

Ciclo de vida y análisis de riesgo del cianuro en la planta de procesos de Orcopampa

Cycle of life and analysis of risk of the cyanide in the plant of Orcopampa processes

Carlos Del Valle Jurado¹

RESUMEN

La presencia actual del cianuro en importantes catástrofes personales y ambientales indica que el conocimiento y los sistemas de la gestión del cianuro en la explotación minera deben ser mejorados mucho más a fondo. Más específicamente, el contar con acertados estándares en el diseño y en la construcción de las presas de relaves, de la gestión del agua, de la capacitación y entrenamiento de la mano de obra, de la protección de la fauna y del buen funcionamiento de los sistemas de aviso y emergencia, son áreas de atención prioritaria.

Las principales razones de los incidentes ambientales en las explotaciones mineras provienen del pobre diseño de la gestión de las aguas de proceso, del diseño y la construcción de las presas de relaves y de su mantenimiento, además de los frecuentes accidentes en el transporte de pulpas cianuradas.

Con el presente trabajo de investigación, se pretende realizar la definición del trazado y caracterización del cianuro a lo largo del proceso de recuperación del oro y la plata en la planta de procesos de Orcopampa de Buenaventura Cia. de minas. Para ello se realizaron muestreos sistemáticos representativos tanto de la pulpa como de las soluciones que contienen cianuro, para ser analizadas luego en el laboratorio de la empresa minera, en las tres categorías que se puede presentar este compuesto.

En base a los resultados y las mediciones de HCN en los diferentes ambientes del proceso metalúrgico se pretende realizar un Análisis de Riesgo provocado por este consumo de cianuro en la planta de procesos, con la determinación de los peligros actuales y potenciales en cada una de las etapas, calificándolos como paso previo a la propuesta de soluciones para disminuir el riesgo a niveles aceptables.

Luego se discuten los principios de «buenas prácticas» y de la filosofía del «Código Internacional del Cianuro» y su aplicación al proceso utilizado en la mencionada unidad minera, buscando que los logros vayan acorde con el esfuerzo previsto y que cuidadosamente se ha considerado y, además, se establece un plan o normativa de acción previsor.^[8]

Palabras clave: Cianuración en pulpa, Desarrollo sostenible, Análisis de riesgo por el NaCN.

ABSTRACT

The actual existence of cyanide in very significant environmental catastrophes indicates that the cyanide management in the mining operation must be improved. Specifically, disposing right standard in the design and the construction of tailing disposals, water managing, qualification and training labor, fauna protection and the good operation of the systems of warning and emergency, all are areas of high-priority attention.

The main reasons of the environmental incidents in the mining operations comes from poor design of management of process waters, the design and the construction and maintenance of tailing disposals, in addition to the frequent accidents in the cyanided pulp transport.

In the present investigation, we try to get a cyanide layout of the gold and silver recovery process in the plant of processes of Orcopampa of Buenaventura Company of mines, In order to get it we have sampled with a representative method the pulp and the solutions containing cyanide, to be analyzed in the mining company laboratory.

¹ Red Desir, Sede UNMSM, Pab. Ing. Geológica, 3^{er} piso, Ciudad universitaria.
E-mail: cdelvalle@cjp.org.pe / cdelvalle@hotmail.com

On the basis of the results and the HCN measurements in different places of the metallurgical process we have completed a risk analysis caused by this cyanide consumption with the determination of the present and potential hazards in each stages.

After discussing the principles of «good practices» and the philosophy of the «International Code of the Cyanide» and their application to the process used in the mentioned mining unit, we look the profits that are agree with the predicted effort and it is proposed an action plan [8].

Keywords: Pulp cyaniding, Sustainable development, Analysis of risk by the NaCN.

INTRODUCCIÓN

El creciente uso del NaCN en las operaciones mineras de Au y Ag hace necesario un manejo responsable y con conocimientos claros de la peligrosidad y riesgos del mismo. En Orcopampa, el consumo de CN es de 2000 tn/día; por lo que es necesario el actuar con seguridad y eficiencia en la manipulación de este compuesto.

La sustentabilidad es importante pero, no solo como concepto sino como acción de las empresas mineras en forma proactiva; en 1991 durante la segunda conferencia mundial de Gestión Ambiental en las Industrias, fue publicada la «Carta Patente del Desarrollo Sustentable de las Organizaciones», introduciendo así un nuevo concepto de sustentabilidad.

El tema de la gestión ambiental visto como contribución al desarrollo tecnológico y económico tiene una dimensión cultural y política que va a exigir la participación democrática de todos en la toma de decisiones para los cambios que sean necesarios, adoptando acciones voluntarias de conducta y tecnologías más limpias [1].

