



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, León

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD, TRABAJO Y AMBIENTE

Plan de intervención para la prevención de riesgos a la salud por exposición a cianuro en trabajadores de una empresa minera de oro en Nicaragua.

Proyecto de graduación para obtener el título de Master en Salud Ocupacional

P R E S E N T A:

JUAN CARLOS SHUR LÓPEZ

Médico y cirujano

T U T O R (A):

Ph.D. TERESA RODRÍGUEZ

Facultad de Ciencias Médicas

UNAN-León



Marzo, 2017

DEDICATORIA/AGRADECIMIENTO

Dedico el logro alcanzado en este trabajo a:

Dios padre todo poderoso quien siempre me acompaña y cuida, por darme la vida, salud, sabiduría y por haberme permitido llegar a la finalización de este otro peldaño de formación y conocimiento alcanzado.

Mi madre por ser una mujer emprendedora, fuente de inspiración, quien siempre ha estado a mi lado en todo momento dándome fortaleza, ánimo para seguir adelante y a quien siempre le agradeceré todo su apoyo incondicional brindado.

Mi esposa por su paciencia, sacrificio y apoyo en todo momento.

Mis hijos que son los que me hacen hallar la fortaleza en momentos de flaquezas.

Agradezco a:

Mi tutora, Dra. Teresa Rodríguez por su valioso e incondicional apoyo para ayudarme a sacar adelante mi Plan de Intervención.

La Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León), través del Centro de Investigación en Salud, Trabajo y Ambiente (CISTA), por crear las bases científicas del conocimiento y las herramientas necesarias para todos los profesionales que ahora estaremos egresando de esta Alma Mater como Master en Salud Ocupacional, la cual nos permitirá prevenir las enfermedades ocupacionales en las instituciones de trabajo con todo el conocimiento aprendido.

A todos los docentes y personal administrativo del CISTA, por su vocación de servicio.

GLOSARIO

Ácido Cianhídrico: Forma de cianuro libre, volátil que puede ser liberado durante el proceso de lixiviación en dependencia del grado de acidez de la solución. Es la forma más letal del cianuro.

ADR: Adsorción, desorción, reactivación.

Agitadores/lixivadores: Son tanques que pueden ser metálicos o de concretos y se usan para mantener los sólidos en suspensión, es decir que agitan, homogenizan, mezclan o acondicionan una pulpa de mayor densidad, de tal modo que quede lista para entrar en contacto con los reactivos y también para recuperar agua.

Área de bodega del cianuro en el almacén principal: Es el sitio en donde se encuentran almacenadas las cajas de cianuro

Área de preparación de cianuro – ADR: Sitio en donde se realiza la preparación de esta sustancia química para ingresarla al proceso.

Área de Lixiviación o tanques CIP: Sitio en donde se encuentra la pulpa cianurada en el proceso del desprendimiento del oro con carbón activado.

Área de presa de cola: Sitio en donde se almacenan los desechos tóxicos derivados de los procesos productivos de la extracción del oro.

Carbón activado: Es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar al del grafito, es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar extensas áreas

superficiales por grama de carbón. Puede ser preparado a partir de diferentes materiales: Carbón, madera, petróleo, tuba, cascara de coco, etc.

Cianuración: Proceso de extracción de oro del mineral mediante el uso de cianuro de sodio.

Cianuro de sodio: Es un compuesto sólido e incoloro altamente tóxico. En presencia de agua se hidroliza a ión cianuro, el cual atrae a los metales preciosos, separándolos del mineral.

Cianuro libre: Se consideran formas de cianuro libres al ion de cianuro no complejo (CN-) y al cianuro de hidrógeno gaseoso o acuoso (HCN).

CIP: Carbon in pulp (Carbón en pulpa), es un método de recuperación del oro a partir de una solución cianurada, mediante la absorción del oro por gránulos de carbón activado.

El Código, Código del Cianuro: Código Internacional para el Manejo del Cianuro para la fabricación, el transporte y el uso del cianuro en la producción de oro.

Espesador: Es un tanque encargado de sacar el agua de la pulpa, es decir para espesar el material y trabaja bajo el principio de gravedad o sedimentación.

Filblast: Reactor colocado en los agitadores, el cual permite acelerar la reacción y la extracción del oro del sólido, logrando desde un 70-77 % de oro extraído.

Floculantes: Son polímeros sintéticos de alto peso molecular, el cual tiene moléculas de cadenas largas y con gran afinidad por las superficies solidas.

Lixiviación: Es una operación la cual consiste en hacer pasar un solvente a través de una capa de material pulverizado, para extraer uno o varios constituyentes solubles.

Ley: Es el porcentaje del contenido metálico encontrado en el mineral.

Mineral: Es un elemento o compuesto químico que se encuentra distribuido en la naturaleza, el cual se ha formado mediante procesos naturales, de composición y estructura definidas. Puede estar adherido a una roca o encontrarse de manera pura en cantidades suficientes.

PETAR: Permiso escrito de trabajo de alto riesgo.

Pulpa: Se refiere a la mezcla de sólido y líquido del mineral en una suspensión, de manera tal que sus características y composición puedan ser estudiadas.

pH: Medida de la acidez o alcalinidad de una solución, según la cual un valor de 1.0 unidades convencionales es extremadamente ácido. 14.0 unidades convencionales es extremadamente alcalino y 7.0 unidades representa una solución neutra.

pH-metro: Es un instrumento con un sensor que se utiliza para medir el pH de una solución.

Procedimiento: Son todas aquellas metas y objetivos de desempeño indicados en el Código que deben lograrse para cumplir con los principios de éste.

RESUMEN EJECUTIVO

En este documento se presenta un plan de intervención para la prevención de la exposición de los trabajadores a cianuro y los consecuentes riesgos a la salud en una empresa minera de oro. Previo a la elaboración del plan se realizó un diagnóstico con el objetivo de caracterizar el riesgo a la salud por exposición de los trabajadores al cianuro.

Métodos para la realización del diagnóstico:

Para el diagnóstico se realizó una entrevista al gerente de la empresa, se revisó la información teórica de la sustancia, se estimó el nivel de riesgo por el uso de cianuro utilizando el método cualitativo COSHH essentials, el nivel de probabilidad de que ocurra una intoxicación por cianuro se estimó mediante el método establecido en el sistema de gestión de la seguridad en la misma empresa evaluada el cual toma como base la verificación de eventos indicadores y sucesos no deseados establecidos en el Código Internacional para el Manejo del Cianuro, se analizaron las alertas de emanaciones de ácido cianhídrico en los detectores individuales de los trabajadores y se realizó un análisis descriptivo de los diagnósticos de problemas de salud durante el año 2015.

Los resultados del diagnóstico fueron:

- Se estimó que el nivel de riesgo en base a la peligrosidad del cianuro es de 4 (máximo posible).
- Se observaron eventos indicadores y sucesos no deseados que pueden llevar a la exposición de los trabajadores al cianuro, un ejemplo de esto fue el registro de 596 alertas por superación del límite de exposición laboral techo para el ácido cianhídrico.
- Se identificaron 3 rutas de exposición que parten del polvo de las briquetas, de las emanaciones de HCN de tanques, tuberías y válvulas y finalmente del derrame de pulpa cianurada, siendo la principal vía de exposición la inhalatoria.
- Durante el año en que se realizó el diagnóstico no se reportaron eventos a la salud relacionados con exposición al cianuro.

