

# Efecto del hipoclorito de sodio y sulfuro de sodio en el tratamiento de los efluentes metalúrgicos cianurados

*Effect of sodium hypochlorite and sodium sulfide in the treatment of metallurgical cyanide effluent*

JULIA MARILÚ CALDERÓN DE ALVARADO<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Docente e Investigadora de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Doctora en Ingeniería Industrial. Magíster en Metalurgia de Transformación y Ciencia de los Materiales. Ingeniero Metalúrgico. Estudios en Diplomado en Sistemas Integrados de Gestión y Diplomado en Gestión Ambiental para el Desarrollo Sostenible. Especialista en Aplicaciones de TICS a la Docencia. Conferencista. Especialista en Normalización Técnica. Jefe de Control de Calidad en Aceros Boehler del Perú S.A (16 años). Gerente Técnico en Aceros del Perú SAC (3 años). Consultora en ISO 9001, 14001, OHSAS 18001 y en la Ley N° 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo y sus Reglamentos. Auditora de Sistemas Integrados de Gestión. Jurado de Tesis de Maestría y Doctorado. Asesora de Tesis de Maestría y Doctorado. Docente Pregrado y Posgrado. Investigadora en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y la Universidad Nacional de Ingeniería. E-mail: jcalderond2@unmsm.edu.pe marilucalderon@uni.edu.pe

## Resumen

La cianuración se aplica en el tratamiento de minerales de oro para obtener oro en solución libre de material estéril, producto de este tratamiento resulta un efluente que hay que tratarlo antes de realizar la descarga al mar o a los ríos. Esta investigación tiene la finalidad de elaborar una metodología para tratar el efluente con contenido alto de cianuro libre. Se estudió el efluente proveniente de la cianuración de oro. Los resultados antes del tratamiento fue de 4917 ppm de cianuro, también se logró determinar la concentración óptima de hipoclorito de sodio y esta es 30 a 60 gr/l y la de sulfuro de sodio, de 10 a 16 g/l en un tiempo de 4 a 7 horas; después del tratamiento la cantidad de cianuro en el efluente disminuyó de 4917 ppm al rango de 0,0611 – 0,1645 ppm. Se caracterizó el efluente para diseñar el tratamiento. Se concluye que con el tratamiento del efluente, se logró reducir el cianuro a cantidades menores de 1 ppm, lo que está dentro de los límites, máximos permisibles de descargas.

**Palabras clave:** efluente, cianuro, hipoclorito de sodio, sulfuro de sodio, metodología

## Abstract

The cyanide is applied in the treatment of gold ores for gold in free solution sterile material product of this treatment is an effluent that must be treated prior to discharge to the sea or rivers. This research aims to develop a methodology for treating the effluent with high free cyanide. The population studied was the effluent from gold cyanidation The results before treatment was 4917 ppm cyanide, is also able to determine the optimum concentration of sodium hypochlorite was 30 to 60 g/l and sodium sulfide was 10 to 16 g/l in a time of 4 to 7 hours after treatment the quantity of cyanide in the effluent decreased from 4917 ppm to the range of 0,0611 to 0,1645 ppm . We have characterized the effluent to design treatment. The conclusion was that the treatment of the effluent cyanide was reduced to smaller quantities of 1 ppm which is within the maximum allowable discharge limits.

**Keywords:** effluent, cyanide, sodium hypochlorite, sodium sulfide, methodology

## 1. Introducción

Los efluentes cianurados contienen alta concentración de cianuro, por lo que es prioritario tratarlos para cuidar el medio ambiente. El tratamiento debe seguir una metodología que permita asegurar la reducción de cianuro a límites permitidos por la normatividad vigente.

El cianuro ha sido utilizado en la extracción de metales desde 1887 y actualmente se utiliza y maneja en forma segura en la recuperación de oro en todo el mundo. Las operaciones mineras para la extracción de oro utilizan soluciones muy diluidas de cianuro de sodio, generalmente entre 0.01 y 0.05% de cianuro (100 a 500 ppm) (Logsdon 2001).

El consumo de materiales en el proceso de eliminación del cianuro depende de la cantidad de  $\text{SO}_2$  contenido en el reductor químico empleado; el valor constante 2,46 g  $\text{SO}_2$ /g de  $\text{CN}^-$  es una consecuencia estequiométrica para la eliminación total de los cianuros. Los costos de operación dependen, en cada caso, de la carga de cianuros alimentada. Normalmente es menor que \$ 0.10/ton de mineral expresado en dólares americanos, para casos en que la concentración de cianuros totales no rebasan 225 ppm. Estos costos pueden disminuir si los reductores son fabricados in situ (Linarte 2001).

La aplicación de diferentes niveles de pH y diferentes concentraciones de  $\text{CuSO}_4$  afectan la degradación del cianuro de sodio en solución acuosa, durante la aplicación del proceso  $\text{SO}_2$ /aire (Colmenares 2007).

Las experiencias se realizaron con aguas residuales procedentes de la Planta "El Valle" que la empresa Río Narcea Gold Mines, S.A. posee en Belmonte (Asturias). Las muestras de agua recogidas provienen tanto de la planta de tratamiento como de los drenajes superior e inferior de la balsa de contención de dicha empresa minera. Es posible que la destrucción del complejo cianurado deje libre el metal, en este caso el cobre, que podría ser eliminado mediante precipitación en forma de hidróxido si se alcanzan las condiciones adecuadas de pH 8,6 (Fernández 2007).

