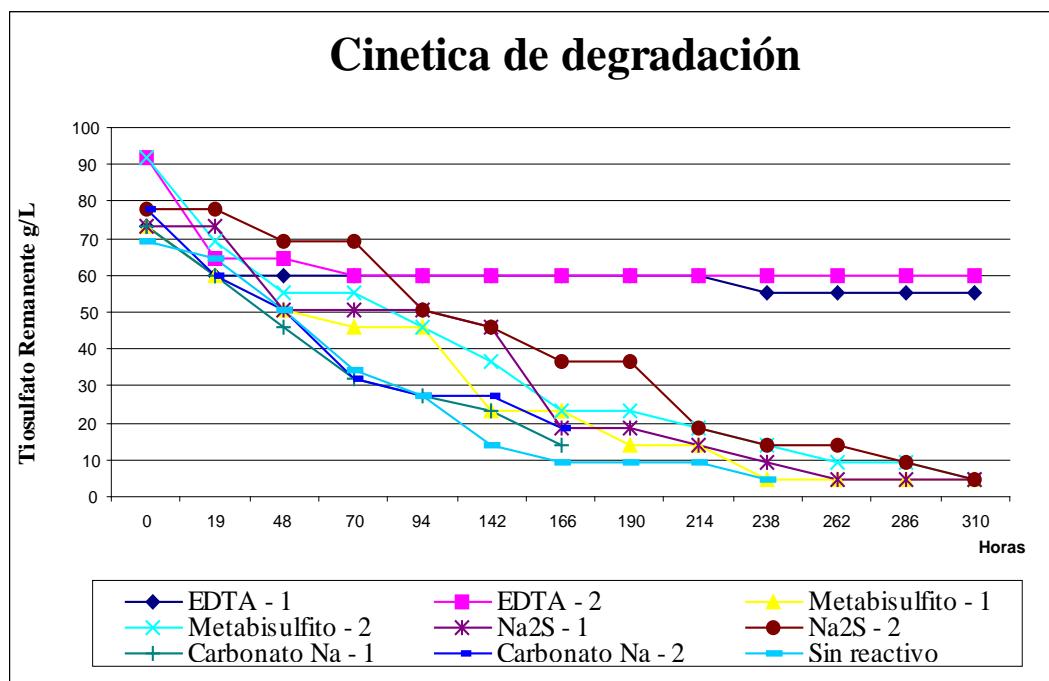
TABLA 2 – 6

CUADRO DE LAS CONCENTRACIONES

| Reactivos Estabilizadores | Concentración g/l | Tiosulfato de amonio g/l | Sulfato de Cobre g/l | Sulfato de Amonio g/l |
|---------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|
| EDTA – 1 | 13.96 | 74.11 | 15.96 | 9.91 |
| EDTA – 2 | 41.88 | 74.11 | 15.96 | 9.91 |
| Metabisulfito Na – 1 | 7.135 | 74.11 | 15.96 | 9.91 |
| Metabisulfito Na – 2 | 21.38 | 74.11 | 15.96 | 9.91 |
| Na ₂ S – 1 | 2.93 | 74.11 | 15.96 | 9.91 |
| Na ₂ S – 2 | 8.78 | 74.11 | 15.96 | 9.91 |
| Carbonato Na – 1 | 3.98 | 74.11 | 15.96 | 9.91 |
| Carbonato Na – 2 | 11.92 | 74.11 | 15.96 | 9.91 |
| Sin Reactivo | 0 | 74.11 | 15.96 | 9.91 |

GRAFICO 2 – 1

**RESULTADO DE PRUEBAS EN BOTELLA SIN MINERAL CON
REACTIVOS ESTABILIZADORES DE TIOSULFATO DE AMONIO**



2.3.3 Pruebas variando sulfato de amonio y sulfato de cobre

Tomando como referencia la bibliografía de la publicación por Elsevier Science Ltd. 2000, se consideró las concentraciones de los reactivos sugeridos.



Fotografía 01 - Botellas con mineral M1 + M3

Condiciones de la prueba

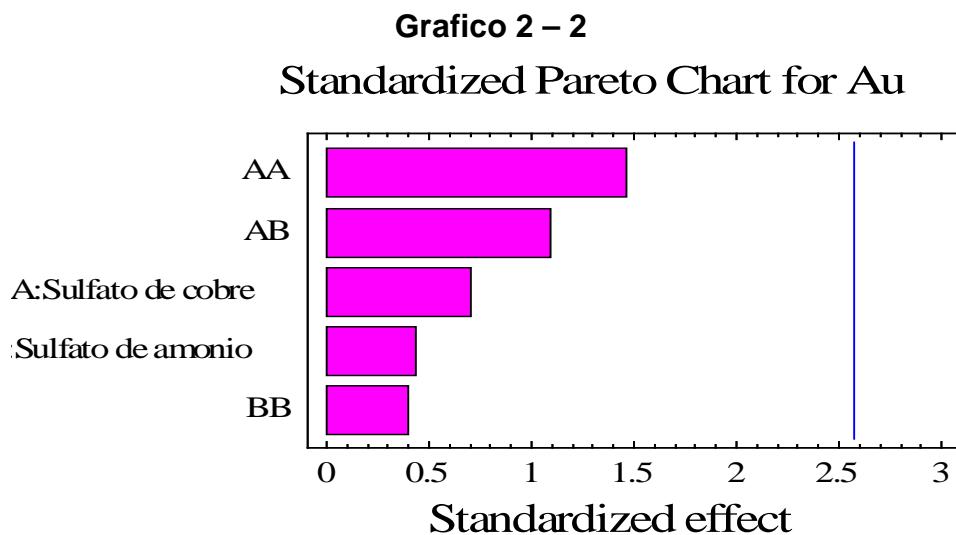
- Peso de M1 : 384gr
- Peso de M3(1.5% de TCO/Carbón total orgánico) : 16gr
- Granulometría : 100% - 200m.
- Relación Líquido/Sólido : 1.5
- pH de operación : 9 a 10
- Concentración de reactivos : ver tabla 2-7
- Regulador de pH : NaOH
- Tiempo de Lixiviación : **3 horas**

Resultados:

TABLA 2 – 7

**CUADRO DEL RESULTADO DE PRUEBAS EN BOTELLA VARIANDO
SULFATO DE AMONIO Y SULFATO DE COBRE**

| BOTELLAS | Tiosulfato de amonio g/L | Sulfato de cobre g/L | Sulfato de amonio g/L | Metabisulfito de sodio g/L | Extracción de Au % | Extracción de Ag % |
|----------|--------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 493.54 | 7.98 | 13.21 | 19.00 | 13.13 | 11.2 |
| 2 | 493.54 | 23.94 | 13.21 | 19.00 | 22.5 | 11.2 |
| 3 | 493.54 | 7.98 | 66.07 | 19.00 | 28.13 | - |
| 4 | 493.54 | 23.94 | 66.07 | 19.00 | 19.38 | - |
| 5 | 493.54 | 4.79 | 39.64 | 19.00 | 23.13 | 26.64 |
| 6 | 493.54 | 27.13 | 39.64 | 19.00 | 34.38 | 18.92 |
| 7 | 493.54 | 15.96 | 2.64 | 19.00 | 36.88 | 18.92 |
| 8 | 493.54 | 15.96 | 76.64 | 19.00 | 35.63 | 15.06 |
| 9 | 493.54 | 15.96 | 39.64 | 19.00 | 36.88 | 18.92 |
| 10 | 493.54 | 15.96 | 39.64 | 19.00 | 32.50 | 15.06 |
| 11 | 493.54 | 15.96 | 39.64 | 19.00 | 30.00 | 11.20 |



AA, BB: Mayor influencia del reactivo

A,B: Reactivo

AB: Combinación de reactivos.

2.3.4 Pruebas variando 4 reactivos: Tiosulfato de amonio, Sulfato de cobre, Sulfato de amonio y Metabisulfito de amonio

Condiciones de la prueba

- Peso de M1 : 384gr
- Peso de M3(1.5% de TCO/Carbón total orgánico) : 16gr
- Granulometría : 100% - 200m.
- Relación Líquido/Sólido : 1.5
- pH de operación : 9< pH <10
- Concentración de tiosulfato de amonio : 65.21 – 326.06 g/L
- Concentración de –Sulfato de cobre : 7.98-15.96 g/L
- Concentración de sulfato de amonio : 6.61-13.21 g/L
- Concentración de metabisulfito de sodio : 9.50-19 g/L
- Regulador de pH : NaOH
- Tiempo de Lixiviación : 24 horas

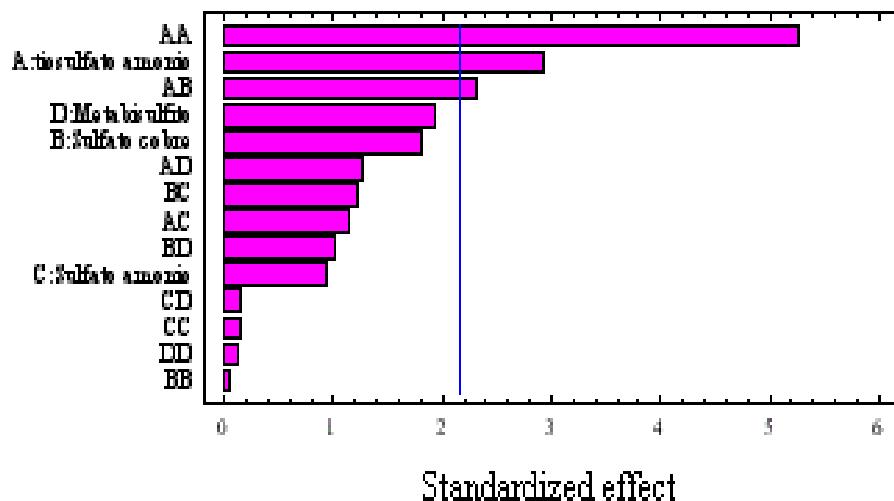
TABLA 2 – 8

**CUADRO DEL RESULTADO DE PRUEBAS EN BOTELLA VARIANDO
LOS 4 REACTIVOS**

| Botellas | Tiosulfato de Amonio g/L | Sulfato de cobre g/L | Sulfato de amonio g/L | Metabisulfito de sodio g/L | Extracción de Au % | Extracción de Ag % |
|----------|--------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 65.21 | 7.98 | 6.61 | 9.50 | 80.00 | 72.97 |
| 2 | 326.06 | 7.98 | 6.61 | 9.50 | 71.88 | 72.97 |
| 3 | 65.21 | 15.96 | 6.61 | 9.50 | 81.88 | 88.42 |
| 4 | 326.06 | 15.96 | 6.61 | 9.50 | 75.63 | 80.69 |
| 5 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 9.50 | 82.50 | 84.56 |
| 6 | 326.06 | 7.98 | 13.21 | 9.50 | 54.38 | 57.53 |
| 7 | 65.21 | 15.96 | 13.21 | 9.50 | 80.63 | 80.69 |
| 8 | 326.06 | 15.96 | 13.21 | 9.50 | 68.75 | 76.83 |
| 9 | 65.21 | 7.98 | 6.61 | 19.00 | 78.75 | 84.56 |
| 10 | 326.06 | 7.98 | 6.61 | 19.00 | 48.75 | 53.67 |
| 11 | 65.21 | 15.96 | 6.61 | 19.00 | 74.38 | 76.83 |
| 12 | 326.06 | 15.96 | 6.61 | 19.00 | 61.25 | 72.97 |
| 13 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 19.00 | 81.25 | 88.42 |
| 14 | 326.06 | 7.98 | 13.21 | 19.00 | 15.00 | 15.06 |
| 15 | 65.21 | 15.96 | 13.21 | 19.00 | 75.63 | 88.42 |
| 16 | 326.06 | 15.96 | 13.21 | 19.00 | 75.00 | 76.83 |
| 17 | 0.00 | 12.77 | 10.57 | 15.20 | 27.50 | 3.47 |
| 18 | 456.49 | 12.77 | 10.57 | 15.20 | 31.25 | 30.50 |
| 19 | 195.64 | 4.79 | 10.57 | 15.20 | 71.88 | 76.83 |
| 20 | 195.64 | 20.75 | 10.57 | 15.20 | 80.00 | 80.69 |
| 21 | 195.64 | 12.77 | 3.96 | 15.20 | 80.63 | 76.83 |
| 22 | 195.64 | 12.77 | 17.18 | 15.20 | 75.00 | 72.97 |
| 23 | 195.64 | 12.77 | 10.57 | 5.70 | 81.88 | 80.69 |
| 24 | 195.64 | 12.77 | 10.57 | 24.70 | 73.13 | 69.11 |
| 25 | 195.64 | 12.77 | 10.57 | 15.20 | 76.88 | 84.56 |
| 26 | 195.64 | 12.77 | 10.57 | 15.20 | 81.25 | 80.69 |
| 27 | 195.64 | 12.77 | 10.57 | 15.20 | 78.13 | 72.97 |
| 28 | 195.64 | 12.77 | 10.57 | 15.20 | 80.00 | 80.69 |