En base a los resultados anteriores, se propuso un plan de intervención a un costo de U\$ 8,470.00 cuyo **objetivo de desarrollo** es:

Mejorar la gestión de la salud y seguridad ocupacional de la empresa evaluada reduciendo la probabilidad de ocurrencia de efectos a la salud agudos y crónicos asociados a la exposición al cianuro utilizado en la lixiviación del oro.

Las estrategias propuestas para cumplir el objetivo de desarrollo son:

E1: Gestión del conocimiento de peligrosidad del cianuro de sodio para el personal del área de Lixiviación.

E2: Transferencia de conocimientos sobre peligrosidad de las sustancias químicas y su manejo.

E3. Transferencia de conocimientos sobre el manejo del paciente intoxicado por cianuro de sodio.

E4. Gestión de las fallas de seguridad encontradas en el sistema de gestión en todo el proceso que incluye la presencia del cianuro (transporte, almacenamiento y uso del cianuro de sodio).

E5. Control y vigilancia de la salud.

No se recomendó la sustitución del cianuro en el proceso de lixiviación por que no se encontró un agente con la misma capacidad lixivante del cianuro que estuviera disponible a una escala que permita satisfacer la demanda de producción de empresas mineras grandes o requerían un cambio completo del proceso que implica la sustitución de todos los equipos del circuito de lixiviación lo que se considera en este momento inviable.

INDICE

	Pág
Introducción	1
Capítulo 1.	2
Diagnóstico situacional	
1.1 Descripción de la empresa	2
• Flujo de proceso	4
1.2 Objetivos	15
1.3 Metodología	16
1.4 Resultados	24
1.5 Discusión	45
1.6 Conclusiones	50
Capítulo 2.	51
Análisis de prioridades	
Capítulo 3.	54
Propuesta de Intervención	
Presupuesto	65
Relación beneficio/riesgo	66
Consideraciones éticas	67
Referencias	68
Anexos	70

INTRODUCCIÓN

Según cifras del Consejo Mundial del Oro para el año 2013, la minería del oro a nivel global representó entre 3-10% del producto interno bruto (PIB), 1-2% del empleo total, 30-60% de las exportaciones totales y 60-90% de la inversión extranjera directa (IED).¹ En Nicaragua, actualmente están operando 48 minas metálicas (oro y plata) y 4 no metálicas (arena, concreto, relleno de roca, piedra caliza, cal, carbonato de calcio, yeso y piedra pómez) y se encuentran planificadas 106 concesiones más.^{2,3} El territorio ocupado por las explotaciones mineras representa el 14% del territorio nacional y la mayor parte de las explotaciones metálicas se están realizando en los distritos mineros históricos: a) El triángulo del oro en la Región Autónoma del Atlántico Norte (Siuna, Bonanza y Rosita), b) La Libertad/Santo Domingo en el departamento de Chontales y c) El Limón/La India en el Departamento de León.

La producción de oro en Nicaragua se ubica entre las diez mayores de América Latina, produciendo una cantidad anual de 148,529.56 onzas Troy al año, lo que representa un ingreso de 226.67 millones de dólares anuales³ y empleo directo para 6,700 personas aproximadamente.⁴

El proceso de extracción del oro conlleva varias etapas desde la remoción de la roca, hasta la extracción del mineral por lixiviación. Es en el proceso de extracción por lixiviación donde se utilizan reactivos químicos peligrosos tales como el mercurio (en desuso en las empresas mineras, pero que continúa siendo utilizado por los mineros artesanales o güiriseros), el cianuro de sodio y la soda cáustica. En más de un siglo de minería en Nicaragua, el cianuro de sodio es hasta el momento el reactivo más peligroso utilizado debido a la alta tasa de letalidad de las intoxicaciones agudas.⁵ Anualmente se importan en Nicaragua 2,576 ton de cianuro de sodio al 99.90%, siendo la mayor parte de éste utilizado en la minería y un porcentaje mínimo se utiliza como reactivo en algunos procesos de laboratorio.⁶

A pesar de lo anterior, no se encontraron antecedentes de estudios que hayan evaluado la salud de los trabajadores mineros en relación a la exposición a ésta sustancia.

CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa evaluada inició sus actividades a finales del siglo XIX de manera artesanal, alcanzando la escala industrial en 1918. La planta original de procesamiento de oro por cianuración se construyó en 1941, con capacidad para procesar 300 ton/día. En 1992 se incrementó la capacidad de la planta a 500 ton/día y en 1994 una empresa transnacional adquirió las concesiones de exploración y explotación, introduciendo cambios en el proceso de producción que hacen que para 1995 se incremente la capacidad de procesamiento hasta 1000 ton/día. Actualmente la planta opera a una capacidad de 1500 ton/día y utiliza tanto el sistema de extracción subterráneo como el de cielo abierto. El sistema actual de tratamiento de oro y plata es el de cianuración por agitación con un sistema de extracción del de los metales preciosos con pulpa de carbón activado. La producción total es de unas 5,000 onzas troy de oro y unas 1,200 onzas troy de plata por mes.

MARCO REGULATORIO

Según el Arto. 102 de la Constitución Política de Nicaragua, “Los recursos naturales son patrimonio Nacional. La preservación del ambiente y la conservación, desarrollo y explotación racional de los recursos naturales corresponden al Estado; éste podrá celebrar contratos de explotación racional de estos recursos, cuando el interés nacional lo requiera.”

En base a lo anterior, el estado de Nicaragua ha promulgado dos leyes para la exploración y explotación de los recursos minerales:

- Decreto No. 316. Ley general de explotación de los recursos naturales.
- Ley No. 387. Ley especial sobre exploración y explotación de minas.

La Ley 387 fue reformada mediante la Ley No. 525. Ley de reformas a la Ley 387 en las que se establecen los impuestos que las empresas mineras deben pagar a las municipalidades por los derechos de explotación.

Los ministerios involucrados en la regulación de la explotación minera en Nicaragua son:

- El Ministerio de Energía y Minas (MEN) según la Ley N° 612, Reforma a la Ley N° 290, Organización, Competencias y Procedimientos del Poder Ejecutivo.
- El Ministerio de Recursos Naturales y del Ambiente (MARENA).

La Cámara Minera de Nicaragua (CAMINIC) fue constituida en el año un mil novecientos noventa y cinco, siendo la única organización gremial de la empresa privada minera del país. Es una Asociación de carácter civil, autónomo de interés social y no lucrativo, con personalidad jurídica, la cual le fue otorgada mediante el Decreto No 10-50 de la Asamblea Nacional, publicado en la Gaceta Diario Oficial No 189 del 10 de Octubre de 1995.