PROCESO METALÚRGICO

La Planta de Procesos de Orcopampa tiene una capacidad de tratamiento de 1300 toneladas cortas secas por día y su producto final son barras doré. La planta cuenta con las operaciones de: Chancado, molienda –clasificación, concentración gravimétrica, espesamiento, cianuración proceso CIL, cianuración de concentrados gravimétricos, desorción–, electro-

deposición, Merrill Crowe, fundición, lavado ácido de carbón, regeneración de carbón, destrucción de cianuro y disposición de relaves [1], [2].

TÉCNICA DE TOMA DE MUESTRAS

El objetivo principal del muestreo consistió en tomar una muestra en solución, con un volumen suficiente para que pueda ser transportada convenientemente y además, represente con exactitud al material del cual ha sido extraído.

Se tomaron 10 muestras con las respectivas contramuestras en la pulpa y se filtraron obteniendo una solución que, junto con las otras soluciones ya tomadas, se enviaron al laboratorio químico para su respectivo análisis [3], [4].

TÉCNICAS DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS PARA EL BALANCE DEL CIANURO

La variedad de los compuestos de cianuro es la principal causa de que se hayan desarrollado numerosos métodos de análisis. El término cianuro incluye todos los grupos CN en compuestos de cianuro que se puedan determinar como ion cianuro, CN^- , sus compuestos de cianuro en que se puede obtener como CN^- se clasifican en cianuros simples y complejos [4].

Las tres clasificaciones del cianuro que se estudian, están definidas por un método de análisis químico y son los que se requieren con mayor frecuencia en los monitoreos: Cianuro total, Cianuro dissociable en ácido débil (WAD) y Cianuro libre.

Tabla 1. Balance del cianuro en cada fase del tratamiento.

MOLIENDA		CN kg/día
<i>Ingreso:</i>		2681,63
<i>Salida:</i>	Hacia Espesador	1934,54
<i>Consumo:</i>	En HCN y Diferentes Reacciones	747,09
ESPESADOR:		
<i>Ingreso:</i>	Pulpa	1934,54
<i>Salida:</i>		1719,03
<i>Consumo:</i>	En HCN y Diferentes Reacciones	215,51
TANQUES CIL:		
<i>Ingreso:</i>		755,09
<i>Salida:</i>	Pulpa	514,13
<i>Consumo:</i>	En HCN y Diferentes Reacciones	240,96
DESTRUCCIÓN DE CIANURO		
<i>Ingreso:</i>	Pulpa	514,13
<i>Salida:</i>	Pulpa	96,1
<i>Destruído:</i>	En las reacciones con el ácido de caro	418,03
CIANURACIÓN DE CONCENTRADOS GRAVIMÉTRICOS		
<i>Ingreso:</i>		562,82
<i>Salida:</i>		38,00
<i>Consumo:</i>	En HCN y Diferentes Reacciones	524,82
FILTRO PRENSA 1:		
<i>Ingreso:</i>	Pulpa	38,00
<i>Salida:</i>		37,76
<i>Consumo:</i>		0,24
TANQUES DE SOLUCIÓN RICA:		
<i>Ingreso:</i>		1001,70
<i>Salida:</i>	Solución	990,72
<i>Consumo:</i>	En HCN y Diferentes Reacciones	10,98
MERRIL CROWE:		
<i>Ingreso:</i>	Solución	989,1
<i>Salida:</i>	Solución	986,55
<i>Consumo:</i>	En HCN y Diferentes Reacciones	2,55

Fuente: Propia.

Tabla 2. Caracterización de los impactos personales y ambientales reales y potenciales a lo largo del recorrido del cianuro.

Área Crítica	Accidente	Riesgo
Almacén (descarga)	Derrame	Exposición corta, Contaminación
Transporte (hacia planta)	Choque, Volcadura Derrame, Filtración	Inhalación, Exposición corta y/o prolongada, Contaminación
Preparación de Cianuro de Sodio al 10%	Derrame, Caída Filtración	Inhalación, Intoxicación, Exposición corta y/o prolongada, Contaminación
Transporte mediante tuberías hacia las operaciones	Filtración Derrame	Exposición corta y/o prolongada Inhalación, Contaminación
Adición en el procesos de molienda, espesado y CIL	Derrame, Filtración colapso	Exposición corta, Inhalación Contaminación
Adición en el proceso de cianuración de concentrados gravimétricos	Derrame, Filtración colapso	Exposición corta y/o prolongada Inhalación, Contaminación
Dstrucción del cianuro en la Pulpa	Derrame, Caída, filtración	Inhalación ,Intoxicación, Exposición corta y/o prolongada, Contaminación
Pozas de solución barren	Filtración Caída	Intoxicación, Exposición corta y/o prolongada, Contaminación
Transporte mediante tubería hacia la presa de relaves	Filtración Derrame	Exposición corta y/o prolongada Inhalación, Contaminación
Disposición en la presa de Relaves	Filtración, Caída Colapso	Exposición corta y/o prolongada Inhalación, Contaminación

Fuente: Propia.