Resultados:

Grafico 2 - 3
Standardized Pareto Chart for Au



AA, DD,CC,BB: Mayor influencia del reactivo

A,B,C,D: Reactivo

AB,AD, BC,AC,BD,CD: Combinación de reactivos.

2.3.5 Pruebas variando tiosulfato de amonio y sulfato de cobre

Condiciones de la prueba

- Peso de M1 : 384gr
- Peso de M3(1.5% de TCO/Carbón total orgánico) : 16gr
- Granulometría : 100% - 200m.
- Relación Líquido / sólido : 1.5
- pH de operación : 9 a 10
- Concentración de reactivos : ver Tabla 2-9
- Regulador de pH : NaOH
- Tiempo de Lixiviación : 48 horas

Resultados

TABLA 2 – 9
CUADRO DEL RESULTADO DE PRUEBAS EN BOTELLA
VARIANDO TIOSULFATO DE AMONIO Y SULFATO DE COBRE

| Botellas | Tiosulfato de Amonio g/l | Sulfato de cobre g/l | Sulfato de amonio g/l | Metabisulfito de sodio g/l | Extracción de Au % | Extracción de Ag % |
|-----------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 163.03 | 15.96 | 10.57 | 15.20 | 81.25 | 57.53 |
| 2 | 228.24 | 15.96 | 10.57 | 15.20 | 81.25 | 57.53 |
| 3 | 163.03 | 31.92 | 10.57 | 15.20 | 82.50 | 57.53 |
| 4 | 228.24 | 31.92 | 10.57 | 15.20 | 82.50 | 57.53 |
| 5 | 149.69 | 23.94 | 10.57 | 15.20 | 82.50 | 45.95 |
| 6 | 241.58 | 23.94 | 10.57 | 15.20 | 82.50 | 61.39 |
| 7 | 195.64 | 12.77 | 10.57 | 15.20 | 79.38 | 53.67 |
| 8 | 195.64 | 35.11 | 10.57 | 15.20 | 83.75 | 57.53 |
| 9 | 195.64 | 23.94 | 10.57 | 15.20 | 80.00 | 57.53 |
| 10 | 195.64 | 23.94 | 10.57 | 15.20 | 79.38 | 65.25 |
| 11 | 195.64 | 23.94 | 10.57 | 15.20 | 79.38 | 57.53 |
| 12 | 195.64 | 23.94 | 10.57 | 15.20 | 80.63 | 53.67 |

2.3.6 Pruebas con reactivos estabilizadores de tiosulfato de amonio

Condiciones de la prueba

- Peso de M1 : 384gr
- Peso de M3(1.5% de TCO/Carbón total orgánico) : 16gr
- Granulometría : 100% - 200m
- Relación Líquido/Sólido : 1.5
- pH de operación : 9 a 10

- Concentración de reactivos : ver Tabla 2-10
- Regulador de pH : NaOH
- Tiempo de Lixiviación : 48 horas

Resultados

TABLA 2 – 10

**CUADRO DEL RESULTADOS DE PRUEBAS EN BOTELLAS
CON REACTIVOS ESTABILIZADORES DE TIOSULFATO DE
AMONIO**

| BOTELLAS | Reactivos Antidegradantes | Conc. g / l | Tiosulfato de Amonio g / l | Sulfato de cobre g / l | Sulfato de amonio g / l | Extrac. Au % | Extrac. Ag % |
|----------|---------------------------|-------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|--------------|
| 1 | Carbonato Na | 3.18 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 81.25 | 84.56 |
| 2 | Carbonato Na | 5.30 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 83.13 | 69.11 |
| 3 | Carbonato Na | 15.90 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 83.13 | 72.97 |
| 4 | EDTA | 11.17 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 80.63 | 76.83 |
| 5 | EDTA | 18.61 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 48.75 | 69.11 |
| 6 | EDTA | 55.84 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 41.25 | 69.11 |
| 7 | Metabisulfito | 5.70 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 82.50 | 76.83 |
| 8 | Metabisulfito | 9.50 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 81.88 | 72.97 |
| 9 | Metabisulfito | 28.50 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 83.13 | 88.42 |
| 10 | Na ₂ S | 2.34 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 81.25 | 57.53 |
| 11 | Na ₂ S | 3.90 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 72.50 | 22.78 |
| 12 | Na ₂ S | 11.70 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 63.13 | 18.92 |
| 13 | Sin reactivo | 0.00 | 65.21 | 7.98 | 13.21 | 81.88 | 69.11 |
| 14 | Sin reactivo | 0.00 | 65.21 | 7.98 | 0.00 | 57.50 | 72.97 |

2.4 Pruebas de lixiviación en columnas de mineral carbonaceo empleando como agente lixivante tiosulfato de amonio (Proyecto Alto Chicama).

2.4.1 Preparación de la muestra y cargado de columna

La preparación de la muestra se observa en el anexo pruebas de columna. El cargado de las 10 columnas se realizó en las proporciones indicadas en la Tabla 2 -11. Las características del mineral y los tipos de carbón se muestran en la Tabla 2-1 y 2 – 3 respectivamente.

TABLA 2 - 11
CARGADO DE COLUMNAS

| Columna | M1 kg | M3 Kg | M4 kg | % Carbón Orgánico | % TCM |
|---------|----------|----------|----------|-------------------------|----------|
| 58 | 279.63 | 0.37 | - | 0.05 | 0.053 |
| 59 | 279.27 | 0.73 | - | 0.10 | 0.107 |
| 60 | 274.49 | 5.51 | - | 0.75 | 0.801 |
| 61 | 268.98 | 11.02 | - | 1.50 | 1.603 |
| 62 | 272.86 | - | 7.14 | 0.05 | 0.051 |
| 63 | 265.71 | - | 14.29 | 0.10 | 0.102 |
| 64 | 172.86 | - | 107.14 | 0.75 | 0.763 |
| 65 | 65.71 | - | 214.29 | 1.50 | 1.527 |
| 66 | 280.00 | - | - | - | - |
| 67 | 280.00 | - | - | - | - |

2.4.2 Condiciones generales de la prueba

El procedimiento empleado para la preparación del mineral, el acondicionamiento y la descarga de las columnas y el procedimiento para el control de las columnas se muestran en el anexo pruebas de columna. El proceso de lixiviación se realizó en circuito abierto. En las columnas 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65 y 66 se empleó como solución lixiviante tiosulfato de amonio, hidróxido de sodio para regular el pH y reactivos acompañantes en las concentraciones siguientes:

- Tiosulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$: 65.21 g/l
- Metabisulfito de sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$: 30.8 g/l
- Sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: 13.21 g/l
- Sulfato de cobre CuSO_4 : 7.98 g/l
- Hidróxido de sodio NaOH : 18.8 g/l

En la columna 67 se usó como solución lixiviante cianuro de sodio y como regulador de pH óxido de calcio. Concentración de cianuro 500ppm. Las demás condiciones fueron similares en todas las columnas según lo siguiente:

Densidad de riego : 10 lt-hr/m²

Volumen de riego : 14.36 lt

Tiempo de lixiviación : 62 días

Tiempo de lavado : 3 días

pH columnas 58-66 : entre 9 y 10

pH columna 67 : >=10.5

2.4.3 RESULTADOS

En la tabla 2-12 se muestra las extracciones por sólidos del oro y la plata, los miligramos retenidos de oro por el carbón en las 8 columnas que contenían carbón M3 y M4 y el costo por tonelada de mineral tratado del tiosulfato de amonio (60% p/p) y del cianuro de sodio.

TABLA 2 - 12
RESULTADO DE LAS PRUEBAS EN COLUMNA

| COLUMNAS | % | PESO DE MUESTRA kg | CABEZA EN AVADA g/t | | RESIDUO g/t | | EXTRACCION POR SÓLIDOS % | | mg de Au retenidos por el carbón | CONSUMO DE REACTIVOS kg/t min | costo \$/t mineral |
|----------|---------|--------------------|---------------------|---------|-------------|------|--------------------------|-------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| | | | CARBÓN ORGÁNICO | Mineral | Carbón | Au | A _g | Au | | | |
| 58 | 0.05 | 277.62 | 0.35 | 1.70 | 3.00 | 0.38 | 1.80 | 77.62 | 39.98 | 9.42 | 108.90 |
| 59 | 0.10 | 277.26 | 0.69 | 1.81 | 3.30 | 0.42 | 2.00 | 76.74 | 39.34 | 14.42 | 64.78 |
| 60 | 0.75 | 272.51 | 5.18 | 1.91 | 3.18 | 0.46 | 1.80 | 75.96 | 43.39 | 19.07 | 39.66 |
| 61 | 1.50 | 267.04 | 10.37 | 1.56 | 2.77 | 0.39 | 1.80 | 74.99 | 35.11 | 19.27 | 69.85 |
| 62 | 0.05 | 270.90 | 6.99 | 1.72 | 3.04 | 0.37 | 2.00 | 78.45 | 34.31 | 5.45 | 97.97 |
| 63 | 0.10 | 263.80 | 13.94 | 1.68 | 3.18 | 0.37 | 1.70 | 78.02 | 46.53 | 7.11 | 36.24 |
| 64 | 0.75 | 171.62 | 104.92 | 1.01 | 2.33 | 0.25 | 1.20 | 75.35 | 48.44 | 7.60 | 43.87 |
| 65 | 1.50 | 65.24 | 209.85 | 0.42 | 1.40 | 0.12 | 0.70 | 71.39 | 49.93 | 2.94 | 32.59 |
| 66 | M1 | 0.00 | 277.98 | 0.00 | 1.57 | 2.60 | 0.32 | 1.80 | 79.62 | 30.77 | 112.85 |
| 67 | M1 NaCN | 0.00 | 277.98 | 0.00 | 1.80 | 3.20 | 0.20 | 2.00 | 88.89 | 37.50 | - |
| | | | | | | | | | | 0.64 | 0.63 |

* Precio de Tiosulfato de amonio al 60%. \$200/t

** Precio de Cianuro de sodio: \$980/t

CAPITULO III

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

1. De las Pruebas en botella:

- Se uso método de titulación del ion tiosulfato.(Ver anexo pruebas de botella).
- Se realizaron pruebas con y sin mineral probando diferentes reactivos estabilizadores de tiosulfato concluyendo el metabisulfito de sodio.
- Se uso el Staticgraphics como ayuda para designar aleatoriamente la concentración para los diferentes reactivos y también observar los reactivos influyentes en cada prueba y así seguir avanzando a nuestro objetivo.
- La extracción de oro para estas condiciones fue de 82.50%.
- Se llego a las concentraciones optimas para realizar las pruebas en botella:
 - Tiosulfato de amonio: 65.21g/L
 - Sulfato de Cobre :7.98g/L
 - Sulfato de amonio : 13.21g/L

2. De las Pruebas en columna

- Las extracciones por sólidos de oro en las columnas con diferentes porcentajes de carbón se dan en forma inversamente proporcional al contenido de carbón.
- Las extracciones de oro en las columnas con porcentaje de carbón M4 menor a 0.10% de carbón orgánico son mayores que las presentadas en las columnas con mezcla de carbón M3.
- La extracción de oro en la columna sin contenido de carbón fue de 79.62% superior a todas las extracciones obtenidas en las columnas con contenido con carbón.