FLUJO DEL PROCESO

El proceso general de extracción del oro en la empresa evaluada se divide en los siguientes pasos: a) Explotación, b) Trituración primaria y secundaria, c) Lixiviación, d) Adsorción, Desorción y Reactivación (ADR) y electrodeposición, e) Fundición y refinamiento (Figura 1).



Figura 1. Pasos del proceso de extracción del oro en la empresa minera (Elaboración propia).

Todos los procedimientos de la empresa relacionados con la manipulación del cianuro están basados en los principios y normas de práctica contenidas en el “Código Internacional de Manejo del Cianuro” (el Código), el cual fue desarrollado en el año 2000 bajo los auspicios del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Consejo Internacional de Metales y Medioambiente (ICME).⁷ El Código es administrado por el Instituto Internacional para el Manejo del Cianuro (ICMI) y la empresa evaluada, es suscriptora de este programa. Las medidas de protección a la salud y seguridad ocupacional también están basadas en lo establecido en la norma OHSAS18001:2007.

A excepción de las bodegas, toda el área evaluada es a cielo abierto, está cercada con malla ciclón para limitar el acceso, esta adyacente al área de molinos y la distancia hasta las áreas administrativas, la clínica y los talleres mecánico y eléctrico es entre 50 y 100 metros.

A continuación se hace una descripción de cada una de las fases del proceso, se enfatizará en aquellas partes del proceso donde haya posibilidad de exposición al cianuro.

a) Explotación:

Consiste en la extracción de rocas con contenido de mineral (oro y plata). La empresa cuenta con áreas de extracción a cielo abierto y túneles subterráneos. Los metales preciosos de las zonas de explotación están predominantemente asociados a cuarzo de

tipo criptocristalino (granos muy finos en la roca). El oro y la plata en su totalidad se presentan en forma microscópica e incluida en el cuarzo, por lo que es preciso moler muy fino el mineral para su extracción. Los minerales presentes se distribuyen así: Cuarzo (SiO_2) 72 %, Oxidos de hierro 21 %, Pirita (FeS_2) y Clinozoisita ($\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$) <1 %.

b) Trituración primaria y secundaria:

La broza que proviene de la explotación se deposita en la troja primaria la cual se encarga de triturarla hasta un tamaño de 4 pulgadas (trituración primaria), luego la roca fragmentada pasa por la banda transportadora hacia los molinos donde se tritura hasta lograr la pulverización completa (trituración secundaria), después de este proceso la partícula de mineral es de aproximadamente 74 micrones.

c) Lixiviación:

Por definición, la lixiviación es un proceso en el cual se extraen los minerales solubles por medio de la acción química de soluciones lixiviantes. En este caso, se refiere a la extracción del oro mediante el uso de una solución de cianuro de sodio. Esta parte del proceso se detallará desde el transporte hasta su utilización en todo el circuito de extracción del oro debido a que es el objeto de análisis de este trabajo de graduación.

Transporte del cianuro de sodio hasta el sitio de preparación de la solución:

Cada tres meses, un cargamento de cianuro de sodio llega al Puerto y es de inmediato transportado hacia una bodega de cianuro en el almacén principal de la empresa minera. En puerto no se realiza ningún tipo de trasiego ya que se recibe en contenedores cerrados.

Durante el traslado del cianuro desde el puerto marítimo hacia el almacén de la empresa minera, los contenedores van custodiados por la Policía Nacional y la brigada de seguridad. La Policía Nacional abre camino a la caravana para asegurar su traslado y tener libre el paso. El equipo de logística se encarga de realizar las gestiones correspondientes a

la documentación aduanera y tener disponible un kit anti derrame; seguridad. El médico se encarga de brindar recomendaciones generales en caso de derrames u otros incidentes sobre la ruta y realiza la prueba de alcoholímetro a los conductores de los contenedores y les imparte charlas sobre primeros auxilios en caso de intoxicación.

El médico lleva un tanque de oxígeno portátil, mascarilla para oxígeno, ambú, botiquín de primeros auxilios, un kit del antídoto (nitrito de amilo, nitrito de sodio al 3% y tiosulfato de sodio) y directorio telefónico de los hospitales, centros de salud y clínicas por donde pasará la caravana con cianuro.

Desde el almacén principal se transporta diariamente hacia la bodega de ADR, en un camioncito, la cantidad de cianuro de sodio a utilizar, y de ahí es movilizado en un montacargas hacia el área de preparación (Figura 2). Durante el transporte el cianuro es manipulado en sacos de 200 lbs, los cuales vienen adicionalmente embalados en cajas de madera

Preparación de la solución cianurada:

Para la preparación de la solución cianurada se solicita por escrito un permiso de trabajo de alto riesgo (PETAR), el cual debe ser firmado por el superintendente de planta y el supervisor de operaciones. De acuerdo al procedimiento recomendado en el Código, se retiran del área todas las personas que no estarán involucradas en la preparación de la solución y se notifica al guarda de seguridad que se va a iniciar la preparación a fin de que no se permita el acceso a personas ajenas al procedimiento.

En este momento todos los trabajadores deben verificar que su equipo de protección personal (EPP) este completo. El operador del tanque de preparación verifica que el teclé eléctrico está funcionando e inicia la preparación depositando 7.5 m³ de agua en el tanque de preparación hasta una altura de 1.22 mts. Se enciende el mezclador del tanque y se agregan 7 galones de soda cáustica y se verifica que el pH llegue a 12.

Posteriormente con ayuda de una barra burke (pata de chanco) se rompe la caja de madera que protege el saco de cianuro y se coloca éste en el teclé eléctrico con ayuda del cual se deposita en una tolva, la cual rompe el saco y vacía el contenido de éste en el tanque de preparación. La tolva y el tanque de preparación están conectados mediante un sistema cerrado para evitar la liberación de gas cianhídrico (HCN) al contacto del cianuro de sodio con el agua (Figura 3). Una vez adicionado el cianuro de sodio, el nivel del tanque de preparación asciende a 1.52 metros. En este momento el operador debe abrir la válvula de agua que alimenta al tanque y aforar hasta que la solución alcance una altura de 1.83 mts (el tanque tiene una boya de nivel). Durante este proceso, el operador no puede abandonar el área ya que debe asegurarse que el nivel de la solución no supere la altura establecida, en caso de que esto ocurra debe cerrar la válvula del agua y orientar la evacuación inmediata de todos los trabajadores. La solución se agita en el tanque de preparación durante 1 hora para lograr la disolución completa del cianuro de sodio.

Lixiviación en tanques

La empresa cuenta con un circuito de 5 tanques (Figura 4), en los tres primeros tanques se realiza la agitación del mineral proveniente de los molinos con la solución cianurada. El cuarto tanque del circuito es de emergencia, para permitir labores de reparación y mantenimiento en los agitadores sin interrumpir el proceso de agitación y el quinto tanque es el tanque espesador donde se elimina el exceso de solución de la pulpa antes de pasar a ADR.