El uso de peróxido de hidrógeno para el trata-

miento de los residuos altamente concentrados con cianuro es muy eficaz (varios miles de ppm son reducidos a menos de 100 ppm). La tasa de eliminación del cianuro con peróxido de hidrógeno varía de horas a minutos, dependiendo de la naturaleza del cianuro (si está acomplejado o libre), las condiciones de tratamiento (pH y temperatura) y la presencia de otros componentes en las aguas residuales. En la mayoría de los casos, la velocidad de reacción y el grado de eliminación de cianuro puede ser reforzada por la adición de pocos ppm de catalizadores que consisten en sales de metales solubles, como el cobre (5-10 ppm). Es ventajoso trabajar con un pH de 9-10 (FMCFORET 2012).

El diseño de este tipo de problemas se lleva a cabo basándose en los antecedentes. En este trabajo se propone una metodología de tratamiento que permita reducir la cantidad de cianuro en los efluentes.

## 2. Metodología

La metodología es experimental para determinar el efecto del hipoclorito de sodio y sulfuro de sodio en el tratamiento de los efluentes metalúrgicos cianurados. Consta de las siguientes etapas: de diseño de la investigación, caracterización y pruebas experimentales.

Estas últimas se llevaron a cabo de la siguiente manera:

- Análisis químico
- Pruebas de sedimentación
- Pruebas para determinación de la cantidad de hipoclorito de sodio y la cantidad de sulfuro de sodio para reducir la cantidad de cianuro.

### 2.1. Las actividades contempladas de acuerdo a la metodología

Se contempla el muestreo y trabajo de laboratorio.

### 2.2. Pruebas Experimentales

#### 2.2.1. Análisis Químico

El contenido de cianuro en el efluente se realizó mediante análisis químico y fue de 4917 ppm.

#### 2.2.2. Pruebas de Sedimentación

Estas pruebas se realizaron para eliminar material particulado que obstaculizan las pruebas posteriores.

A. Determinación de la cantidad de hipoclorito de sodio y la cantidad de sulfuro de sodio.

B. Determinación de hipoclorito de sodio y la cantidad de sulfuro de sodio.

### 3. Materiales y Equipos Materiales

1. Efluente
2. Vasos de 1000 ml
3. Agua destilada
4. Pizeta

#### 1. Equipos



#### 2. Balanza



#### 3. Equipo de Absorción Molecular



#### 4. Resultados y discusión

- La cantidad de cianuro hallada en el efluente antes del tratamiento fue de 4917 ppm.
- Se logró determinar la concentración óptima de hipoclorito de sodio que fue de 30 a 60 gr/l.
- Se determinó la cantidad de sulfuro de sodio que fue de 10 a 16 g/l en un tiempo de 4 a 7 horas.
- Después del tratamiento, la cantidad de cianuro en el efluente se disminuyó de 4917 ppm al rango de 0,0611– 0,1645 ppm, con lo cual las empresas estarán cumpliendo con la normativa legal de descargas minero-metalúrgicas.

#### 5. Aplicación práctica de los Resultados de la Investigación

La aplicación práctica de los resultados se realiza en la minería aurífera, ya que les permitirá cumplir con las descargas minero-metalúrgicas dentro de los límites máximos permisibles de efluentes.

#### 6. Conclusiones y Recomendaciones

- La conclusión es que la cantidad de cianuro en el efluente cianurado disminuyó de 4917 ppm al rango de 0,1645–0,0611 ppm
- La recomendación es que el tiempo de tratamiento debe ser de 4 a 7 horas.

#### 7. Agradecimiento

Al Vicerrectorado de Investigación por el financiamiento del Proyecto de Investigación N° 121601051.

#### 8. Referencias bibliográficas

Amat, A. M., Arques, A., & Santos-Juanes, L. (2008). Eliminación de efluentes industriales cianurados. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. España.

Colmenares, W. (2007). Efecto del pH y la concentración de sulfato de cobre sobre la degradación del cianuro de sodio en solución acuosa utilizando el proceso SO<sub>2</sub>/Aire. Creative Commons By-SA.

Fernández, B. (2007). Desarrollo de un nuevo método para la eliminación del cianuro de aguas residuales de mina. Oviedo: Univeridad de Oviedo.

FMCFORÉ. (7 de noviembre de 2012). FMC Forret. Obtenido de <http://www.fmcforet.com>

Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. (s.f.). Minería on line. Recuperado el 20 de abril de 2012,

de [www.mineriaonline.com.pe](http://www.mineriaonline.com.pe): <http://www.mineriaonline.com.pe>

Kuyucak, N. (24 de junio de 2009). Ministerio de Energía y Minas. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe>

Linarte, R. (2001). Destrucción del cianuro en efluentes de la industria minera mediante el empleo de reductores químicos. México: Catálisis Industrial S.A.

Logsdon, M. (2001). El manejo del cianuro en la extracción del oro. Consejo Internacional de Medio Ambiente.

Mas, M. A. (s.f.). Procesos de destrucción de complejos cianurados. Argentina. Obtenido de [www.fcai.uncu.edu.ar/](http://www.fcai.uncu.edu.ar/):<http://www.fcai.uncu.edu.ar/>

Pamo, L. (2002). Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina. Boletín Geológico y Minero, 3-21. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org>