CONCLUSIONES GENERALES

- En las pruebas en botella se logró encontrar las concentraciones óptimas de los reactivos y el antidegradante de tiosulfato de amonio adecuado (metabisulfito).
- De las pruebas en columna se realizo la curva de la cinética de extracción de oro y plata.

RECOMENDACIONES GENERALES

- Realizar pruebas a nivel botellas para poder analizar el efecto de nuevas variables que aún no han sido evaluadas como el potencial y el pH; lo que podría traer como consecuencia directa el aumento en la extracción del oro, debido a que con un potencial adecuado el complejo oro-tiosulfato es más estable y disminuiría el consumo de tiosulfato mas reactivos acompañantes.
- Buscar métodos para la determinación de cobre y amonio y así poder realizar pruebas en columna en circuito cerrado empleando resinas de intercambio iónico para adsorber el oro extraído y luego recircular la solución barren después de un previo ajuste en la concentración de la solución de riego.
- Realizar pruebas de recuperación de oro y plata de las soluciones de tiosulfato e investigar sobre métodos de destrucción de tiosulfato.

BIBLIOGRAFIA

1. Ammonium Thiosulfate Leaching of Gold

Patrick Braun – Newmont Gold Company 1994

2. Lixiviación de Mineral Oxidado de Oro - Cobre con Tiosulfato de Amonio

Universidad Federal de Minas Gerais – Brasil 2004

3. Precious Metals: Mining, Extraction and Processing

Kudryk, D. A. Corrigan and W. W. Liang - 1984

ANEXO 1:
ANEXOS DE LAS
PRUEBAS EN BOTELLA

DETERMINACION DEL METODO DE TITULACION:

1. Pipetear 3.00 ml de la muestra dentro de un erlenmeyer de 250 ml .
2. Adicionar 5 ml de solución de formaldehido a 37.5%.
3. Adicionar 3 a 4 gotas del indicador de fenoltaleina.
 - a. Si la solución es Rosado, titular con acido sulfúrico a 1.0 N hasta incolora.
 - b. Si la solución es incolora, titular con hidróxido de sodio a 1.0 N hasta quedar ligeramente rosado.
4. Dejar la solución reposar por dos minutos.
5. Adicionar 10 ml de acido acético a 2.0 N.
6. Adicionar 5 ml de sulfato de zinc a 50 g/L.

Titulación:

1. Adicionar 5 ml del indicador de almidón a la muestra.
2. Titular con Yodo estándar a 0.1N hasta obtener la primera coloración azul.

Cálculos:

Ión Tiosulfato de amonio g/L =

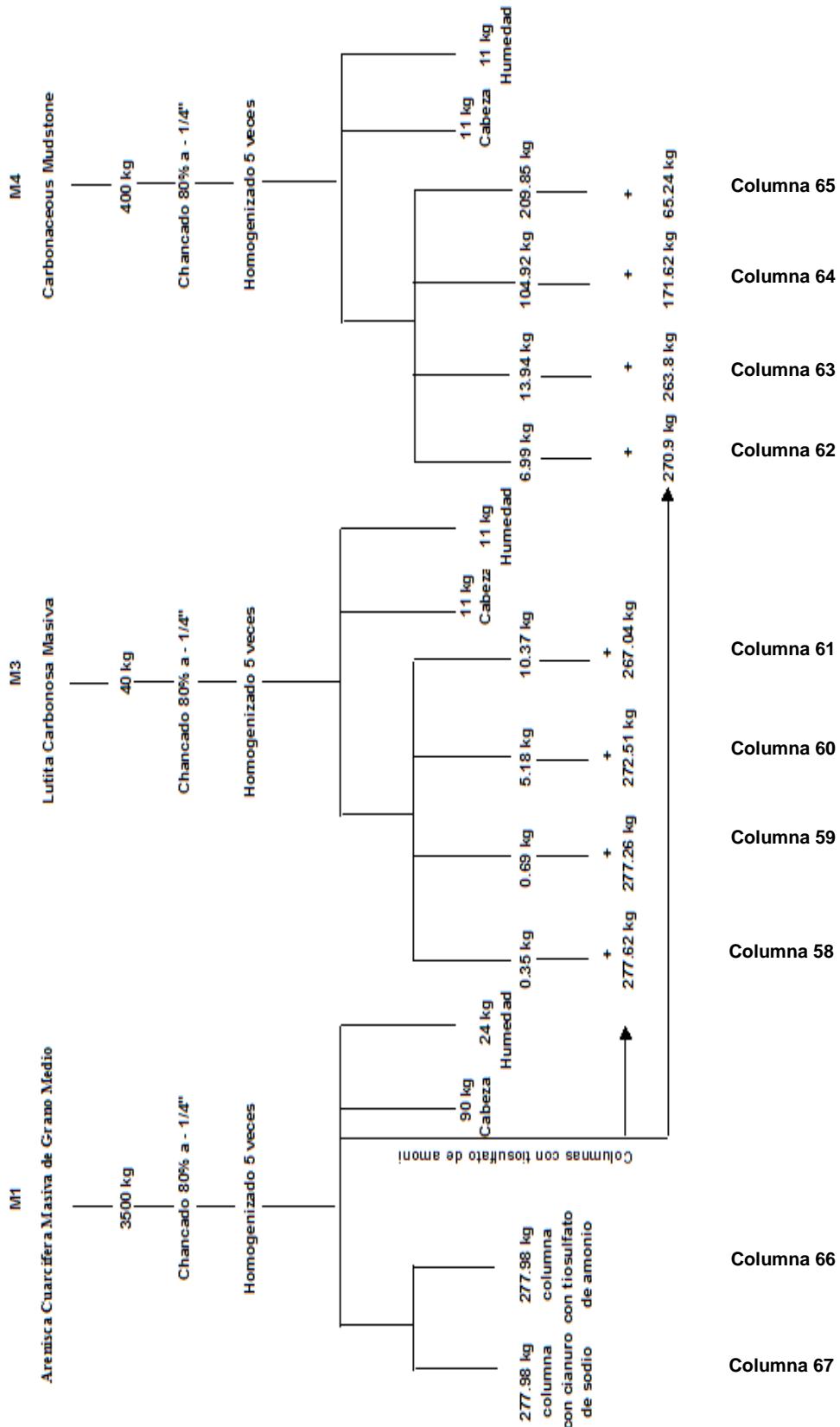
$S_2O_3^-$ g//L

$(Gasto\ de\ Yodo)(Conc.\ Yodo)[\ | [PM(S_2O_3)] =$
 $(ml\ muestra)$

$(Gasto\ de\ Yodo)(0.1N)(112) =$
 (3.00)

ANEXO 2:
ANEXOS DE LAS
PRUEBAS EN COLUMNA

DIAGRAMA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRAPARA LAS PRUEBAS EN COLUMNAS



PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- Calcular la cantidad de mineral a ensayar por columna, multiplicando el volumen de la columna por la densidad aparente del mineral.
- Homogenizar la muestra siguiendo los siguientes pasos: Formar un cono con la muestra, con ayuda de una pala llevar el mineral a otro lado formando un nuevo cono, colocar el mineral al centro del nuevo cono una y otra vez, repetir este paso cinco veces.
- Luego, dividir en cuatro partes iguales, tomar los lados opuestos de este cono y formar un nuevo cono, cuidar de no mezclar con el resto, repetir este paso un mínimo de cinco veces (este número de homogenizaciones dependerá de la cantidad de mineral a tratar).
- Terminada la homogenización, proceder a cuartear la muestra en partes iguales (4, 6, 8 etc.) de acuerdo al número de columnas a ensayar. Colectar la cantidad de mineral necesaria para cada columna (tomar siempre de los frentes opuestos). Colectar también una muestra para análisis de cabeza, análisis de malla y humedad.

ACONDICIONAMIENTO:

- Pesar la muestra en la balanza y cargarla a la columna, tener cuidado de que no segregue el mineral
- Determinar la humedad del mineral.
- Determinar el ratio de cal (de acuerdo al pH del mineral).
- Calcular el flujo de riego y el volumen.

DESCARGA:

- Al término del ciclo de lixiviación dejar drenando la columna durante cuatro días hasta que deje de percolar solución.
- Proceder a lavar durante 3 días con una solución alcalina (considerando el mismo volumen y flujo usado con la solución de riego); dejar drenando durante algunos días.
- Descargar la columna sobre un liner y se dejar secar los ripios.
- Proceder a homogenizar y cuartear para obtener una muestra representativa. Esta servirá para hallar la ley en el residuo.

CONTROL DE LA PRUEBA**PREPARACION DE LA SOLUCION DE RIEGO**

- 1) Pesar los reactivos en las siguientes cantidades:
 - a) Tiosulfato de Amonio = 1.56 kg.
 - b) Sulfato de cobre = 114.6 g.
 - c) Sulfato de Amonio = 189.75 g.
 - d) Metabisulfito de sodio = 409.26 g.
 - e) Hidróxido de sodio en escamas = 250 g.
- 2) Preparar la solución de riego considerando el siguiente orden de adición de reactivos:
 - a) Colocar el balde en la balanza, tarar la balanza, añadir 1.56 kg de solución de tiosulfato de amonio al 60%, el sulfato de cobre, sulfato de amonio, metabisulfito de sodio, luego agregar una cantidad de agua y el hidróxido de sodio, finalmente adicionar agua hasta alcanzar el peso requerido.
 - b) Agitar bien la solución con una varilla hasta que todos los reactivos se hayan disuelto completamente.
 - c) Tomar 10 ml de muestra en un tubo de ensayo por columna, para determinar pH y concentración de tiosulfato en la solución de riego.
 - d) Iniciar el riego de cada columna ajustando el flujo de riego a 10ml/min.

Nota: Verificar en el transcurso del tiempo de regado, las mangueras ya que se pueden obstruir o romper debido a la fricción de la bomba peristáltica.

- e) Concluidas las 24 horas de riego pesar cada uno de los baldes de solución percolada y anotar este peso en las hojas de control para cada columna.
- f) Tomar muestra por columna, para determinar Au, Ag por AA, pH y concentración de tiosulfato en la solución percolada.
- g) Preparar nuevamente la solución de riego y repetir los pasos arriba descritos.
- h) Colectar solución percolada hasta que los reportes de ley de Au sean menores a 0.03 ppm, momento en el cual se corta el riego de las columnas.