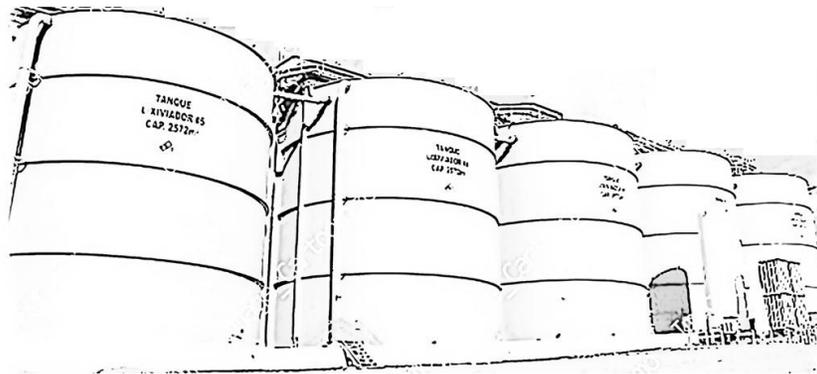


Figura 2. Circuito de tanques lixivadores de la empresa minera. La imagen fue caricaturizada para protección de la identidad de la empresa

La solución cianurada se pasa por tuberías desde el tanque de preparación al primer tanque lixiviación, se agrega el mineral pulverizado proveniente de los molinos (mena), y oxígeno puro con un reactor FILBLAST 230, el cual permite acelerar la reacción y la extracción de oro del sólido logrando desde un 70-77% de recuperación de oro desde el mineral. El consumo de oxígeno es de 0.50 lt/ton. Para que se logre una lixiviación efectiva, se requiere una concentración de cianuro de 450 ppm y la agitación debe mantenerse en 300 rpm. El pH debe mantenerse por encima de 10.5 para minimizar la formación de HCN. Durante el proceso, el pH se está monitoreando a través de pH-metros estacionarios y se adiciona cal cada vez que el pH se acerca al valor de seguridad que es de 10.5, para mantener la alcalinidad.

Durante este proceso la mena proveniente de los molinos pasa a llamarse pulpa. La reacción que ocurre en la pulpa mediante el proceso de cianuración es la formación de un complejo del cianuro con el oro formando dicianoaurato el cual puede encontrarse en forma iónica o como dicianoaurato de sodio. La reacción general del proceso es la siguiente:



El tiempo de agitación requerido es de 60 horas, durante este periodo la pulpa cianurada debe ir pasando de un tanque al otro para evitar la formación de circuitos en la pulpa,

esto es que los sólidos se vayan depositando en las paredes del tanque sin suspenderse en la solución. Esto también permite que el tanque #1 pueda estar libre para recibir nuevo mineral. En la Figura 3 se presenta un diagrama del tanque de agitación:

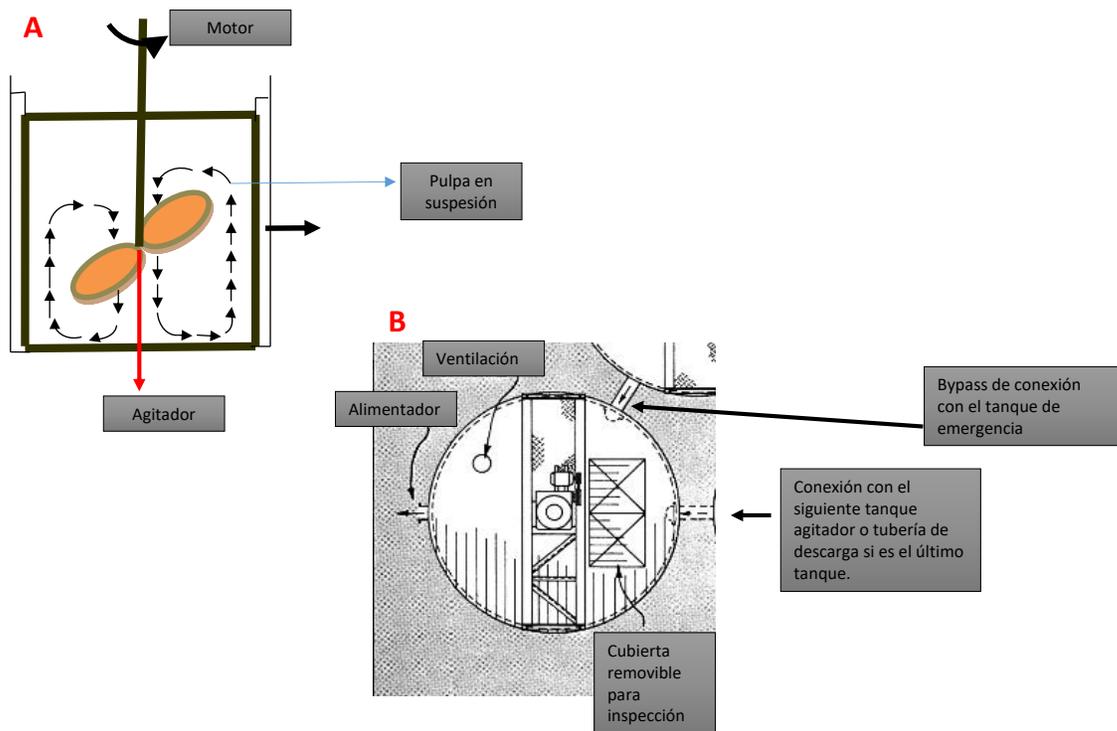


Figura 3. Diagrama del tanque de lixiviación. En la parte A se presenta un corte sagital del tanque y en la parte B una panorámica de arriba hacia abajo.

En la empresa evaluada el proceso de lixiviación se realiza a temperatura ambiente aunque la temperatura óptima de trabajo de la solución cianurada es de 85°C, se hace esto por razones de seguridad ya que entre más alta la temperatura de trabajo, mayores son las emanaciones de HCN.

En el tanque espesador se adiciona a la pulpa cianurada, cal y floculante. La formulación y dosificación del floculante no nos fue suministrada. El espesador tiene una densidad de alimentación del 21-35% sólido y una densidad de descarga del 37-45% sólido.

d) Adsorción, Desorción y Reactivación (ADR):

Adsorción, la pulpa fluye del circuito de lixiviación al circuito con carbón activado utilizando la técnica de extracción en pulpa (CIP), la empresa cuenta con un circuito de 8 tanques para realizar la operación. Para la adsorción del oro en solución se utiliza carbón Calgón extraído del cascara de coco, tipo GRC 22, con dimensiones de 6 x 12 mesh. Su consumo es de 0.15 Kg/ton.

En los tanques CIP se adiciona cianuro, cal, carbón activado y aire. El cianuro es omitido en el último tanque para reducir el contenido de cianuro en la descarga. El circuito CIP funciona en contracorriente, es decir que el carbón activado fluye en dirección contraria a la pulpa. El tiempo de retención es de 192 minutos y la concentración de carbón es de 55-60 g/lit. Hay una extracción sólida del 10-12%.

