

**COMPUMET EIRL**

compumet\_ingenieros@yahoo.com

**COMPAÑÍA PERUANA DE USO MINERO ECOLÓGICO Y TÉCNICO.  
Asesores y Consultores Expertos en Salud, Seguridad, Medioambiente y Producción. RUC 20180032364**

---

# **Modulo Técnico Ambiental**

## **Proceso de Cianuración CERRO RICO. BASE REY**

**Ing. Rubén E. PALOMINO ISIDRO**

**LIMA NOVIEMBRE DE 2006**

**PROCESO DE CIANURACION APLICABLE A CERRO RICO**

**SUMARIO**

1. Introducción.
2. Descripción del Proceso.
3. Operación de Cianuración Estática.
4. Vat Leaching.
5. Operaciones con Vat Leaching.
  - 5.1. Chancado;
  - 5.2. Molienda;
  - 5.3. Aglomeración;
  - 5.4. Curado;
  - 5.5. Riego;
  - 5.6. Adsorción/ Desorción;
6. Condiciones de Operaciones Típicas.
7. Requerimientos de Inversión para Operaciones de 30 TM.
  - 7.1. Activos;
  - 7.2. Materiales y Reactivos (para una campaña);
  - 7.3. Servicios.

## 1. INTRODUCCION<sup>1</sup>

La cianuración utiliza la propiedad del oro y de la plata de disolverse en soluciones diluidas de cianuro de sodio o potasio, en presencia de oxígeno, preferentemente a otros minerales y tiene la ventaja que permite evitar el uso del mercurio, asimismo esta técnica admite aprovechar mejor los recursos porque permite recuperar oro aún de minerales marginales. El monto de inversión para la instalación de una planta de lixiviación en Vat Leaching son relativamente bajos si se les compara con la inversión en plantas de cianuración por agitación. Los costos de operación son mucho más bajos, y el control de la operación en si es además muy sencilla.

Durante años personas vinculadas a este sector, mayoritariamente informales, han desarrollado actividades extractivas aprovechando, principalmente, la fácil metalurgia extractiva de la amalgamación, obviamente mediante el uso del mercurio metálico. Sin embargo dondequiera que los mineros hayan estado han hecho un uso indiscriminado e irresponsable del aludido elemento. Por esta razón decenas y probablemente cientos de TM de mercurio han sido lanzadas al ambiente, ya sea en estado líquido en los relaves o como vapor de mercurio en el momento de la separación del oro del mercurio mediante el uso de sopletes. Sabido es la alta toxicidad de este metal así como de su difícil degradación cuando está formando compuestos orgánicos, como el metil- mercurio.

Frente a ello, una alternativa para evitar, o disminuir la contaminación, y obtener mayores recuperaciones en el beneficio de minerales de oro es la lixiviación de oro mediante el uso adecuado de soluciones diluidas de cianuro de sodio o de potasio. Para el caso del pequeño productor minero de Cerro Rico la alternativa más adecuada es la lixiviación en Vat Leaching, que no es otra cosa que el tratamiento de la mena aurífera por cianuración y la extracción del contenido metálico por carbón activado.

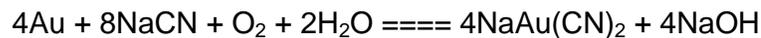
No se descarta tampoco la lixiviación en montones o Heap Leaching, pero la selección del método más conveniente dependerá de varios factores tales como

la docilidad de los minerales, accesibilidad, volumen de mineral, disposición de agua, etc.

## 2. DESCRIPCION DEL PROCESO

Las operaciones para la recuperación del oro mediante el uso de cianuros alcalinos se viene aplicando desde casi un siglo con mucho éxito. Aunque en el pasado se decía que las operaciones de cianuración estática no tenían altas recuperaciones los hechos demuestran que cuando el oro es liberado recuperaciones metalúrgicas aceptables son obtenidas. Así aunque en operaciones de cianuración por agitación alcanzan recuperaciones de más de 90%, también se alcanzan similares recuperaciones en plantas de cianuración Vat Leaching con tiempos de tratamiento más prolongados.

La siguiente reacción es aceptada como la que representa la disolución del oro (Ecuación de Elsner):



Los minerales de ganga presentes en el mineral son prácticamente insolubles en cianuro.

En general, desde el punto de vista operativo, se podrían clasificar las operaciones de cianuración en dinámicas y estáticas, dependiendo si el material sólido es sometido a movimiento o no.

En casi todos los casos la extracción de los metales disueltos suele hacerse mediante la precipitación por reducción iónica, esto es por reemplazo del oro por otro metal como el zinc. Así desde hace mucho tiempo se le extrae por el uso de polvo de zinc (método Merrill Crowe) que requiere de la condición básica de desoxigenación mediante el uso de una torre de vacío. Otro método para la extracción de los metales disueltos es el uso de carbón activado por adsorción. Esto es posible por el contacto de la solución con el carbón en columnas.

## 3. OPERACIÓN DE CIANURACION ESTATICA.

Se podría definir como aquellas operaciones en las que el material sólido que se procesa no es sometido a movimiento, es decir que durante el proceso el mineral o relave se mantiene estático. En este tipo de proceso el costo operativo suele ser bajo dado que el gasto de energía es relativamente bajo.

#### **4. VAT LEACHING**

Por ser esta una operación adecuada a la minería de pequeña escala se le describirá detalladamente.

#### **5. OPERACIONES CON VAT LEACHING**

La siguiente es una descripción de una típica operación metalúrgica en Vat Leaching, si bien existen algunas diferencias operativas mínimas, en general estas operaciones tienen patrones típicos.