**ANALISIS ICP DE LAS MUESTRAS DE RESIDUOS DESPUÉS DE LA LIXIVIACIÓN CON TIOSULFATO DE AMONIO DE
MINERAL DE ALTO CHICAMA**

| Elemento | Ag | Al | As | Ba | Be | Bi | Ca | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Ga | K | La | Mg | Mn | Mo | Na | Nb | Ni |
|----------|-----|------|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|-------|-----|-----|------|-----|----|
| Unidad | ppm | % | ppm | ppm | ppm | ppm | % | ppm | ppm | ppm | ppm | % | ppm | % | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | |
| COL 58 | 2.4 | 0.2 | 72 | 38 | -0.5 | 19 | 0.04 | -1 | 1 | 288 | 80.8 | 0.83 | -10 | 0.04 | 3.1 | 0.01 | 49 | 19 | 0.03 | 4 | 13 |
| COL 59 | 2.3 | 0.23 | 122 | 45 | -0.5 | 13 | 0.05 | -1 | -1 | 281 | 106 | 1.09 | -10 | 0.04 | 3.2 | 0.01 | 69 | 20 | 0.03 | 4 | 13 |
| COL 60 | 2.2 | 0.28 | 113 | 42 | -0.5 | 17 | 0.05 | -1 | 2 | 389 | 131 | 1.08 | -10 | 0.04 | 3.4 | 0.01 | 70 | 30 | 0.04 | 4 | 18 |
| COL 61 | 1.8 | 0.28 | 82 | 37 | -0.5 | 14 | 0.05 | -1 | 2 | 271 | 157 | 0.88 | -10 | 0.03 | 3.7 | 0.01 | 57 | 25 | 0.04 | 2 | 17 |
| COL 62 | 2.3 | 0.35 | 80 | 39 | -0.5 | 17 | 0.05 | -1 | -1 | 323 | 98.7 | 0.91 | -10 | 0.04 | 3.4 | 0.01 | 57 | 24 | 0.03 | 3 | 16 |
| COL 63 | 2.1 | 0.49 | 99 | 40 | -0.5 | 14 | 0.04 | -1 | 1 | 385 | 81.9 | 0.98 | -10 | 0.04 | 3.2 | 0.01 | 60 | 29 | 0.04 | 3 | 16 |
| COL 64 | 1.5 | 2.63 | 60 | 34 | -0.5 | 10 | 0.05 | -1 | 1 | 319 | 142 | 0.79 | 14 | 0.08 | 6.7 | 0.01 | 49 | 25 | 0.1 | 6 | 18 |
| COL 65 | 0.6 | 5.58 | 64 | 39 | -0.5 | 8 | 0.07 | -1 | -1 | 286 | 184 | 0.63 | 23 | 0.1 | 10.4 | 0.02 | 37 | 20 | 0.17 | 6 | 16 |
| COL 66 | 1.9 | 0.18 | 69 | 36 | -0.5 | 16 | 0.04 | -1 | 2 | 287 | 70.5 | 0.79 | -10 | 0.03 | 3.1 | -0.01 | 45 | 21 | 0.03 | 3 | 12 |
| COL 67 | 2 | 0.2 | 107 | 42 | -0.5 | 15 | 0.08 | -1 | -1 | 301 | 51.4 | 0.99 | -10 | 0.04 | 2.2 | 0.01 | 63 | 22 | 0.03 | 2 | 13 |

| Elemento | P | Pb | S | Sb | Sc | Sn | Sr | Ti | Tl | V | W | Y | Zn | Zr | S_Total | SO4= | S= | C_Total | C_J | C_R |
|----------|-------|-----|------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|---------|------|-------|---------|------|------|
| Unidad | % | ppm | % | ppm | ppm | ppm | ppm | % | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | % | % | % |
| COL 58 | -0.01 | 95 | 0.05 | 51 | 0.8 | 13 | 17.4 | 0.05 | -2 | 6 | -10 | 1.2 | 25 | 16 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.05 | 0.02 | 0.03 |
| COL 59 | -0.01 | 152 | 0.06 | 70 | 0.8 | 10 | 19.9 | 0.04 | -2 | 7 | -10 | 1.4 | 32 | 15.2 | 0.06 | 0.04 | 0.02 | 0.12 | 0.02 | 0.1 |
| COL 60 | -0.01 | 136 | 0.07 | 65 | 0.8 | 18 | 20.4 | 0.05 | -2 | 9 | -10 | 1.4 | 31.4 | 14.5 | 0.08 | 0.04 | 0.04 | 0.58 | 0.03 | 0.55 |
| COL 61 | -0.01 | 86 | 0.07 | 39 | 0.8 | 10 | 17.5 | 0.04 | -2 | 7 | -10 | 1.3 | 29.5 | 17.7 | 0.09 | 0.04 | 0.05 | 1.04 | 0.03 | 1.01 |
| COL 62 | -0.01 | 82 | 0.07 | 48 | 0.8 | 11 | 18.1 | 0.05 | -2 | 8 | -10 | 1.3 | 30.8 | 14 | 0.07 | 0.04 | 0.03 | 0.07 | 0.02 | 0.05 |
| COL 63 | -0.01 | 122 | 0.06 | 46 | 0.9 | -10 | 18.7 | 0.05 | -2 | 9 | -10 | 1.3 | 26.7 | 14 | 0.07 | 0.04 | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.06 |
| COL 64 | 0.01 | 56 | 0.19 | 30 | 3 | 16 | 19.4 | 0.13 | -2 | 30 | -10 | 2.3 | 28.3 | 23.4 | 0.22 | 0.05 | 0.17 | 0.62 | 0.03 | 0.59 |
| COL 65 | 0.02 | 35 | 0.41 | 12 | 5.7 | 14 | 23 | 0.22 | -2 | 60 | -10 | 3.4 | 28.3 | 31.8 | 0.43 | 0.07 | 0.36 | 1.34 | 0.06 | 1.28 |
| COL 66 | -0.01 | 76 | 0.04 | 51 | 0.7 | -10 | 16.6 | 0.04 | -2 | 6 | -10 | 1.1 | 28.4 | 14.1 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.01 |
| COL 67 | -0.01 | 113 | 0.05 | 62 | 0.8 | 16 | 17.9 | 0.04 | -2 | 7 | -10 | 1.1 | 29.7 | 13.9 | 0.04 | 0.04 | -0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.03 |

Grafico 2 - 4
Cinética de Extracción de Oro

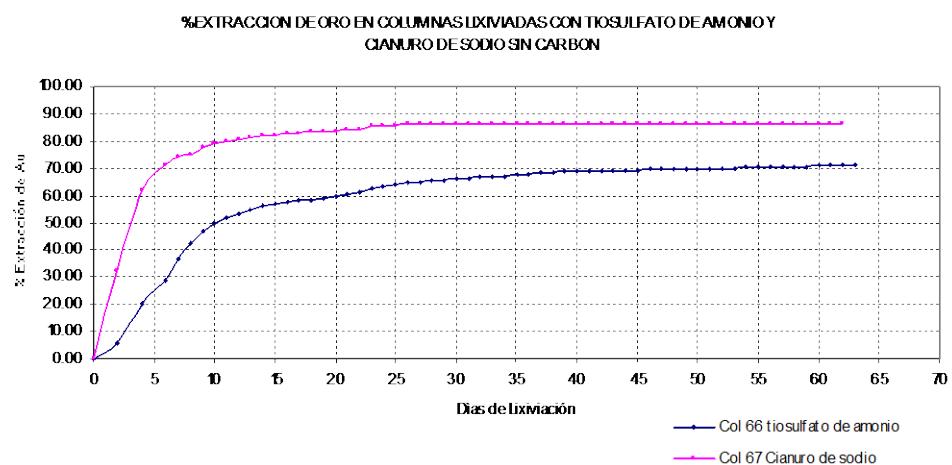
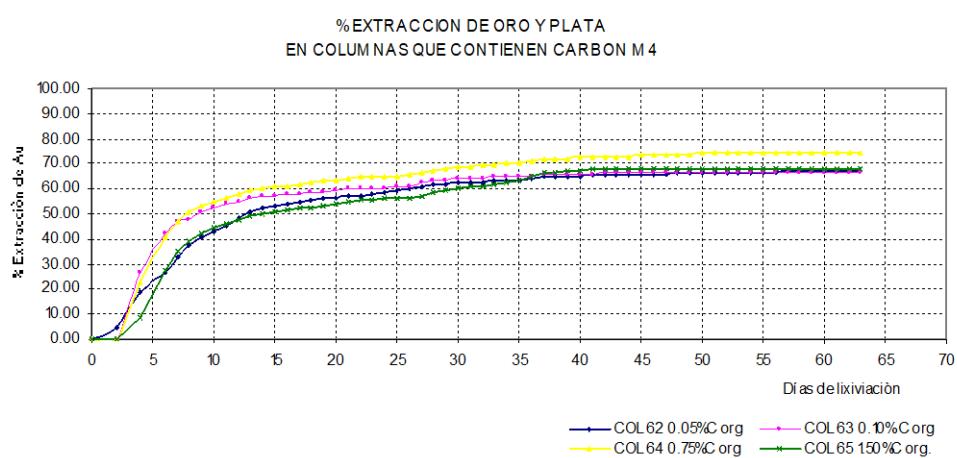
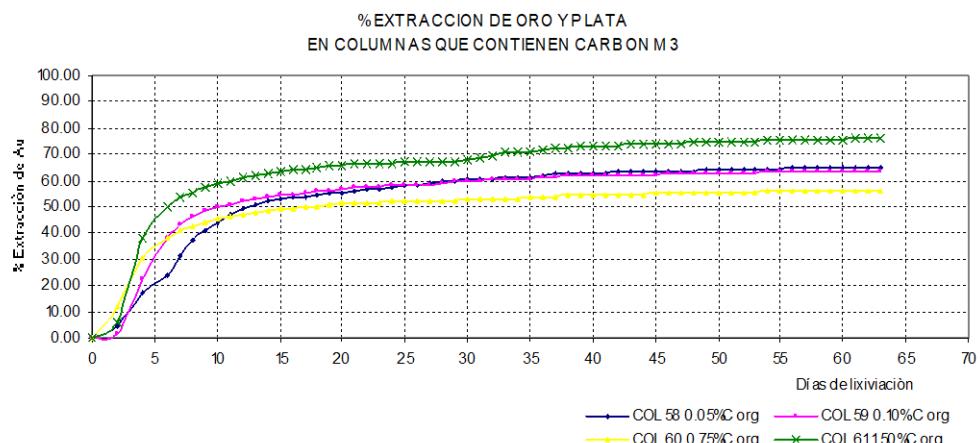