Mientras el carbón avanza por el circuito adsorbe el oro y el mineral empobrecido conocido como cola es bombeado en tuberías herméticas hacia una pila de oxidación (presa de colas). Antes del vertido en la pila, la cola es filtrada recirculándose el agua cianurada, sin sólidos suspendidos, hacia el sistema de lixiviación previo tratamiento para ajuste de la concentración de cianuro y soda cáustica. Los sólidos son vaciados en la presa de colas donde se le mide el cianuro residual y se trata con cianicidas para inertizar el cianuro. En la empresa se realiza la inertización con hipoclorito de sodio transformando el cianuro en el ion cianato. La presa de colas esta impermeabilizada con una membrana para impedir el paso de los residuos de cianuro al suelo y de ahí al manto freático.

En la empresa evaluada, la presa de colas está construida en alto respecto a la planta a fin de que en caso de que se produzcan emanaciones de HCN, estas sean por encima del aire respirable.

Desorción y electrodeposición: Una vez que el carbón carga en sus poros altos contenidos de oro de la solución, este es removido del tanque para su posterior tratamiento. Previo a

la extracción del oro, el carbón es lavado con óxido nítrico para eliminar los carbonatos depositados en la superficie.

El oro adsorbido sobre el carbón activado es extraído del mismo, mediante una solución cianurada en caliente (la temperatura de operación es 140°C) y sulfato de sodio. posteriormente se coloca en celdas eléctricas con un voltaje de 3.0-3.6 voltios y 700-1000 amperios donde el oro se deposita en la carga de cátodos. Cuando es requerido, el cátodo conteniendo el oro es retirado de las celdas para proceder al proceso de fundición. Se cuenta con una columna de desprendimiento con capacidad de 2 ton, , la presión es de 52 PSI, la concentración de NaOH es del 1%, la concentración de cianuro en este momento es del 0.1% y el tiempo promedio de operación 18 horas/ cada desprendimiento.

Reactivación: El carbón sin el oro es enviado a un horno para reactivar la superficie y posteriormente es mezclado con carbón nuevo para después retornarlo al circuito CIP. La temperatura requerida para la reactivación de de 650°C.

En la Figura 4, están esquematizados los procesos de lixiviación y ADR.

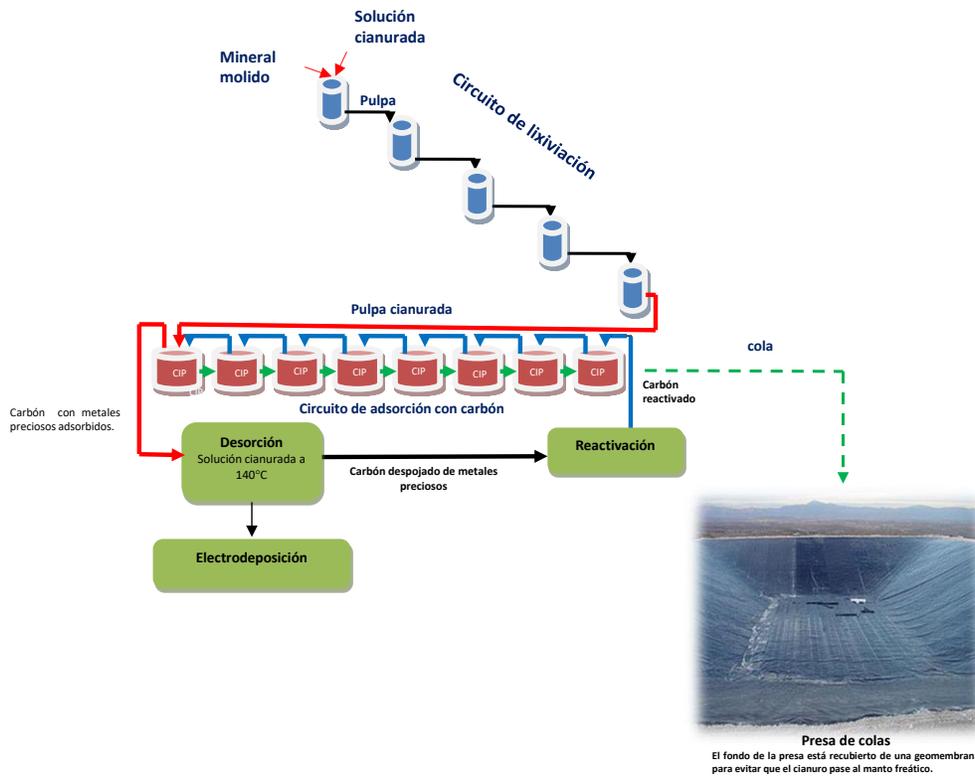


Figura 4. Flujo de los procesos de lixiviación y ADR (Elaboración propia)

a) Fundición y refinamiento:

Los minerales extraídos se someten a una temperatura de 1200 °C y se obtiene el bullion que es una aleación de oro, plata, cobre y zinc (fundición). El horno de fundición utilizado es de combustión con gas propano y usa un crisol grafitado en el cual se puede procesar 140 kg de carga al día.

El bullion es disuelto con agua regia (un volumen de ácido nítrico por 4 volúmenes de ácido clorhídrico), formándose cloruro aúrico en solución el cual es neutralizado con urea y finalmente el oro es precipitado por adición de bisulfito de sodio. Los metales se pasan nuevamente al horno a 1200°C para eliminar las impurezas y se forman los lingotes (Refinamiento).

1.2 OBJETIVOS DEL DIAGNÓSTICO

Objetivo General:

Caracterizar el riesgo a la salud por exposición de los trabajadores al cianuro en una empresa minera de oro en Nicaragua.

Objetivos Específicos:

1. Valorar el nivel de riesgo en base a la peligrosidad del cianuro, tendencia a pasar al ambiente y volumen de uso.
2. Estimar la probabilidad de que ocurra una intoxicación aguda en función del incumplimiento de los protocolos de seguridad para el manejo del cianuro.
3. Identificar posibles rutas de exposición en base a las condiciones de uso.
4. Establecer si los trabajadores presentan efectos a la salud que puedan relacionarse con exposición al cianuro de forma aguda o a largo plazo.

1.3 METODOLOGÍA

Para el presente diagnóstico se realizó una Evaluación de Riesgos Químicos, con estrategias mixtas: cualitativas y cuantitativas.

1.3.1 Áreas/procesos de la empresa incluidas en el diagnóstico:

Las áreas evaluadas fueron: Bodega de cianuro en el almacén general, Bodega de cianuro en el área de ADR, área de preparación/ADR, área de lixiviación, presa de colas.

Los procesos evaluados fueron: Transporte, preparación de la solución cianurada, lixiviación y ADR.

1.3.2 Número de trabajadores involucrados en los procesos evaluados:

Son 40 trabajadores considerando los 3 turnos, de éstos 15 son trabajadores permanentes de la empresa y 25 son trabajadores de una empresa contratista.

1.3.3 Métodos utilizados para obtener información:

a) Se realizó una **entrevista al gerente general** de la empresa minera a fin de conocer los procedimientos relacionados con el transporte, preparación y utilización del cianuro de sodio en el proceso de extracción del oro. La entrevista fue no estructurada y durante ésta se tomó notas de la información ya que no fue autorizada la utilización de grabadora.

