

# “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”

**Wagner Colmenares Mayanga**  
<http://www.ingenieriaquimica.org/usuario/wagner>

Este trabajo fue descargado del siguiente sitio:

[http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/degradacion\\_cianuro\\_sodio](http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/degradacion_cianuro_sodio)

Para conseguir una copia actualizada de este trabajo, por favor diríjase a esa dirección.

El contenido de este trabajo es propiedad intelectual de su autor, y se distribuye bajo una licencia [Creative Commons By-SA](#) . Ello implica que en la utilización de la obra u obras derivadas usted debe:

- Reconocer los créditos de la obra, citando los autores, y la fuente en la que se obtuvo originalmente (mencionada arriba).
- Compartir la obra derivada bajo la misma licencia.

[www.ingenieriaquimica.org](http://www.ingenieriaquimica.org)

## 1. Título del Tema

“Efecto del pH y la Concentración de Sulfato de Cobre sobre la Degradación del Cianuro de Sodio en Solución Acuosa Utilizando el Proceso  $\text{SO}_2/\text{Aire}$ ”

## 2. Antecedentes

La cianuración es una tecnología que se utiliza desde hace 100 años en la recuperación de oro primario, sobre todo en la minería grande y mediana. En la pequeña minería, su uso es bastante nuevo. Debido a que algunos materiales auríferos (oro refractario o fino) no pueden ser concentrados satisfactoriamente por ningún método gravimétrico, en los últimos años el empleo de la cianuración se ha difundido bastante en la pequeña minería aurífera de los países andinos como Perú, Chile, Ecuador, Colombia y Venezuela y también en varios países africanos (HRUSCHKA, F.; 1998)

Al margen de sus indudables ventajas de alta recuperación, la cianuración, puede causar y está causando un grave impacto ambiental. El cianuro es altamente tóxico. Sin embargo, al contrario del mercurio, el cianuro es biodegradable. Al cianuro se le encuentra en los diques de colas que constituye el efluente de la planta recuperadora de oro o plata (GARCIA, 2004).

El efluente de una planta de recuperación de oro típicamente contiene entre 600 a 1000 ppm de NaCN, el cual es acumulado en pozos de tratamiento para su degradación natural. Sin embargo dependiendo de varios factores esta degradación puede durar semanas y aun meses, lo cual significa un peligro latente de posibles derrames, percolaciones a un acuífero cercano y emanaciones de HCN gaseoso cerca del pozo de tratamiento. Se tiene registrado algunos accidentes que causaron la muerte masiva de peces y vida acuática (GONZÁLEZ, S.; 2004).

Al contrario de algunos tecnólogos que defienden la degradación natural del cianuro de sodio en los pozos de tratamiento, se sabe que niveles de 150 a 300 ppm son letales al ser humano y que niveles de 50 ppm se puede percibir con el olfato. La dosis letal de HCN es de 90 a 100 ppm y se puede percibir desde los 20 a 30 ppm (BACHILLER y RENDUELES, 2001).

El riesgo medioambiental reside en la balsa (pozas de tratamiento), ya que filtraciones o roturas pueden producir una catástrofe. En los nuevos proyectos que se plantean actualmente en estas plantas, se pretende la reducción del contenido en cianuros de los efluentes del proceso, antes de su ingreso a las balsas por una razón fundamental, la propia reducción del riesgo medioambiental que supone tener una balsa de grandes dimensiones con todos los problemas de almacenamiento que ello conlleva. El recomendable por normas ambiental internacional disminuir el nivel de cianuro en los efluentes mineros a 1 ppm de cianuro total, valor muy cercano a la norma para el agua potable que es de 0.5 a 0.2 ppm según el país (LOGSDON, et. al., 2004).

La degradación del cianuro por oxidación acelerada puede realizarse por varios métodos, uno de los cuales, el más conocido y empleado por razones económicas es el proceso con SO<sub>2</sub>/aire. Sin embargo, este proceso depende de varios parámetros como pH, concentración de CuSO<sub>4</sub> y otros que son propios del efluente de un lugar específico y cuyos valores son desconocidos (GOLD INSTITUTE, 1996).