PRIMERA FORMULACIÓN DE LOS ESCENARIOS PREVISTOS [5], [7]

- El almacén general de las cajas con el cianuro de sodio sólido.
- El transporte hacia la preparación del cianuro de sodio con la soda cáustica.
- La preparación del cianuro de sodio con la soda cáustica con una concentración al 10%.
- El circuito de molienda.
- En la fase de espesado y proceso carbon in leaching (CIL).
- El proceso de destrucción de cianuro de la pulpa con ácido de caro (Peróxido de hidrógeno con ácido sulfúrico) y la fase de Cianuración de concentrados gravimétricos.

Tabla 3. Determinación de los peligros actuales y potenciales en cada una de las etapas.

ETAPAS	ACTIVIDAD	PELIGROS ACTUALES Y POTENCIALES
1	Almacenamiento de Cianuro	Derrame, Exposición, Inhalación, Envenenamiento
2	Carga y transporte del cianuro hacia su preparación	Derrame, Volcadura, Choque Exposición, Contaminación
3	Preparación del cianuro de sodio al 10%	Contacto con vapores, Inhalación, Intoxicación, Exposición corta y/o prolongada
4	Transporte por el sistemas de tuberías hacia las operaciones	Filtración, Inhalación, Intoxicación Exposición, Contaminación
5	Procesos de Molienda, Espesado y “carbon in leaching” (CIL)	Filtración, Contacto con vapores Inhalación, Intoxicación
6	Proceso de cianuración de concentrados gravimétricos	Filtración, Derrame, Inhalación Intoxicación
7	Dstrucción de cianuro en la pulpa	Filtración, Derrame, Inhalación
8	Pozas de solución barren	Filtración, Inhalación, Contaminación
9	Transporte mediante tubería hacia la presa de relaves	Filtración, Derrame, Intoxicación Exposición, Contaminación
10	Disposición en la presa de relaves	Filtración, Derrame, Colapso, Exposición, Contaminación

Tabla 4. Determinación de los períodos de exposición al riesgo de los agentes implicados en el uso de cianuro.

DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL ASIGNADOS A SUS ÁREAS			
Trabajadores	Área de trabajo	Horas/día de trabajo	Sistema de trabajo
4	Molienda	8 h /día	Sin sistema
3	Gravimetría	8 h /día	Sin sistema
2	Cianuración gravimétrico	8 h /día	Sin sistema
4	CIL	8 h /día	Sin sistema
4	Relave	8 h /día	Sin sistema
8	Mecánico y lubricador	8 h /día	Sin sistema
3	Desorción - Electrodeposición	12 h /día	10 x 5
1	Lavado ácido de carbón	12 h /día	10 x 5
4	Merrill Crowe - Fundición	12 h /día	10 x 5
7	Jefe de guardia y otros	12 h /día	20 x 10
8	Jefaturas	12 h /día	20 x 10

Fuente: Planilla de trabajadores de Orcopampa Cía. de minas.

ANÁLISIS DE RIESGOS EN EL CONSUMO DE NACN

De acuerdo a la Ficha de Evaluación de Riesgos, donde se presentan los niveles o grados de riesgos expuestos, se concluye que el manejo del cianuro es de por sí crítico; siendo su prioridad de atención en la mayoría de las tareas o actividades «INMEDIATA» por ser mayor a 600 (PR > 600). [1], [7]

DETERMINACIÓN DEL DAÑO POSIBLE CAUSADO POR ACONTECIMIENTO NEGATIVO

Se refiere al daño debido a un potencial derrame o filtración de solución conteniendo cianuro de sodio en alguna de las fases del proceso metalúrgico y que rebasa los límites de contingencia [1], [7].

CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE SUCESOS EN CADA FASE

De acuerdo al periodo de ocurrencia se puede estimar el índice de frecuencia, que es la probabilidad de ocurrencia por la exposición en cada fase o etapa donde se maneja el cianuro de sodio [1], [7].

ESTRATEGIA DE GESTIÓN DEL CIANURO COMO PARTE DE LA DIRECCIÓN AMBIENTAL DE LA MINA

La gestión del cianuro en las operaciones de la planta de procesos es de vital importancia para prevenir

y actuar correctamente ante cualquier situación no controlada, aplicando los medios humanos y materiales disponibles para garantizar una correcta resolución de los problemas a presentarse, haciendo de esta manera más efectiva la respuesta a cualquier situación que pueda suscitarse en el ámbito de las operaciones metalúrgicas [4].