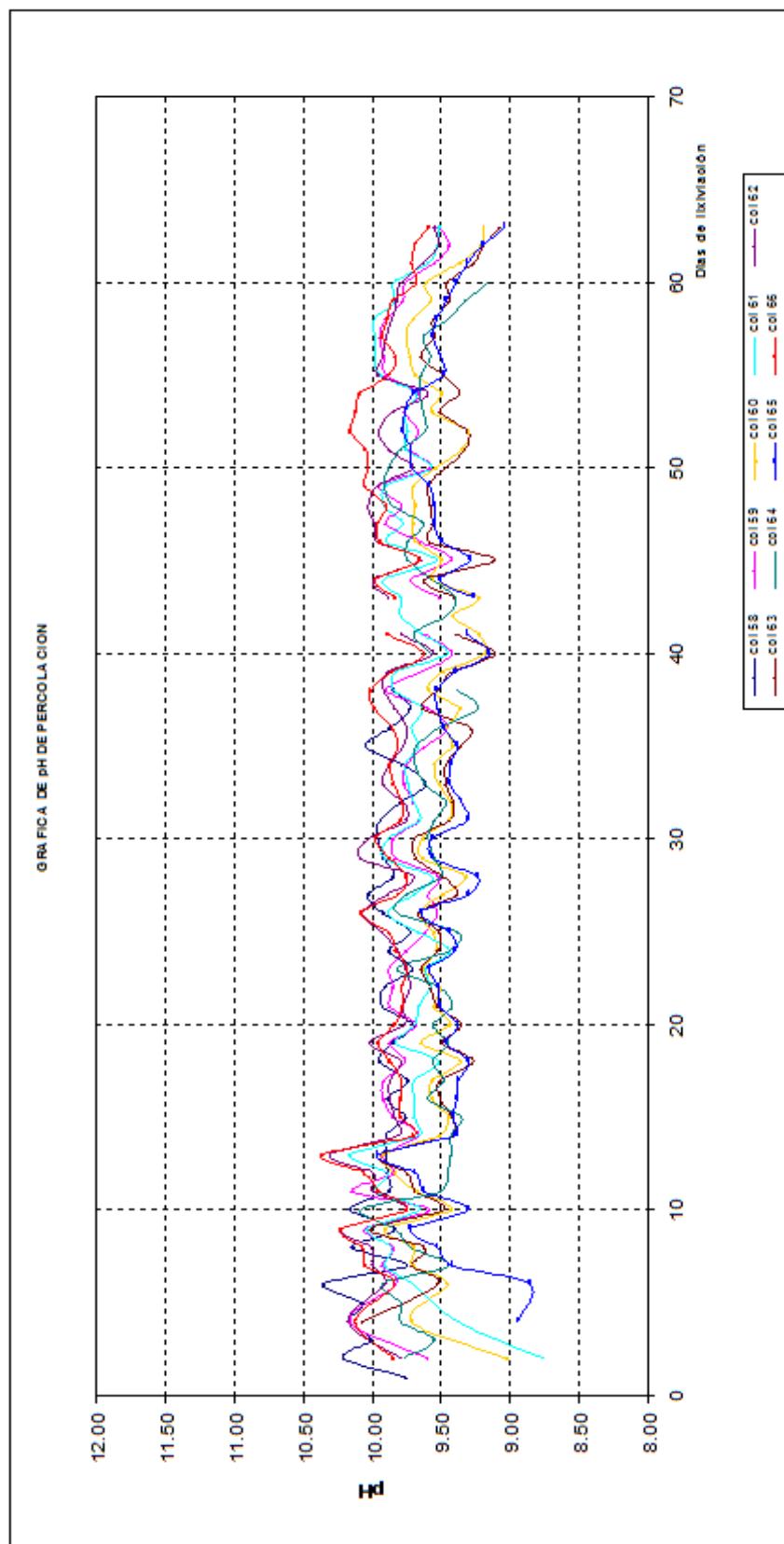
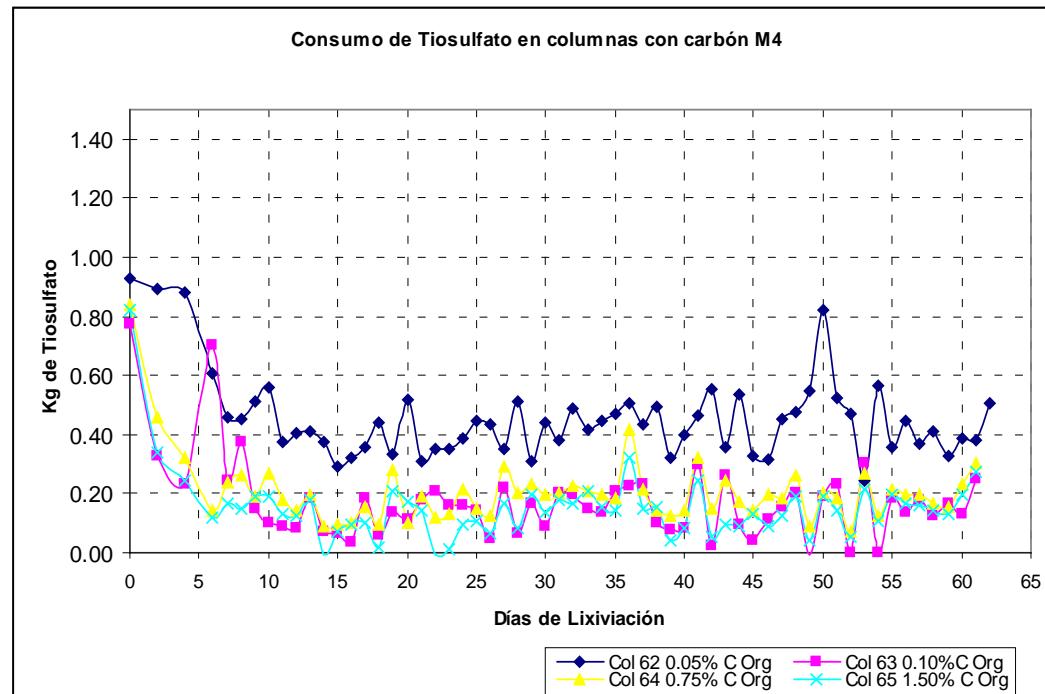
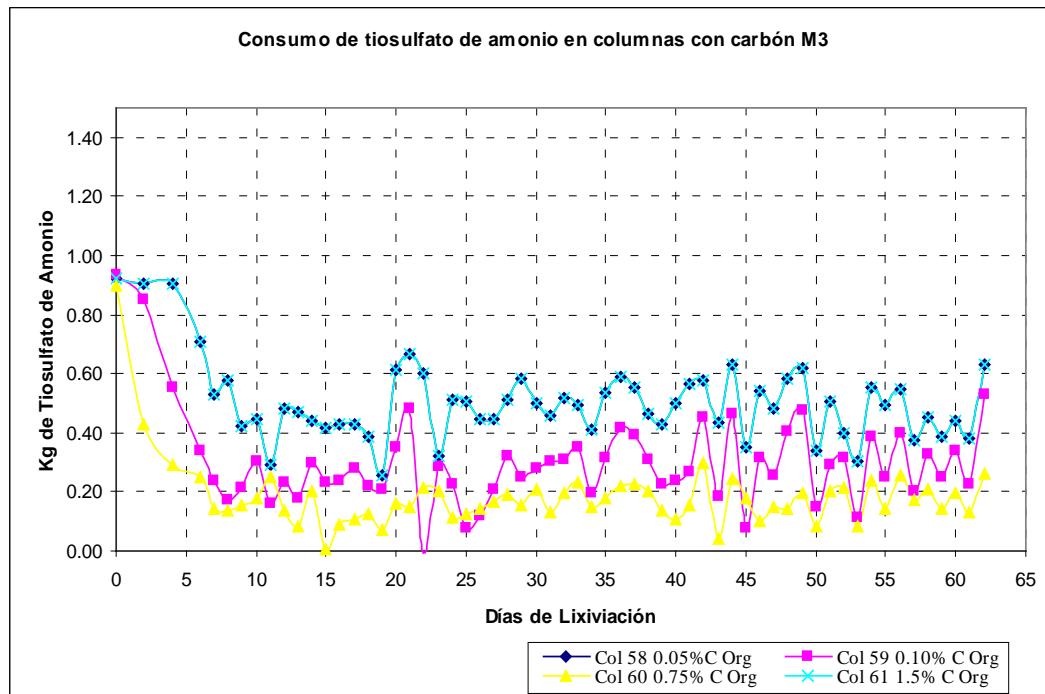
Grafico 2 - 5**pH de las Soluciones Percoladas**