### **3. Justificación**

Se pretende en este trabajo disminuir el contenido de cianuro de sodio en los efluentes de plantas mineras a niveles iguales o menores que 1 ppm para de esta manera minimizar el impacto medioambiental sobre el medio acuoso de estas plantas y asegurar una atmósfera libre de emanaciones de HCN.

### **4. Planteamiento del Problema**

Se quiere demostrar que diferentes niveles de pH y diferentes concentraciones de CuSO<sub>4</sub> afectarán la degradación del cianuro de sodio en solución acuosa durante la aplicación del proceso SO<sub>2</sub>/aire.

### **5. Marco Teórico**

El cianuro es uno de los principales compuestos utilizados por la industria química debido a su composición de carbono y nitrógeno, ambos elementos comunes, y a la facilidad con la cual reacciona con otras sustancias. Anualmente se utiliza más de un millón de toneladas de cianuro, de los cuales cerca del 20% se utiliza en minería en todo el mundo, mayormente para la recuperación de oro (HABASHI, F., 1987)

Después de haber extraído el oro por medio de procesos hidrometalúrgicos, pueden estar presentes tres tipos principales de compuestos de cianuro en los efluentes residuales o en las soluciones de los procesos: cianuro libre, cianuro débilmente complejo y cianuro fuertemente complejo. Juntos, los tres compuestos de cianuro constituyen el “cianuro total”. Al conocer la química de estos tres tipos de cianuro se puede comprender su comportamiento respecto de la seguridad y el ambiente (SCOTT y INGLES, 1991).

Se emplean cuatro formas generales de tratamiento de la solución de cianuro:

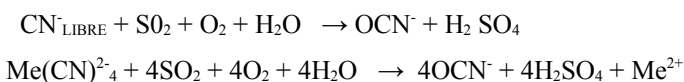
- Degradación natural
- Oxidación química
- Precipitación
- Biodegradación

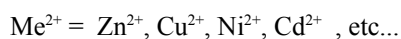
En la **Degradación natural** el principal mecanismo es la volatilización con posteriores transformaciones atmosféricas a sustancias químicas menos tóxicas. Otros factores como la oxidación biológica, la precipitación y los efectos de la luz solar también contribuyen a la degradación del cianuro.

Los procesos de **oxidación química** para el tratamiento del cianuro incluyen el proceso con SO<sub>2</sub>/Aire (desarrollado por dos compañías mineras canadienses, INCO y NORANDA) y el proceso de tratamiento con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peróxido de hidrógeno) (iniciado por Degussa). Una alternativa de oxidación química más antigua, el Proceso de Cloración Alcalina, se utiliza rara vez en la industria minera en la actualidad. En el proceso con SO<sub>2</sub>/Aire, el cianuro libre y el cianuro DAD se oxidan y el cianuro de hierro se precipita como un sólido insoluble. El proceso puede aplicarse a soluciones o a lodos y la reacción es rápida. Las posibles limitaciones son la necesidad de obtener una licencia para utilizar el proceso, el costo de construcción de una planta procesadora, **la necesidad de realizar ensayos empíricos para optimizar el sistema** y la incapacidad del proceso para oxidar subproductos intermedios del cianuro (Noranda 1994, Konigsmann et al 1999).

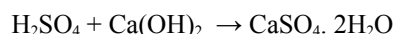
Las ecuaciones básicas del proceso SO<sub>2</sub>/aire se pueden resumir de la manera siguiente:

**oxidación**

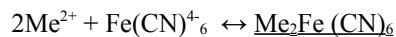
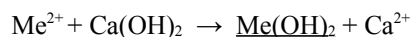




#### **neutralización**



#### **precipitación**



La **precipitación** de cianuros estables se puede obtener mediante el agregado deliberado de complejantes tales como el hierro. Esto reduce la concentración de cianuro libre y también es eficaz para controlar los elevados niveles de otros metales que pueden estar presentes. Los cianuros de hierro pueden reaccionar con otras sustancias químicas en solución y producir precipitados sólidos, que pueden contener una docena de sales insolubles de cianuro, removiendo de esta manera el cianuro de la solución. Parte del cianuro de las soluciones de los procesos reaccionará con otros componentes químicos que se encuentren dentro del sistema y formarán concentraciones mucho menos tóxicas de compuestos tales como el amoníaco, el nitrato y el dióxido de carbono.