La información obtenida en esta entrevista se utilizó para describir el flujo del proceso de la empresa ya descrito en una sección previa de este documento y algunos datos tales como: volumen de uso, frecuencia y duración de los procesos los que fueron utilizados en el método cualitativo para la estimación del riesgo descrito posteriormente.

b) Para identificar los peligros del cianuro de sodio se revisaron las guías de procedimiento de la empresa, la hoja de seguridad suministrada por el fabricante, la hoja de procedimiento suministrada por el proveedor y la información toxicológica sobre el cianuro de sodio en las siguientes bases de datos: GESTIS-database on hazardous substances⁸ and OSHA Occupational Chemical Database Northeastern University.¹⁰

c) Se realizaron **inspecciones *in situ*** en los lugares donde se manipula el cianuro. Durante las inspecciones se utilizó las listas de chequeo recomendadas en la guía de auditoria interna de la empresa, las cuales están basadas en la lista de eventos indicadores y sucesos no deseados establecidos en El Código (Anexos 1 al 5). En base a los hallazgos en la inspección se identificó la ruta y vía de exposición más probable para los trabajadores.

d) Se revisaron los **registros de alerta de gas cianhídrico** de todo el año 2015. La empresa cuenta con monitores fijos en el área de preparación y lixiviación y monitores portátiles individuales para cada uno de los trabajadores. Se nos permitió el acceso a los registros de los monitores individuales, pero no a los registros de los monitores fijos. Debido a que la alerta de los monitores individuales está fijada en el límite de exposición laboral techo (4.7 ppm), solo se analizaron las concentraciones por encima de este valor.

e) Se revisó **los reportes de consulta médica** en la clínica de la empresa durante el año 2015 a fin de identificar si los trabajadores presentaron sintomatología aguda atribuible a exposición reciente al HCN o patologías crónicas que puedan asociarse a la exposición a largo plazo a cualquier forma de cianuro.

1.3.4 Análisis de la información:

a) Para estimar el nivel de riesgo en base a la peligrosidad de la sustancia, la tendencia a pasar al ambiente y la escala de uso se utilizó el **método cualitativo**

COSHH (Control of Substances Hazardous to Health) en su versión simplificada COSHH essentials. Cada una de estas variables está definida y sus categorías indicadas en la tabla de operacionalización de variables. Para el cálculo de nivel de riesgo se utilizó la plataforma del programa.⁹

La clave para la asignación del nivel de riesgo se presenta a continuación:

Grado de peligrosidad	Escala de uso	Baja Volatilidad o pulverulencia	Media Volatilidad	Media Pulverulencia	Alta Volatilidad o pulverulencia
A	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	1	1	2
	Grande	1	1	2	2
B	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	2	2	2
	Grande	1	2	3	3
C	Pequeña	1	2	1	2
	Mediana	2	3	3	3
	Grande	2	4	4	4
D	Pequeña	2	3	2	3
	Mediana	3	4	4	4
	Grande	3	4	4	4
E		4			

- b)** Para estimar la probabilidad de exposición se construyó una tabla con los eventos adversos y sucesos no deseados identificados en la inspección y se indicó con los colores del semáforo la relevancia para la exposición de los trabajadores al cianuro. También se realizó un descriptivo de los valores de HCN registrados en los detectores individuales (media, desviación estándar, mínimo y máximo) y los datos fueron presentados en tablas y gráficos. Se realizó un listado del equipo de protección suministrado y el estado de éste. Se realizó un inventario del Cyanokit y el estado de este, se verificó que hubieran protocolos de actuación para cada uno de los eventos posibles y que estuviera disponible el material necesario para su contención.

Con la información recolectada se determinó de forma cualitativa el nivel de deficiencia en el manejo del cianuro en base a los criterios establecidos en el sistema de gestión de seguridad de la empresa evaluada:

Nivel de deficiencia	Significado
Muy deficiente	Se han detectado muchos peligros que determinan como muy posible la generación de incidentes, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo es nula o no existe, o ambos.
Deficiente	Se han detectado algunos peligros que pueden dar lugar a consecuencias significativas, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas es baja o ambos.
Mejorable	Se han detectado peligros que pueden dar origen a consecuencias poco significativas o de menor importancia, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderado o ambas.
Aceptable	No se ha detectado anomalía destacable, o la eficiencia de las medidas preventivas es alta o ambas.

Para calcular el nivel de exposición se utilizó la clasificación establecida en el sistema de gestión de seguridad de la empresa evaluada:

Nivel de exposición	Significado
Continua	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado en la jornada laboral.
Frecuente	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral con tiempos cortos.
Ocasional	La situación de exposición se presenta alguna vez durante la jornada laboral y por un período de tiempo corto.
Esporádica	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

Mediante la relación de las dos clasificaciones anteriores se establece el nivel de probabilidad de que ocurra una intoxicación aguda por cianuro:

Niveles de probabilidad		Nivel de exposición			
		Continua	Frecuente	Ocasional	Esporádica
Nivel de deficiencia	Muy deficiente	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta
	Deficiente	Muy alta	Alta	Alta	Media
	Mejorable	Medio	Media	Baja	Baja
	Aceptable	Cuando el nivel es aceptable no hay exposición			

c) Se realizó un descriptivo (frecuencia simple y relativa) de los diagnósticos de los problemas de salud de los trabajadores permanentes (15 trabajadores), no se tuvo información sobre los trabajadores sub-contratados.

1.3.5 Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Indicadores	Categorías
Peligrosidad de la sustancia	Capacidad intrínseca de la sustancia para causar daño a la salud.	Frases R de la clasificación de la Comunidad Económica Europea y Frase H del Sistema Globalmente Armonizado	A: Irritantes ojos/piel, narcóticos B: Nocivos. C:Tóxicos D: Muy tóxicos E: Carcinógenos y mutágenos
Tendencia a pasar al ambiente	Capacidad de la sustancia a pasar a un compartimento ambiental desde el que puede entrar en contacto con el trabajador. Para este estudio el compartimento de interés es el aire por lo que se toma como base para la clasificación la pulverulencia del cianuro de sodio y la volatilidad del ácido cianhídrico en base a la temperatura de trabajo.	Clasificación según el método COSHH Essentials en base a lo observado en la inspección.	Baja Media Alta
Escala de uso	Cantidad de la sustancia utilizada en el proceso por día.	Clasificación según el método COSHH Essentials	Pequeña: Gramos Mediana: Kilogramos Grande: Toneladas
Nivel de riesgo	Estimación de la severidad del riesgo por exposición a la sustancia.	Clasificación según el método COSHH Essentials	Nivel 1 Nivel 2 Nivel 3 Nivel 4
Frecuencia de la	Cuántas veces al día se realiza la	Entrevista	Número continuo