Grafico 2 – 6
Consumo de Tiosulfato de Amonio



**ANEXO DE
HOJAS DE CONTROL
DE LAS COLUMNAS 58 - 67**



MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.
METALLURGY DEPARTMENT

ALTO CHICAMA GOLD PROJECT
COLUMN LEACH TIOSULFATO DE AMONIO TEST - OCTUBRE 2004

| COLUMNA # 59 | | | | | | | | | | | | | | | | Date: 19-Oct-04 | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|-------------|--------|----|-------------------|-------|-------------------|-------------|-------|-----------------|-------------|-------|-------------------|--------|-------------------|
| Mineral | | | | | | | | Carbón | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 1 99.74% | | | | | | | | Peso Húmedo | 279.27 | kg | Peso Húmedo | 0.73 | kg | Peso Húmedo | 0.73 | kg | Peso Húmedo | 0.72% | Peso Seco | 277.26 | kg |
| MUESTRA 3 0.26% | | | | | | | | Humedad | 98.75 | % | Humedad | 5.92% | % | Humedad | 5.92% | % | Humedad | 5.92% | Densidad de pulpa | 318.9 | kg/m ³ |
| | | | | | | | | Peso Seco | 277.26 | kg | Densidad de pulpa | 0.8 | kg/m ³ | Au | 1.57 | | Au | 0.00 | Au | 1.57 | 435.30 |
| | | | | | | | | Au | 1.57 | | Au | 0.00 | | Au | 1.57 | | Au | 2.95 | Aq | 2.95 | 821.16 |
| | | | | | | | | Aq | 2.95 | | Aq | 0.80 | | Aq | 0.80 | | Aq | 0.80 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Fecha | SOLUCION DE RIEGO | | | | | | | | | | | | | | | | SOLUCION PERCOLADA | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------|-----------|------|-------------|--|----------|-------------------------------|-----------------------------|-------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------|---------|--------------------|---|--------------------|--------------------|------------|-----------------------|------------------------|--------|--------|-----------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | Dia de Lixivación | Volumen L | pH | NaOH gramos | (NH ₄) ₂ S ₂ O ₃ kg | Solución | Tiosulfato de cobre al 60% Kg | Sulfato de cobre o de sodio | Manequillón | Sulfato de amonio acumulado gramos | Sulfato de amonio acumulado gramos | Volumen L | pH | Gasto ml lodo 0.1N | (NH ₄) ₂ S ₂ O ₃ | Solución Percolada | | | miligramos acumulados | % Extracción Acumulada | | | | | | | | | | | |
| 19-Oct-04 | 0 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 0.00 | 1.56 | 1.56 | 114.60 | 114.60 | 409.26 | 409.26 | 189.75 | 189.75 | | | | Remanente Kg | Consumo Kg | Consumo Acumulado Kg | Au | Ag | Cu | NH ₃ | Au | Ag | Au | Ag | Au | Ag | | |
| 21-Oct-04 | 2 | 14.36 | 9.45 | 250.00 | 0.22 | 1.56 | 3.12 | 114.60 | 229.20 | 409.26 | 818.52 | 379.51 | 1.72 | 9.60 | 0.20 | 0.00 | 0.93 | 0.93 | 3.82 | 0.23 | 6.57 | 0.40 | 1.51 | 0.05 | 2.27 | 0.16 | 2.27 | 0.16 | 2.27 | 0.16 | |
| 23-Oct-04 | 4 | 14.36 | 9.52 | 250.00 | 0.43 | 1.56 | 4.68 | 114.60 | 343.80 | 409.26 | 1227.78 | 189.75 | 569.26 | 13.97 | 10.16 | 1.20 | 0.08 | 0.85 | 1.79 | 7.45 | 3.70 | 110.65 | 52.08 | 25.42 | 6.34 | 2.27 | 0.20 | 2.27 | 0.20 | 2.27 | 0.20 |
| 25-Oct-04 | 6 | 14.36 | 9.37 | 250.00 | 0.65 | 1.56 | 458.39 | 409.26 | 189.75 | 959.01 | 189.75 | 1.55 | 9.63 | 5.80 | 0.38 | 5.77 | 3.71 | 190.23 | 101.51 | 43.70 | 12.37 | 2.27 | 0.22 | 2.27 | 0.22 | 2.27 | 0.22 | | | | |
| 26-Oct-04 | 7 | 14.36 | 9.99 | 250.00 | 0.76 | 1.56 | 7.80 | 114.60 | 572.17 | 409.26 | 2046.30 | 189.75 | 948.77 | 13.99 | 9.93 | 8.60 | 0.34 | 2.68 | 1.96 | 1.15 | 217.93 | 117.61 | 50.06 | 14.32 | 2.27 | 0.24 | 2.27 | 0.24 | 2.27 | 0.24 | |
| 27-Oct-04 | 8 | 14.36 | 9.86 | 250.00 | 0.98 | 1.56 | 9.58 | 114.60 | 653.99 | 409.26 | 2251.50 | 189.75 | 1003.10 | 10.00 | 9.70 | 2.92 | 0.24 | 0.77 | 0.73 | 0.73 | 2.27 | 0.24 | 2.27 | 0.24 | 2.27 | 0.24 | 2.27 | 0.24 | 2.27 | 0.24 | |
| 28-Oct-04 | 9 | 14.36 | 9.51 | 250.00 | 1.08 | 1.56 | 10.93 | 114.60 | 802.19 | 409.26 | 2264.82 | 189.75 | 1232.27 | 15.55 | 10.06 | 1.00 | 0.26 | 0.76 | 0.90 | 0.89 | 0.47 | 241.58 | 120.40 | 65.50 | 12.15 | 2.27 | 0.26 | 2.27 | 0.26 | 2.27 | 0.26 |
| 29-Oct-04 | 10 | 14.36 | 9.19 | 198.00 | 1.09 | 1.56 | 12.49 | 114.60 | 916.79 | 409.26 | 3274.08 | 189.75 | 1519.02 | 14.37 | 9.69 | 10.20 | 0.27 | 0.21 | 3.31 | 0.53 | 0.40 | 249.19 | 138.35 | 57.25 | 16.85 | 2.27 | 0.27 | 2.27 | 0.27 | 2.27 | 0.27 |
| 30-Oct-04 | 11 | 14.36 | 9.09 | 200.00 | 1.20 | 1.56 | 14.05 | 114.60 | 1031.39 | 409.26 | 3683.34 | 189.75 | 1707.78 | 12.23 | 10.14 | 9.70 | 0.28 | 0.63 | 3.61 | 0.50 | 0.41 | 255.81 | 143.78 | 58.77 | 17.51 | 2.27 | 0.28 | 2.27 | 0.28 | 2.27 | 0.28 |
| 31-Oct-04 | 12 | 14.36 | 9.43 | 250.00 | 1.30 | 1.56 | 15.61 | 114.60 | 1145.99 | 409.26 | 4092.60 | 189.75 | 1897.53 | 15.10 | 9.85 | 10.40 | 0.28 | 0.16 | 3.77 | 0.38 | 0.31 | 241.58 | 148.46 | 60.08 | 16.08 | 2.27 | 0.29 | 2.27 | 0.29 | 2.27 | 0.29 |
| 1-Nov-04 | 13 | 14.36 | 9.35 | 250.00 | 1.41 | 1.56 | 17.17 | 114.60 | 1260.58 | 409.26 | 4501.86 | 189.75 | 2087.28 | 14.40 | 9.93 | 9.90 | 0.23 | 4.00 | 0.33 | 0.29 | 246.30 | 152.63 | 61.18 | 16.59 | 2.27 | 0.30 | 2.27 | 0.30 | 2.27 | 0.30 | |
| 2-Nov-04 | 14 | 6.75 | 9.50 | 250.00 | 1.52 | 0.73 | 17.90 | 1314.45 | 192.38 | 409.24 | 86.91 | 2176.48 | 15.44 | 8.67 | 9.90 | 0.26 | 0.18 | 4.18 | 0.25 | 0.26 | 270.10 | 156.65 | 62.06 | 19.08 | 2.27 | 0.27 | 2.27 | 0.27 | 2.27 | 0.27 | |
| 3-Nov-04 | 15 | 7.61 | 9.50 | 250.00 | 1.63 | 0.83 | 18.73 | 60.73 | 1375.18 | 216.89 | 4911.12 | 189.75 | 2277.04 | 4.43 | 9.85 | 6.50 | 0.14 | 0.30 | 4.48 | 0.38 | 0.41 | 271.84 | 158.46 | 62.45 | 19.30 | 2.27 | 0.27 | 2.27 | 0.27 | 2.27 | 0.27 |
| 4-Nov-04 | 16 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 1.74 | 0.78 | 19.51 | 57.30 | 1432.48 | 204.63 | 5115.75 | 94.88 | 2371.91 | 8.26 | 9.92 | 6.40 | 0.26 | 0.24 | 4.72 | 0.40 | 0.43 | 275.15 | 162.02 | 63.21 | 19.73 | 2.27 | 0.27 | 2.27 | 0.27 | 2.27 | 0.27 |
| 5-Nov-04 | 17 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 1.85 | 0.78 | 20.29 | 57.36 | 1489.78 | 204.63 | 5320.38 | 94.88 | 2466.79 | 7.62 | 9.92 | 6.10 | 0.23 | 0.24 | 4.96 | 0.37 | 0.38 | 277.16 | 164.91 | 63.86 | 20.08 | 2.27 | 0.27 | 2.27 | 0.27 | 2.27 | 0.27 |
| 6-Nov-04 | 18 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 1.96 | 0.78 | 21.07 | 57.36 | 1547.08 | 204.63 | 5525.01 | 94.88 | 2561. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



PIERINA

MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.
METALLURGY DEPARTMENT

ALTO CHICAMA GOLD PROJECT
COLUMN LEACH TIOSULFATO DE AMONIO TEST - OCTUBRE 2004

| COLUMNA # 60 | | SOLUCION DE RIEGO | | | | | | | | | | | | | SOLUCION PERCOLADA | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|-------------------|------|---------------------|-------|---|---|--------------------------------|--|--------------|-------------------------------------|----------------------|-------|--------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|-------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|------------------------|-------|--|
| Fecha | Días de Lixiviación | Volumen L | pH | Solución Tiosulfato | | Solución | | Sulfato de cobre CuSO4 | Metabisulfito acumulado | | Sulfato de amonio NH42SO4 acumulado | Volumen L | pH | Gasto ml lodo 0.1N | (NH4)2S2O3 | | | Solución Percolada | | | | miligramos acumulados | | | % Extracción Acumulada | | |
| | | | | NaOH gramos | gatos | Tiosulfato de amonio NH42S2O4 3 al 60% Kg | Sulfato de cobre CuSO4 acumulado gramos | Metabisulfito acumulado gramos | Sulfato de amonio NH42SO4 acumulado gramos | Remanente Kg | Consumo Kg | Consumo Acumulado Kg | Au | Ag | Cu | NH3 | Au | Ag | Au | Ag | Au | Ag | Au | Ag | Au | Ag | |
| 19-Oct-04 | 0 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 114.60 | 409.26 | 405.26 | 189.75 | 199.75 | 0.41 | 1.70 | 0.04 | 0.90 | 0.90 | 14.40 | 6.35 | | | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 21-Oct-04 | 2 | 14.36 | 9.45 | 250.00 | 1.56 | 114.60 | 202.20 | 810.52 | 189.75 | 270.51 | 4.41 | 9.03 | 1.70 | 0.04 | 0.90 | 1.33 | 7.98 | 4.35 | | | 0.50 | 0.43 | 1.25 | 0.72 | 0.34 | 0.29 | |
| 23-Oct-04 | 4 | 14.36 | 9.43 | 250.00 | 1.56 | 114.60 | 343.80 | 409.26 | 189.75 | 569.26 | 12.35 | 9.72 | 0.30 | 0.51 | 0.43 | 1.33 | 200.39 | 90.79 | 14.34 | 9.80 | 216.70 | 108.42 | 50.45 | 15.10 | | | |
| 25-Oct-04 | 6 | 14.36 | 9.38 | 250.00 | 1.56 | 114.60 | 458.39 | 409.26 | 1637.04 | 189.75 | 759.01 | 13.79 | 9.46 | 0.50 | 0.65 | 0.29 | 2.78 | 1.31 | | | 152.06 | 81.73 | 37.68 | 11.38 | | | |
| 26-Oct-04 | 7 | 14.36 | 9.96 | 250.00 | 1.56 | 114.60 | 572.99 | 409.26 | 189.75 | 948.77 | 13.70 | 9.71 | 0.10 | 0.68 | 0.25 | 1.87 | 1.19 | 0.63 | | 234.81 | 120.10 | 54.88 | 16.72 | | | | |
| 27-Oct-04 | 8 | 14.36 | 9.85 | 250.00 | 1.56 | 114.60 | 687.59 | 409.26 | 2455.56 | 189.75 | 1138.52 | 14.97 | 9.70 | 0.10 | 0.79 | 0.15 | 2.02 | 0.62 | 0.36 | | 246.38 | 129.02 | 57.59 | 17.97 | | | |
| 28-Oct-04 | 9 | 14.36 | 9.41 | 250.00 | 1.56 | 10.93 | 114.60 | 802.19 | 409.26 | 3274.08 | 189.75 | 1518.00 | 14.03 | 9.43 | 1.10 | 0.78 | 0.15 | 2.31 | 0.46 | 0.35 | | 250.91 | 132.86 | 58.64 | 18.50 | | |
| 29-Oct-04 | 10 | 14.36 | 9.48 | 250.00 | 1.56 | 12.49 | 114.60 | 916.79 | 409.26 | 1031.39 | 189.75 | 3683.34 | 15.43 | 9.69 | 1.10 | 0.76 | 0.18 | 2.49 | 0.37 | 0.29 | | 254.94 | 136.75 | 59.59 | 19.04 | | |
| 30-Oct-04 | 11 | 14.36 | 9.43 | 250.00 | 1.56 | 14.05 | 114.60 | 1049.26 | 409.26 | 4092.60 | 189.75 | 1897.53 | 13.72 | 9.84 | 1.00 | 0.68 | 0.25 | 2.74 | 0.33 | 0.28 | | 268.29 | 140.24 | 60.37 | 19.53 | | |
| 31-Oct-04 | 12 | 14.36 | 9.44 | 250.00 | 1.56 | 15.61 | 114.60 | 1154.99 | 409.26 | 189.75 | 2046.30 | 189.75 | 10.00 | 0.80 | 0.14 | 2.88 | 0.27 | 0.26 | | 260.12 | 142.19 | 60.30 | 19.80 | | | | |
| 1-Nov-04 | 13 | 14.36 | 9.36 | 250.00 | 1.56 | 17.17 | 114.60 | 1260.58 | 409.26 | 4501.86 | 189.75 | 2078.27 | 14.95 | 9.91 | 0.90 | 0.80 | 0.14 | 2.96 | 0.22 | 0.23 | | 265.31 | 147.68 | 62.01 | 20.56 | | |
| 2-Nov-04 | 14 | 7.79 | 9.50 | 250.00 | 0.85 | 18.01 | 62.17 | 1322.75 | 222.96 | 4723.88 | 102.94 | 2190.22 | 15.20 | 8.51 | 0.86 | 0.08 | 0.15 | 2.96 | 0.22 | 0.23 | | 267.44 | 150.19 | 62.51 | 20.90 | | |
| 3-Nov-04 | 15 | 6.57 | 9.50 | 250.00 | 0.71 | 18.73 | 52.43 | 1375.18 | 187.25 | 4911.22 | 6.57 | 9.45 | 10.70 | 0.30 | 0.21 | 3.16 | 0.32 | 0.34 | | 272.79 | 152.56 | 64.55 | 21.33 | | | | |
| 4-Nov-04 | 16 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 19.51 | 57.30 | 1342.48 | 204.83 | 515.75 | 94.88 | 2371.91 | 8.25 | 8.57 | 10.40 | 0.42 | 0.00 | 3.17 | 0.33 | 0.33 | | 276.53 | 144.92 | 61.43 | 20.18 | | |
| 5-Nov-04 | 17 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 20.29 | 57.30 | 1489.78 | 204.83 | 532.08 | 94.88 | 2466.79 | 7.47 | 8.50 | 10.30 | 0.38 | 0.09 | 3.25 | 0.33 | 0.37 | | 280.26 | 152.56 | 64.55 | 21.33 | | |
| 6-Nov-04 | 18 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 21.07 | 57.30 | 1547.08 | 204.83 | 5525.01 | 94.88 | 2561.67 | 7.33 | 9.36 | 10.00 | 0.36 | 0.11 | 3.36 | 0.29 | 0.33 | | 284.99 | 152.56 | 64.55 | 21.33 | | |
| 7-Nov-04 | 19 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 21.85 | 57.30 | 1586.38 | 204.83 | 5725.41 | 94.88 | 2635.04 | 7.45 | 8.50 | 10.30 | 0.38 | 0.13 | 3.46 | 0.31 | 0.31 | | 288.76 | 152.56 | 64.55 | 21.33 | | |
| 8-Nov-04 | 20 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 22.41 | 114.60 | 1718.85 | 409.26 | 2046.30 | 189.75 | 2430.85 | 14.79 | 9.71 | 0.90 | 0.40 | 0.07 | 3.56 | 0.28 | 0.34 | | 292.55 | 152.56 | 64.55 | 21.33 | | |
| 9-Nov-04 | 21 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 24.97 | 114.60 | 1633.58 | 409.26 | 6548.16 | 189.75 | 3030.65 | 14.94 | 9.60 | 1.00 | 0.77 | 0.16 | 3.72 | 0.21 | 0.21 | | 297.52 | 166.40 | 64.28 | 20.17 | | |
| 10-Nov-04 | 22 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 26.53 | 114.60 | 1948.18 | 409.26 | 6957.42 | 189.75 | 1023.50 | 14.80 | 9.72 | 0.51 | 1.00 | 0.79 | 0.15 | 0.03 | 0.51 | | 297.81 | 189.51 | 64.28 | 20.17 | | |
| 11-Nov-04 | 23 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 28.09 | 114.60 | 2062.77 | 409.26 | 7266.68 | 189.75 | 3415.53 | 13.12 | 8.63 | 1.10 | 0.72 | 0.22 | 4.08 | 0.03 | 0.71 | | 298.95 | 175.71 | 64.37 | 20.47 | | |
| 12-Nov-04 | 24 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 29.65 | 114.60 | 2177.37 | 409.26 | 7775.94 | 189.75 | 3605.31 | 13.38 | 8.54 | 1.10 | 0.73 | 0.20 | 4.29 | 0.03 | 0.47 | | 299.21 | 182.00 | 64.46 | 20.34 | | |
| 13-Nov-04 | 25 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 31.22 | 114.60 | 2291.97 | 409.26 | 8185.20 | 189.75 | 3795.06 | 15.64 | 9.56 | 1.00 | 0.50 | 0.82 | 0.11 | 4.40 | 0.03 | 0.41 | | 299.76 | 188.50 | 64.58 | 20.25 | |
| 14-Nov-04 | 26 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 32.78 | 114.60 | 2406.57 | 409.26 | 8594.56 | 189.75 | 3984.81 | 14.54 | 9.67 | 1.10 | 0.81 | 0.12 | 4.53 | 0.03 | 0.37 | | 299.86 | 193.87 | 64.68 | 20.00 | | |