La **biodegradación** del cianuro es la base de los sistemas de tratamiento de los efluentes residuales industriales, como los utilizados por Homestake Mining Company en los Estados Unidos e ICI Bioproducts en el Reino Unido. Durante más de una década, se ha empleado un proceso biológico para tratar el cianuro en la Mina Homestake en Lead, Dakota del Sur, con el fin de satisfacer los criterios ambientales de descarga. Las condiciones aeróbicas son mucho más favorables para la degradación del cianuro que las condiciones anaeróbicas, aunque los organismos anaeróbicos pueden ser eficaces para tratar el cianuro en concentraciones de hasta varios miligramos por litro. Se han creado tanto sistemas activos como sistemas pasivos de tratamiento biológico; estos sistemas remueven el cianuro empleando microorganismos aeróbicos o anaeróbicos (LIEN 1991).

## **6. Marco Legal**

-El código del medio ambiente y los Recursos Naturales D:L: N° 613 de 1990, señala que le corresponde prevenir y controlar la contaminación ambiental y cualquier

proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que pueda interferir en el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad.

-La Ley General de Salud, Ley N° 26842 de 1997, establece que es responsabilidad del Estado vigilar, cautelar y atender los problemas de salud ambiental, asimismo reconoce el derecho de toda persona a ser debida y oportunamente informada por la Autoridad de salud sobre medidas y Prácticas de higiene. Se señala también, la responsabilidad compartida del Estado con los particulares para el mantenimiento del ambiente dentro de los estándares establecidos por la autoridad competente para preservar la salud.

-En relación a la actividad minera, en el año 1993, por Decreto Supremo No 16-93-EM, se aprobó el Reglamento de Título Décimo Quinto del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, sobre el medio ambiente, el mismo que ha sido modificado por Decreto Supremo No 059-93-EM. En el año 1998, se publica el D.S. No 038-98-EM que aprueba el Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera. (30.11.98), que en **Artículo 1° dice:** El titular de la actividad minera (Titular), es el responsable por las emisiones, vertimientos y disposición de desechos al medio ambiente que se produzcan como resultado de las actividades de exploración minera efectuadas en el área de su concesión. A este efecto es su obligación evitar e impedir que se sobrepasen los niveles máximos permisibles establecidos, para aquellos elementos o sustancias que por sus concentraciones o prolongada permanencia puedan tener efectos adversos en el ambiente. Cualquier efecto perjudicial ocasionado al medio ambiente deberá ser rehabilitado utilizando las mejores prácticas disponibles

## 7. Hipótesis

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.

## 8. Variables:

(

Variables independientes:-

- Concentración de  $\text{CuSO}_4$
- pH

Variable dependiente:

- degradación del NaCN en solución acuosa

## 9. Objetivos

### Objetivo General

Determinar si el pH y la concentración de Sulfato de Cobre influyen sobre la degradación del cianuro en solución acuosa utilizando el Proceso  $\text{SO}_2$ /Aire.

### Objetivo Especifico

- Determinar las concentraciones óptimas de pH y concentración de  $\text{CuSO}_4$  para la destrucción de cianuro.
- Determinar el nivel de destrucción del cianuro expresado como porcentaje de destrucción.

## 10. Método

Para determinar la influencia de las dos variables independientes (pH y concentración de  $\text{CuSO}_4$ ) sobre la degradación del cianuro se planificará un diseño experimental del tipo factorial completamente al azar con dos factores, cada uno de ellos con cuatro niveles:

- pH = 6, 8, 10 y 12
- Concentración de  $\text{CuSO}_4$ : 10 , 20, 30 y 40 mg/litro).

Por lo tanto se realizará 16 experimentos, los cuales se repetirán tres veces, haciendo un total de ensayos de 48.