##### **5.1. Chancado**

El mineral procedente de la mina es chancado con el uso de chancadoras de quijadas o manualmente hasta conseguir un tamaño adecuado, de aproximadamente  $\frac{3}{4}$ ". Como también es posible procesar relaves de amalgamación, en este caso el chancado es innecesario.

##### **5.2. Molienda**

El mineral chancado es introducido en molinos de bolas, una vez cargado es cerrado y se realiza la molienda en seco durante una hora y media aproximadamente. Concluida la molienda el molino es descargado y el mineral pulverizado (polveado) es dispuesto en la zona de aglomeración.

Una molienda adecuada de cualquier mineral sería aquella en la que se haga la operación en forma continua (con entrada y salida del mineral en forma simultánea) mediante el uso de agua, porque además se tendría una granulometría ideal (tamaño de partícula medido en malla Tyler), por ejemplo para la cianuración suele ser 80% de las partículas de mineral a malla -200.

Pero, esta calidad de molienda no solo se obtiene por el uso de agua para arrastrar las partículas finas sino porque un sistema de molienda continuo cuenta con equipos de clasificación, de manera tal que las partículas que no alcanzaron el tamaño adecuado (las más grandes) regresen al molino para ser remolidas. Uno de los sistemas mas apropiados de clasificación es aquel que usa hidrociclones.

También es posible la molienda en seco en forma continua mediante la aplicación de aire, este tipo de molienda es típica de la molienda de minerales no metálicos en los que no se puede usar agua. En este caso la clasificación se hace mediante el uso de ciclones que funcionan con aire.

### **5.3. Aglomeración**

El mineral o relave seco es mezclado con cemento y cal (para dar alcalinidad protectora), en general el consumo de cemento oscila alrededor de 12 kilogramos por TM de mineral o relave, la cal dependiendo de la acidez del mineral, en alrededor de un kilogramo por TM de mineral o relave. Una vez efectuada una primera mezcla, que en general se hace manualmente, se procede a humedecer la mezcla con la solución de cianuro concentrada que suele ser de alrededor del 80% de todo el cianuro a usarse en el tratamiento; el otro 20% se suele terminar de agregar durante los siguientes días de la operación. En esta etapa de aglomeración es posible hacerla manualmente o usando un aglomerador cilíndrico por cuyo interior se adiciona la solución concentrada de cianuro. El material aglomerado es depositado en la poza de lixiviación, siempre teniendo cierto cuidado de no dañar los “pellets” de material a ser procesado.

### **5.4. Curado**

No es otra cosa que un reposo de la pulpa, es decir el material con los reactivos ya aglomerado, en esta etapa lo que se hace es dejar el material en reposo para que ocurra la reacción de disolución del oro, y que se dan en un ambiente con presencia de oxígeno (aeróbico), pero también para que el cemento y la cal actúen con las arcillas y los “pellets” tomen consistencia.

Generalmente el tiempo de reposo no es más de 24 horas desde que se concluyo el llenado de la poza, y es en esta etapa donde se disolverá alrededor del 90% de todo el oro que se ha de disolver durante toda la operación. Solo un 10% se disolverá en el resto del tiempo de la operación. Tomar en cuenta que no se trata del oro total contenido en el material, sino de solo aquel que se ha de disolver.

### **5.5. Riego**

Esta etapa consiste en riegos sucesivos para extraer el oro disuelto (y disolver alrededor del 10% del total soluble), los riegos son necesarios para disminuir la concentración del oro de la solución, solución que es retenida en el mineral aglomerado como humedad, esta humedad del material es alrededor de 18%. La concentración de cianuro de sodio para el caso de Cerro Rico considerar del 1% al 2%.

Lo que se ha de buscar con los sucesivos riegos es llevar la concentración del oro en soluciones a menos de 1.0 mg/l, o hasta donde sea disminuirla rentablemente. Se suele hacer entre 12 y 15 riegos con la solución que recircula en circuito cerrado.

### **5.6. Adsorción/ desorción**

La solución que recircula a contracorriente lo hace a través de columnas de carbón activado en lecho fluidizado, generalmente el carbón necesario se distribuye en 2 a 4 columnas de hierro o PVC. Se usa carbón activado granulado de una malla adecuada con capacidades de adsorción operativa de alrededor de 5 o 6 gr Au/Kg de carbón. Lo adecuado es cosechar las 3 ó 4 primeras columnas ya que la última concentra muy poco metal por lo que es conveniente usarla en el siguiente proceso.

## **6. CONDICIONES DE OPERACIONES TÍPICAS**

pH	:	10.50
Tiempo	:	10 a 15 días
Cianuro	:	1% a 2%
Agua	:	0.1 m <sup>3</sup> /TM

**7. REQUIRIMIENTOS DE INVERSIÓN PARA UNA OPERACIONES DE 30 TM.**

**7.1. Activos**

Nombre	Cantidad	US\$
Moto Bomba	1 Unid	250.00
Poza de cianuración	1 Unid	600.00
Poza de solución	1 Unid	250.00
Columnas	2 Unid	150.00
Carbón Activado	100 Kg	400.00
Otros		350.00
<b>Total</b>		<b>2000.00</b>

**7.2. Materiales y Reactivos (Para una campaña)**

Nombre	Cantidad	US\$
Cianuro	45 Kg.	90.00
Cal	60 Kg.	20.00
Cemento	400 kg	80.00
Otros		100.00
<b>Total</b>		<b>290.00</b>

**7.3. Servicios**

Nombre	Cantidad	US\$	US\$
Desorción	100Kg	1.00	100.00
Análisis	3 Unid	20.00	60.00
Movilidad			70.00
Mano de obra	2 Pers		250.00
Otros			100.00
<b>Total</b>			<b>580.00</b>

1 Procesos de Cianuración por Francisco Lara Monge