MINERA BARRICK MISQUICHLCA S.A.
METALLURGY DEPARTMENT

ALTO CHICAMA GOLD PROJECT
COLUMN LEACH TIOSULFATO DE AMONIO TEST - OCTUBRE 2004

| COLUMNA # 61 | | | | | | | | | | | | Date: 19-Oct-04 |
|---------------------|-----------|-----------|---|-------------|-------------------|---------|-------------------|-------------------|-------|---------------------|---------|-----------------|
| MUESTRA | Mineral | | | Carbón | | | Densidad de riego | | | g/t | mg | |
| | Peso Húm. | Peso Húm. | % | Peso Humedo | kg | Humedad | kg | Densidad de riego | 10.0 | l/hr-m ² | | |
| MUESTRA 1 96.07% | | | | 268.98 | kg | 0.72% | | | 11.02 | | Au 1.53 | 424.60 |
| MUESTRA 3 3.93% | | | | 267.04 | kg | 5.92% | | | 10.37 | | Au 0.00 | 2.82 |
| | | | | 307.2 | kg/m ³ | | | | 12.6 | kg/m ³ | | Ag 782.72 |
| | | | | 1.59 | | | | | 0.00 | | | |
| | | | | Aq | 2.90 | | | | 0.80 | | | |

| Fecha | SOLUCION DE RIEGO | | | | | | | | | SOLUCION PERCOLADA | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------|-----------|------|-------------|--|---|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------|---------|--------------------|------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | Dias de Lixiviación | Volumen L | pH | NaiH gramos | Solución Tiosulfato de amonio (NH4)2S2O3 al 60% Kg | Solución Tiosulfato de cobre CuSO4 gramos | Sulfato de cobre acumulado gramos | Metabisulfito de sodio Na2S2O5 gramos | Sulfato de amonio acumulado gramos | Sulfato de amonio acumulado gramos | Volumen L | pH | Gasto ml lodo 0.1N | (NH4)2S2O3 | Solución Percolada | milligramos acumulados Au | milligramos acumulados Ag | % Extracción Acumulada | | | | | | |
| 19-Oct-04 | 0 | 14.36 | 9.50 | 1.56 | 1.56 | 114.60 | 114.60 | 409.26 | 409.26 | 189.75 | 189.75 | | 14.96 | 8.76 | 5.80 | 0.08 | 0.86 | 10.16 | 8.60 | 0.00 | 0.00 | | | |
| 21-Oct-04 | 2 | 14.36 | 9.43 | 250.00 | 1.56 | 3.12 | 114.60 | 229.20 | 409.26 | 818.52 | 379.51 | 2.69 | 8.76 | 5.80 | 0.08 | 0.86 | 10.16 | 8.60 | 27.33 | 23.13 | 6.44 | 2.96 | | |
| 23-Oct-04 | 4 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 4.68 | 114.60 | 343.80 | 409.26 | 127.78 | 189.75 | 569.26 | 12.71 | 9.38 | 6.90 | 0.43 | 0.50 | 1.36 | 10.85 | 8.70 | 165.23 | 133.71 | 38.92 | 17.08 |
| 25-Oct-04 | 6 | 14.36 | 9.39 | 250.00 | 1.56 | 6.24 | 114.60 | 458.39 | 409.26 | 1637.04 | 189.75 | 759.01 | 14.21 | 9.71 | 4.90 | 0.34 | 0.59 | 1.96 | 3.49 | 1.84 | 214.83 | 159.86 | 50.60 | 20.42 |
| 26-Oct-04 | 7 | 14.36 | 9.93 | 250.00 | 1.56 | 7.80 | 114.60 | 572.99 | 409.26 | 2046.30 | 189.75 | 948.77 | 13.43 | 9.91 | 8.10 | 0.54 | 0.40 | 2.35 | 1.21 | 0.76 | 231.08 | 170.06 | 54.42 | 21.73 |
| 27-Oct-04 | 8 | 14.36 | 9.82 | 250.00 | 1.56 | 9.36 | 114.60 | 687.59 | 409.26 | 2455.56 | 189.75 | 1136.52 | 15.03 | 9.86 | 9.40 | 0.70 | 0.24 | 2.59 | 0.59 | 0.42 | 239.94 | 176.38 | 56.51 | 22.53 |
| 28-Oct-04 | 9 | 14.36 | 9.57 | 250.00 | 1.56 | 10.93 | 114.60 | 802.19 | 409.26 | 2864.82 | 189.75 | 1328.27 | 14.96 | 10.04 | 9.10 | 0.67 | 0.26 | 2.86 | 0.53 | 0.40 | 247.87 | 182.36 | 58.38 | 23.30 |
| 29-Oct-04 | 10 | 14.36 | 9.00 | 200.00 | 1.56 | 12.49 | 114.60 | 916.79 | 409.26 | 3274.08 | 189.75 | 1518.02 | 14.03 | 9.66 | 9.70 | 0.67 | 0.26 | 3.12 | 0.45 | 0.37 | 254.19 | 187.95 | 59.87 | 23.94 |
| 30-Oct-04 | 11 | 14.36 | 9.43 | 250.00 | 1.56 | 14.05 | 114.60 | 1031.39 | 409.26 | 3683.34 | 189.75 | 1707.78 | 13.73 | 9.97 | 8.80 | 0.60 | 0.33 | 3.45 | 0.41 | 0.38 | 259.82 | 192.77 | 61.19 | 24.63 |
| 31-Oct-04 | 12 | 14.36 | 9.43 | 250.00 | 1.56 | 15.61 | 114.60 | 1145.99 | 409.26 | 4092.60 | 189.75 | 1897.53 | 14.21 | 9.71 | 4.90 | 0.63 | 0.30 | 3.76 | 0.33 | 0.33 | 264.27 | 197.22 | 62.24 | 25.20 |
| 1-Nov-04 | 13 | 14.36 | 9.02 | 200.00 | 1.56 | 17.17 | 114.60 | 1268.58 | 409.26 | 4501.86 | 189.75 | 2087.28 | 14.64 | 10.16 | 9.00 | 0.65 | 0.29 | 4.04 | 0.30 | 0.30 | 268.66 | 201.62 | 63.27 | 25.76 |
| 2-Nov-04 | 14 | 7.59 | 9.50 | 200.00 | 0.82 | 17.99 | 114.60 | 1321.16 | 409.26 | 2187.59 | 189.75 | 9.67 | 9.30 | 0.72 | 0.21 | 4.25 | 0.23 | 0.26 | 272.29 | 205.71 | 64.13 | 26.28 | | |
| 3-Nov-04 | 15 | 6.77 | 9.50 | 250.00 | 0.74 | 18.73 | 114.60 | 1375.18 | 409.26 | 4911.12 | 189.46 | 2277.04 | 5.64 | 9.70 | 7.00 | 0.20 | 0.30 | 4.55 | 0.32 | 0.36 | 274.09 | 207.74 | 64.55 | 26.54 |
| 4-Nov-04 | 16 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 19.51 | 114.60 | 1432.48 | 409.26 | 5115.75 | 189.75 | 2371.91 | 8.23 | 9.70 | 6.60 | 0.27 | 0.11 | 4.73 | 0.33 | 0.39 | 276.81 | 210.95 | 65.19 | 26.95 |
| 5-Nov-04 | 17 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 20.29 | 114.60 | 1489.78 | 409.26 | 5320.38 | 189.75 | 2466.73 | 7.46 | 9.70 | 6.80 | 0.25 | 0.22 | 4.95 | 0.30 | 0.37 | 279.04 | 213.71 | 65.72 | 27.30 |
| 6-Nov-04 | 18 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 21.07 | 114.60 | 1547.08 | 409.26 | 5525.01 | 189.75 | 2561.87 | 7.46 | 9.52 | 7.60 | 0.28 | 0.19 | 5.13 | 0.27 | 0.31 | 281.06 | 216.02 | 66.19 | 27.60 |
| 7-Nov-04 | 19 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 21.85 | 114.60 | 1604.38 | 409.26 | 5722.88 | 189.75 | 2654.54 | 7.83 | 9.33 | 5.20 | 0.14 | 0.33 | 5.46 | 0.24 | 0.26 | 282.76 | 218.88 | 66.80 | 27.89 |
| 8-Nov-04 | 20 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 23.41 | 114.60 | 1718.83 | 409.26 | 5988.90 | 189.75 | 2863.80 | 7.85 | 9.66 | 6.00 | 0.23 | 0.24 | 5.53 | 0.25 | 0.26 | 284.29 | 224.50 | 67.06 | 28.24 |
| 9-Nov-04 | 21 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 24.97 | 114.60 | 1861.59 | 409.26 | 6548.16 | 189.75 | 3028.05 | 14.69 | 9.67 | 7.70 | 0.64 | 0.29 | 5.88 | 0.17 | 0.23 | 289.27 | 224.50 | 68.26 | 28.48 |
| 10-Nov-04 | 22 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 26.53 | 114.60 | 1948.16 | 409.26 | 6967.42 | 189.75 | 3225.80 | 14.57 | 9.58 | 9.90 | 0.78 | 0.15 | 6.14 | 0.04 | 0.41 | 287.86 | 230.47 | 67.80 | 29.44 |
| 11-Nov-04 | 23 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 28.09 | 114.60 | 2062.77 | 409.26 | 7366.68 | 189.75 | 3415.55 | 12.65 | 9.61 | 10.70 | 0.68 | 0.26 | 6.40 | 0.03 | 0.63 | 288.24 | 241.10 | 67.89 | 30.00 |
| 12-Nov-04 | 24 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 28.68 | 114.60 | 2177.37 | 409.26 | 7725.94 | 189.75 | 3665.31 | 12.45 | 9.44 | 10.80 | 0.72 | 0.29 | 6.62 | 0.03 | 0.63 | 288.44 | 249.08 | 67.98 | 31.60 |

MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.
METALLURGY DEPARTMENTALTO CHICAMA GOLD PROJECT
COLUMN LEACH TIOSULFATO DE AMONIO TEST - OCTUBRE 2004

| COLUMNA # 62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------|-----------|------|-------------------|---|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|-----------|-------|----------------------|------------|--------------------|------------------------|------------------------|------|-------|--------|--------|-------|-------|------|------|------|------|
| Fecha | Días de Lixiviación | Volumen L | pH | SOLUCION DE RIEGO | | | | | SOLUCION PERCOLADA | | | | | Extracción Acumulada | | | | Extracción Acumulada | | | | | | | | | | |
| | | | | NalH gramos | Solución Tiosulfato de amonio (NH4)2S2O3 3 eq/100% Kg | Sulfato de cobre CuSO4 gramos | Sulfato de cobre acumulado gramos | Metabisulfito Na2S2O5 gramos | Metabisulfito de sodio acumulado gramos | Sulfato de amonio (NH4)2SO4 gramos | Sulfato de amonio acumulado gramos | Volumen L | pH | Giasto ml lodo 0.1N | (NH4)2S2O3 | Solución Percolada | milligramos acumulados | % Extracción Acumulada | Au | Ag | Cu | NH3 | Au | Ag | Au | Ag | | |
| 19-Oct-04 | 0 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 114.60 | 409.26 | 409.26 | 189.75 | 189.75 | 189.75 | 189.75 | 1.56 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | |
| 21-Oct-04 | 2 | 14.36 | 9.42 | 260.00 | 1.56 | 3.12 | 114.60 | 229.20 | 409.26 | 818.52 | 189.75 | 379.51 | 3.79 | 9.80 | 0.40 | 0.01 | 0.93 | 6.23 | 1.97 | 23.61 | 7.47 | 5.58 | 0.93 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 23-Oct-04 | 4 | 14.36 | 9.49 | 260.00 | 1.56 | 4.68 | 114.60 | 343.80 | 409.26 | 1227.78 | 189.75 | 569.26 | 14.40 | 10.18 | 0.60 | 0.04 | 0.89 | 1.82 | 4.69 | 1.84 | 91.15 | 33.94 | 21.55 | 4.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 25-Oct-04 | 6 | 14.36 | 9.07 | 200.00 | 1.56 | 6.24 | 114.60 | 458.39 | 409.26 | 1637.04 | 189.75 | 759.01 | 13.56 | 9.81 | 0.80 | 0.05 | 0.88 | 2.71 | 2.55 | 0.99 | 125.70 | 47.38 | 29.73 | 5.91 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 26-Oct-04 | 7 | 14.36 | 9.91 | 260.00 | 1.56 | 7.80 | 114.60 | 572.69 | 409.26 | 2046.30 | 189.75 | 948.77 | 13.61 | 10.00 | 4.90 | 0.33 | 0.61 | 3.31 | 2.30 | 1.45 | 155.44 | 67.11 | 36.81 | 8.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 27-Oct-04 | 8 | 14.36 | 9.81 | 260.00 | 1.56 | 9.26 | 114.60 | 687.59 | 409.26 | 2455.56 | 189.75 | 1138.52 | 14.37 | 10.01 | 6.70 | 0.48 | 0.46 | 3.77 | 1.56 | 1.04 | 178.06 | 82.06 | 42.11 | 10.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 28-Oct-04 | 9 | 14.36 | 9.95 | 200.00 | 1.56 | 10.33 | 114.60 | 802.19 | 409.26 | 2864.82 | 189.75 | 1328.27 | 15.06 | 10.22 | 6.50 | 0.48 | 0.45 | 4.23 | 1.09 | 0.67 | 194.47 | 92.15 | 45.99 | 11.49 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 29-Oct-04 | 10 | 14.36 | 9.05 | 180.00 | 1.56 | 12.49 | 114.60 | 916.79 | 409.26 | 3274.08 | 189.75 | 1518.02 | 12.68 | 9.75 | 6.80 | 0.43 | 0.51 | 4.74 | 0.85 | 0.57 | 205.25 | 99.37 | 48.54 | 12.39 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 30-Oct-04 | 11 | 14.36 | 9.44 | 260.00 | 1.56 | 14.05 | 114.60 | 1031.39 | 409.26 | 3683.34 | 189.75 | 1707.78 | 13.94 | 10.00 | 5.50 | 0.38 | 0.56 | 5.29 | 0.89 | 0.66 | 217.66 | 108.57 | 51.47 | 13.54 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 31-Oct-04 | 12 | 14.36 | 9.44 | 260.00 | 1.56 | 15.81 | 114.60 | 1145.99 | 409.26 | 4092.60 | 189.75 | 1897.53 | 14.94 | 10.00 | 7.60 | 0.56 | 0.57 | 6.67 | 0.91 | 0.82 | 231.25 | 120.83 | 54.69 | 15.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1-Nov-04 | 13 | 14.36 | 9.01 | 180.00 | 1.56 | 17.17 | 114.60 | 1260.58 | 409.26 | 4501.86 | 189.75 | 2087.28 | 14.98 | 10.31 | 7.20 | 0.53 | 0.40 | 6.07 | 0.78 | 0.71 | 242.94 | 131.46 | 57.45 | 16.39 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2-Nov-04 | 14 | 7.27 | 9.50 | 180.00 | 0.78 | 17.96 | 58.02 | 1318.60 | 207.20 | 4709.09 | 96.07 | 2183.35 | 14.83 | 9.81 | 7.20 | 0.53 | 0.41 | 6.48 | 0.49 | 0.45 | 250.21 | 138.13 | 59.17 | 17.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3-Nov-04 | 15 | 7.08 | 9.50 | 260.00 | 0.77 | 18.73 | 56.58 | 1375.18 | 207.07 | 4911.12 | 93.69 | 2277.04 | 5.60 | 9.84 | 3.50 | 0.10 | 0.38 | 6.66 | 0.64 | 0.61 | 253.79 | 141.52 | 60.02 | 17.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4-Nov-04 | 16 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 19.51 | 57.30 | 1432.48 | 204.63 | 5115.75 | 94.88 | 2371.91 | 8.18 | 9.87 | 4.20 | 0.17 | 0.29 | 7.15 | 0.55 | 0.53 | 258.29 | 145.89 | 61.08 | 18.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5-Nov-04 | 17 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 20.29 | 57.30 | 1489.78 | 204.63 | 5320.29 | 94.88 | 2466.79 | 7.80 | 9.87 | 3.80 | 0.15 | 0.32 | 7.47 | 0.44 | 0.48 | 261.72 | 149.63 | 61.89 | 18.66 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6-Nov-04 | 18 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 21.07 | 57.30 | 1547.08 | 204.63 | 5525.01 | 94.88 | 2561.67 | 7.17 | 9.80 | 3.10 | 0.11 | 0.36 | 7.83 | 0.36 | 0.40 | 264.30 | 152.50 | 62.50 | 19.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7-Nov-04 | 19 | 7.18 | 9.50 | 250.00 | 0.78 | 21.85 | 57.30 | 1604.38 | 204.63 | 5729.64 | 94.88 | 2656.54 | 6.10 | 10.02 | 1.00 | 0.03 | 0.44 | 8.27 | 0.38 | 0.45 | 266.62 | 155.21 | 63.05 | 19.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8-Nov-04 | 20 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 23.41 | 114.60 | 1718.98 | 409.26 | 6138.90 | 189.75 | 2846.30 | 7.63 | 9.77 | 3.60 | 0.14 | 0.33 | 8.60 | 0.29 | 0.33 | 268.83 | 157.76 | 63.57 | 19.67 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9-Nov-04 | 21 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 24.97 | 114.60 | 1833.58 | 409.26 | 6548.16 | 189.75 | 3036.05 | 14.61 | 9.78 | 5.60 | 0.42 | 0.52 | 9.12 | 0.24 | 0.32 | 272.34 | 162.44 | 64.40 | 20.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10-Nov-04 | 22 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 26.53 | 114.60 | 1948.18 | 409.26 | 6957.42 | 189.75 | 3225.80 | 14.79 | 9.73 | 8.60 | 0.63 | 0.31 | 9.43 | 0.10 | 0.63 | 273.82 | 171.77 | 64.75 | 21.41 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11-Nov-04 | 23 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 28.09 | 114.60 | 2062.77 | 409.26 | 7366.83 | 189.75 | 3415.55 | 14.11 | 9.76 | 8.40 | 0.59 | 0.35 | 9.78 | 0.17 | 0.80 | 276.22 | 183.04 | 65.32 | 22.82 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12-Nov-04 | 24 | 14.36 | 9.50 | 250.00 | 1.56 | 29.65 | 114.60 | 2177.37 | 409.26 | 7755.84 | 189.75 | 3605.31 | 14.11 | 9.81 | 8.40 | 0.59 | 0.35 | 10.13 | 0.21 | 0.55 | 279.18 | 190.80 | 66.02 | 23.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13-Nov-04</ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