Se construirá un reactor de 1 litro de volumen de trabajo, en el cual se introducirá la solución de NaCN con una concentración de 1000 ppm para todos los ensayos.

La cantidad de SO<sub>2</sub> y aire se calculará de acuerdo a las ecuaciones estequiométricas dadas anteriormente, considerando para cada uno un exceso de 20%.

Después de terminar cada experimento se realizará el análisis de NaCN utilizando el fotómetro de Hanna, Modelo C200 con el kit para análisis de cianuro.

Los datos se registrarán en una tabla de doble entrada y los valores promedio serán analizados estadísticamente (Análisis de Varianza) para determinar si existe o no influencia de las variables ensayadas sobre la degradación del cianuro. Se empleará un programa estadístico comercial.

### 11. Recursos Materiales

- Reactor de degradación, de 1 litro de capacidad
- Compresora de pecera para aireación
- Fotómetro Hanna, Modelo C200 con kit para análisis de cianuro
- pHmetro
- buretas
- balanza analítica, resolución, 0.001 mg
- NaOH en pellets
- NaCN
- Agua destilada

### 12. Cronograma

#### 1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

ACTIVIDADES		PROGRAMACION																			
		MES 1		MES 2		MES 3				MES 4				MES 5				MES 5			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Mes	1 a 4	1 a 4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Seman.																					



Revisión bibliográfica	X	X	X	X															
Elaboración del proyecto		X																	
Prestación de proyecto		X																	
Recolección de muestra			X	X															
Procesamiento de muestra					X	X	X	X											
Recolección de datos						X	X	X	X	X									
Análisis estadístico de datos									X	X	X	X							
Análisis e interpretación											X	X							
Elaboración de informe											X	X	X	X					
Presentación de informe																		X	

### 13.- PRESUPUESTO:-

Para la ejecución del presente proyecto se requerirá del siguiente presupuesto .

Recursos Humanos S/. 2000.

Bienes S/. 2000

Servicios S/. 3000

---

S/.7000

### 14.- FUENTES DE INFORMACION.

1.-GARCIA, VICTOR; 2004. “Para despejar dudas Uso de cianuro en la minería del oro”, Diario El Zonda – [victorgarcia@diarioelzonda.com.ar](mailto:victorgarcia@diarioelzonda.com.ar)

2.-GONZÁLEZ, SILVIA.; 2004. “El Cianuro es Tóxico y Letal”. Por La Séptima Digital *Tuesday July 27, 2004 at 01:09 AM*. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. <http://argentina.indymedia.org/news/2004/07/212476.php>

3.-HRUSCHKA, F.; 1998. “Manejo Ambiental en la Pequeña Minería”. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, Bolivia.

4.-BACHILLER BLANCO D.; RENDUELES DE LA VEGA M., 2001. Reducción del impacto ambiental en el desarrollo de nuevos proyectos de minería de oro. Áreas Técnicas. <http://www.unizar.es/aeipro/finder/MEDIO%20AMBIENTE>

[www.ingenieriaquimica.org](http://www.ingenieriaquimica.org)

- 5.-LOGSDON M. J; HAGELSTEIN K.; y MUDDER T. I.; 2004. El manejo del Cianuro en la Extracción de Oro. Traducido de la publicación en inglés titulada *The Management of Cyanide in Gold Extraction*. CONSEJO INTERNACIONAL DE METALES Y MEDIO AMBIENTE – ICME
- 6.-GOLD INSTITUTE, 1996. “Cyanide” [Cianuro]. En *Gold Issues Briefing Book* [Libro informativo sobre temas relacionados con el oro], Capítulo 4, pp. 1–12.
- 7.-HABASHI, F., 1987. “One Hundred Years of Cyanidation” [Cien años de cianuración]. *C.I.M. Bulletin*, 80: 108–114.
- 8.-SCOTT, J. S. Y J. INGLES, 1991. “Remoción del cianuro de los efluentes de molinos de oro”. *Canadian Mineral Processors Thirteenth Annual Meeting*, Ottawa,