exposición	operación que implican la utilización de cianuro		
Duración de la exposición	Cuántos minutos dura cada una de las operaciones que implican la utilización de cianuro	Entrevista	Tiempo en minutos
Eventos indicadores	Evento adverso que de acuerdo al Código debe vigilarse en los procesos para identificar riesgo de exposición de los trabajadores	Listas de chequeo aplicadas en la inspección <i>in situ</i> .	Lista de eventos Ejemplo: Malas condiciones de almacenamiento
Sucesos no deseados	Es el hecho que se busca durante la inspección para verificar de forma rápida si está presente un evento indicador.	Listas de chequeo aplicadas en la inspección <i>in situ</i> .	Lista de hechos Ejemplo: Humedad en la bodega de cianuro en el almacén principal.
Concentración de HCN en aire	Concentración de ácido cianhídrico registrado por los detectores portátiles de los trabajadores	Registro de los gas alert	Valor continuo en ppm
Puesto de trabajo	Actividad para la cual fue contratado el trabajador	Registros de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Empleados de mantenimiento • Empleados del taller eléctrico • SIG operador • Ingeniero Jr. • Automático • Supervisor • Operación • Guarda • Fontanería
Nivel de deficiencia	Grado en que la falta de cumplimiento de las medidas de control para prevenir la exposición	Sistema simplificado de riesgos de accidente.	<ul style="list-style-type: none"> • Muy deficiente • Deficiente • Mejorable

	al cianuro puedan tener una relación causal directa con al menos un caso de intoxicación aguda por cianuro.		<ul style="list-style-type: none"> • Aceptable
Nivel de exposición	Medida de la frecuencia con la que puede darse la exposición.	Sistema simplificado de riesgos de accidente.	<ul style="list-style-type: none"> • Contínua • Frecuente • Ocasional • Esporádica
Nivel de probabilidad de que ocurra una Intoxicación aguda por cianuro		Sistema simplificado de riesgos de accidente.	<ul style="list-style-type: none"> • Alta • Media • Baja
Ruta de exposición	Es todo el recorrido que hace el contaminante desde una fuente hasta entrar en contacto con el trabajador	Inspección <i>in situ</i> .	Numeración arbitraria
Fuente	Lugar actual o potencial de emisión	Inspección <i>in situ</i> .	Cajas de cianuro de sodio en briquetas Tanques de preparación, lixiviadores y CIP Tuberías y válvulas Área de desorción Presa de colas
Receptor inicial	Compartimento ambiental con el que entra en contacto en primer lugar el contaminante desde la fuente	Inspección <i>in situ</i> .	Aire Suelo Aguas superficiales Aguas subterráneas
Punto de contacto	Lugar y mecanismo de contacto de los trabajadores con el cianuro	Inspección <i>in situ</i> .	
Vía de exposición	Tipo de ingreso o puerta de entrada al organismo	Inspección <i>in situ</i> .	Inhalatoria Dérmica Ingestión

Diagnósticos	Cualquier enfermedad que se haya identificado en los trabajadores durante su chequeo periódico o consulta general en la clínica de la empresa	Registro de la clínica	Lista de patologías
---------------------	---	------------------------	---------------------

1.4 RESULTADOS

1.4.1. Estimación del nivel de riesgo en base a la peligrosidad del cianuro, tendencia a pasar al ambiente y volumen de uso.

Peligrosidad:

En la Tabla 1 se presentan los peligros a la salud por exposición al cianuro libre, se entenderá como cianuro libre tanto el ion cianuro (CN⁻), como el ácido cianhídrico (HCN). Los principales peligros identificados son la intoxicación aguda letal por cualquier vía de exposición (oral, dérmica e inhalatoria) y los efectos a largo plazo en glándula tiroides y sistema nervioso central.

En base a las frases R del sistema de clasificación de sustancias peligrosas de la Comunidad Económica Europea (CEE) y a las frases H del Sistema globalmente armonizado (SGA), el sistema COSHH clasifica al cianuro en la categoría D que significa “Más peligroso” (Tabla 1).

Tabla 1. Peligrosidad según el Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA).

Agente	Categorías de peligrosidad según el SGA	Frases R y H	Grado de peligrosidad*
Cianuro libre	Toxicidad aguda por exposición oral, Categoría 1 (Mortal)	R 26/27/28: Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel	D Más peligroso
	Toxicidad aguda por exposición dérmica, Categoría 1 (Mortal)	H300/310/330: Mortal en caso de ingestión, inhalación y contacto con la piel	
	Toxicidad aguda por inhalación, Categoría 1 (Mortal)	H372: Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas	
	Toxicidad específica para órgano blanco, Categoría 1 (Daño en glándula tiroides y sistema nervioso central).		

* En este sistema de clasificación el grado máximo de peligrosidad es el E, pero esta categoría se reserva para carcinógenos y mutágenos. El grado D corresponde al nivel máximo de peligrosidad por exposición aguda.

Tendencia a pasar al ambiente

- Pulverulencia del cianuro de sodio: **BAJA**

El cianuro de sodio es adquirido por la empresa comprimido en forma de briquetas para disminuir al máximo la formación de polvo durante su manipulación (Figura 7).



Figura 5. Briquetas de cianuro de sodio

- Volatilidad del ácido cianhídrico (HCN): **Alta**

La volatilidad es alta independientemente de la temperatura de trabajo debido a que el punto de ebullición del ácido cianhídrico es de 26°C (Figura 8). En los tanques lixivadores la agitación se realiza a temperatura ambiente y en los tanques CIP de 140°C. Durante el año evaluado el rango de temperatura registrada en las bitácoras de procedimiento fue de 29 a 31°C

Temperatura de trabajo en los tanques de lixiviación.

Temperatura de trabajo en los tanques CIP.

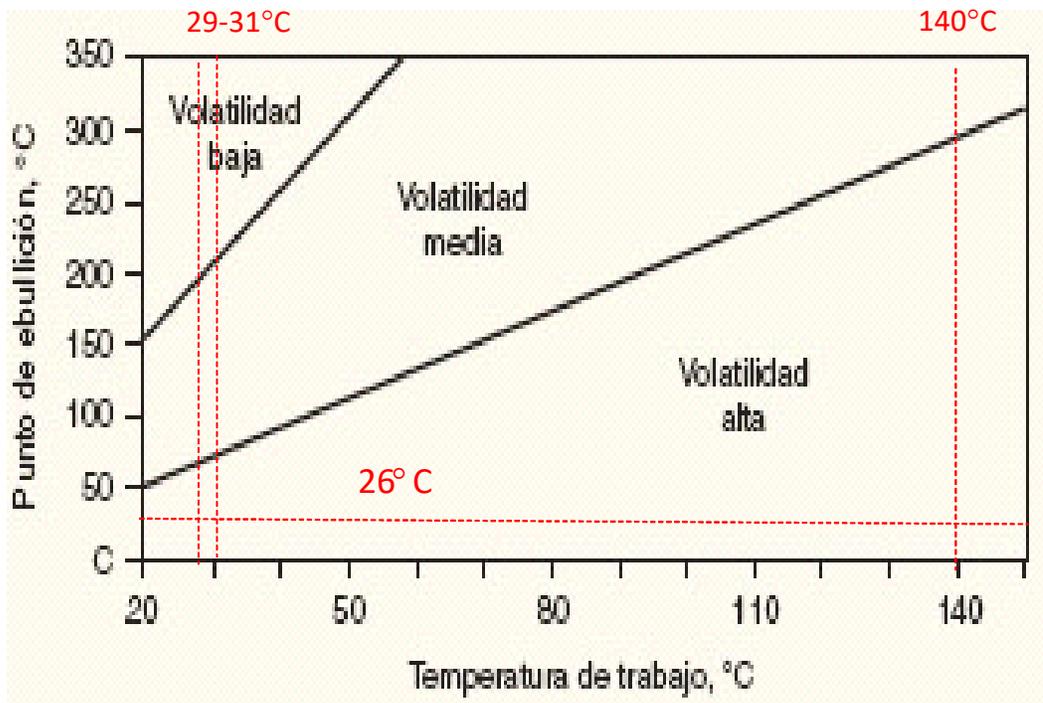


Figura 6. Volatilidad del ácido cianhídrico

Escala de uso:

La cantidad usada según el volumen de mineral procesado en 2015, fue de 1.2 ton al día, por lo cual la escala de uso se considera grande (Tabla 2).