FORMACIÓN Y ENTRENAMIENTO EN UNA BUENA GESTIÓN DE CIANURO PARA LOS ENCARGADOS, LOS TRABAJADORES Y LOS CONTRATISTAS [5]

Difundir conocimientos sobre el desempeño de las labores que cada trabajador tendrá que realizar antes, durante y después de la situación de riesgo y emergencia.

El reconocimiento de materiales con cianuro en la operación.

Concientizar a todos los trabajadores para actuar de manera oportuna y eficiente en caso de una situación de riesgo y emergencia.

Crear en todos los trabajadores una motivación favorable que permita hacerlos partícipes de la prevención y control de las situaciones de riesgo y emergencia.

Capacitar y formar para actuar en casos de situaciones de riesgo y emergencia a todo el personal de la empresa, involucrados directa o indirectamente en la gestión del cianuro.

LA INSTAURACIÓN DE PROCEDIMIENTOS SEGUROS PARA EL TRANSPORTE DEL CIANURO, SU ALMACENAJE Y ABANDONO EN LAS PRESAS DE RELAVES

La correcta organización y el establecimiento de procedimientos reducen significativamente el riesgo de accidentes y daños a las personas y al medio ambiente [6], [7].

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presentación del cianuro en forma de pastillas, garantiza que no se forme cianuro en polvo, adicionalmente se encuentra depositado en bolsas de polipropileno debidamente sellado y a la vez en barriles herméticamente cerrados lo que evita emisiones fugases durante el transporte y su almacenamiento. El almacén en Orcopampa fue diseñado y construido de acuerdo a los estándares exigidos por las normas y disposiciones gubernamentales y por consiguiente posee las condiciones seguras para el almacenamiento del cianuro de sodio

Es importante que la empresa minera siga los procedimientos ya establecidos en seguridad, medio ambiente e incluso para la calidad del trabajo y producto final, extrapolando para la gestión específica del cianuro por la peligrosidad y riesgo que esta sustancia reviste.

El análisis de riesgo refuerza el conocimiento de las condiciones de trabajo en relación a la gestión del cianuro en la planta de procesos de Orcopampa, alimentado a planta.

CONCLUSIONES

Es importante que la empresa minera siga los procedimientos ya establecidos en seguridad, medio ambiente e incluso para la calidad del trabajo y producto final, haciendo lo mismo para la gestión específica del cianuro por la peligrosidad y riesgo que es inherente a esta sustancia.

El análisis de riesgo provee los conocimientos de las condiciones de trabajo en relación a la gestión del cianuro en la planta de procesos de Orcopampa, sin

embargo, se propone afianzar dicho conocimiento elaborando un Plan de Fallos con su correspondiente Análisis para las situaciones de mayor peligro, apoyando el análisis en experiencias personales otras plantas.

El consumo de cianuro debe estar cercano al estequiométrico, de tal forma que los remanentes de éste en solución serían los de menor valor, reduciendo, por ende, los riesgos de impactos personales y ambientales, lo cual debe ser correctamente regulado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Del Valle J., Carlos (2006). *Ciclo de vida y análisis de riesgo del cianuro en la planta de procesos de Orcopampa*. Tesis de Maestría (Red Desir-Proyecto ALFA). EAP de Ingeniería Geológica - UNMSM, Lima.
2. Armas Ramírez, Carlos y Armas Romero Carlos. *Tecnología ambiental en nuestro hogar la Nave Sideral Tierra*, Ediciones Apli Graf S.R.L. Auspiciado por CONCYTEC, pp. 429.
3. Smith, Adrian And Mudder, Terry (1991). *Tratamientos de residuos de cianuración* (Traducción por Fernando Hevia Cangas), Minings Journal Books Ltd. Ediciones.
4. American Cyaniding Co. (January, 1981), *Chemistry of cyanidation*, Stanford, Connecticut 1963. Brickell, R.H., *Chemistry of Cyanide Solutions*, C-I-L Inc.
5. Reátegui Lozano Rolando y Tovar Torres María, *Fundamentos y modelos de Educación Ambiental*, Editorial Servicios Gráficos J.J. 2004, pp.293-302.
6. Espinosa M., Carmen L. (Psi. Mg.) (julio, 2005). *Estrategia gerencial en la actividad minera hacia una cultura en seguridad y gestión proactiva*. IV Congreso internacional de medio ambiente en minería y metalurgia. Lima.
7. International Cyanide Management Institute. *Revision of the code and its related documents for the international cyanide management code*. July, 2005.
8. Página web: www.cyanidecode.org