Tabla 2. Volumen de uso de cianuro de sodio en el proceso de lixiviación del oro en la empresa minera evaluada.

Agente	Volumen de uso por día	Escala de uso
Cianuro de sodio	1.2 t	Grande

Frecuencia/duración de la exposición:

Cianuro de sodio:

Se prepara el cianuro una vez en cada turno (3 turnos al día) y el proceso de preparación, dura aproximadamente 3 minutos la adición del cianuro al tanque y una hora la agitación.

Ácido cianhídrico:

Una vez iniciado el proceso la exposición a emanaciones de HCN puede producirse en cualquier momento de la jornada en dependencia del pH de la solución y el estado de las tuberías y las válvulas de los tanques.

Nivel de riesgo:

Tabla 3. Nivel de riesgo por el uso de cianuro en la empresa minera evaluada.

Agente	Peligrosidad	Volatilidad/ pulverulencia	Cantidad	Nivel de riesgo*
Cianuro de sodio	D	Pulverulencia baja	Grande	4
Ácido cianhídrico	D	Volatilidad alta	Grande	4

*En este sistema de clasificación, el nivel máximo de riesgo es 4

1.4.2. Estimación de la probabilidad de que ocurra una intoxicación aguda en función del incumplimiento de los protocolos de seguridad para el manejo del cianuro.

En la Tabla 4 se presentan por cada área de trabajo, los resultados de la inspección *in situ*. Se pudo verificar la presencia de eventos indicadores y sucesos no deseados que podrían derivar en exposición de los trabajadores al cianuro en todas las áreas, sin embargo es durante los procesos de lixiviación/CIP donde se observaron los sucesos más relevantes. Según registro de los detectores de HCN individuales, se produjeron durante 596 alertas por superación del límite de exposición laboral techo durante el año 2015.

Tabla 4. Verificación del cumplimiento de los procedimientos de seguridad establecidos en el Código, mediante la identificación de eventos indicadores y sucesos no deseados en la inspección *in situ* de las área de uso de cianuro.

Área crítica/proceso	Eventos indicadores que deben vigilarse según el Código	Sucesos no deseados que deben vigilarse según el Código*	Evento indicador o suceso no deseado observado en la inspección <i>in situ</i> .	Otros hallazgos
Bodega de cianuro en el almacén principal	Inadecuada zona de almacenamiento	Humedad abundante	Ninguno	Ninguno
	Inadecuada operación de almacenamiento	Derrame de briquetas de cianuro	Ninguno	Ninguno
	Incumplimiento de procedimientos	Emanación de gas cianhídrico	En el protocolo de la empresa no se contempla la medición de gas cianhídrico en el área de la bodega de cianuro en el almacén principal, por tanto no hay detector fijo de HCN, ni los trabajadores de bodega portan un detector portátil.	No hay rotulación en el contenedor donde se almacena la soda cáustica. Los guardias de seguridad ingresan en el área de almacén sin permiso de ingreso y sin equipo de protección personal.
Área de preparación de cianuro	Incumplimiento de procedimientos	Falla del gas alert (detector personal de HCN) y equipo de detección fijo de HCN	No se encontró registro de control del pH en la solución. La calibración del detector de HCN es realiza por los mismos trabajadores y no por una empresa certificada por lo que no hay registro de fallas.	Ninguno
		Falla de la máscara	No se encontró registro de la prueba de ajuste de	

Área crítica/proceso	Eventos indicadores que deben vigilarse según el Código	Sucesos no deseados que deben vigilarse según el Código*	Evento indicador o suceso no deseado observado en la inspección <i>in situ</i> .	Otros hallazgos
		respiratoria	<p>sello de la máscara de protección respiratoria.</p> <p>No se encontró el registro del programa de conservación de la protección respiratoria; el cual debe contener: tipo y peso del respirador asignado a cada trabajador, duración y frecuencia del uso del respirador, la temperatura del área donde se ha utilizado y las sustancias que se manipularon durante su uso. Este registro es el que permite saber cuándo debe darse mantenimiento, cambiar el filtro o realizar el ajuste de sello</p>	
	Inadecuada inspección de equipos de izajes (tecles) y kits de emergencias	Antídotos vencidos	Se encuentra el kit del antídoto en el área, éste no está vencido pero se encuentra en un armario con candado por lo que no está accesible.	<p>El tanque de oxígeno se encuentra, pero no está rotulado.</p> <p>El kit de materiales para caso de derrame de cianuro en solución se encuentra incompleto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faltaban 3 pares de botas de hule de las 4 requeridas • Faltaban 5 bolsas de detergente de 6 las requeridas • Faltaban 9 pares de lentes protectores de los 10 requeridos • Faltaban 3 mascarillas

Área crítica/proceso	<u>Eventos indicadores que deben vigilarse según el Código</u>	<u>Sucesos no deseados que deben vigilarse según el Código*</u>	<u>Evento indicador o suceso no deseado observado en la inspección <i>in situ</i>.</u>	<u>Otros hallazgos</u>
				<p>media cara de las 10 requeridas No se encontró equipo portátil lavaojos y, se requieren 2.</p>
	Inadecuado mantenimiento de equipos	Fuga de bomba dosificadora de cianuro en solución	El día de la inspección no se observó fuga de solución cianurada. Sin embargo, no se encontró el plan para el mantenimiento y cambio de tuberías y válvulas.	
	Incumplimiento de procedimientos	Emanación de gas cianhídrico	<p>Según registro del gas alert se registraron 596 alertas de emanación de gas cianhídrico por arriba del límite de exposición laboral techo durante el año 2015. Debido a que no se tuvo acceso al registro de los detectores fijos no se sabe si la fuente de la alerta es en preparación, lixiviación o CIP.</p> <p>El día de la inspección se retiró el cianuro de la bodega de ADR 4 horas antes de la preparación de la solución cianurada, durante este tiempo el cianuro estuvo expuesto al ambiente faltando al procedimiento operacional de preparación de la solución de cianuro.</p> <p>La escalera para acceso a la plataforma de preparación de cianuro está incompleta, pudiendo caer el operador de la montacarga con cianuro</p>	<p>Debido a que los componentes de la solución cianurada son corrosivos, no se puede descartar que existan pequeños daños en la tubería que permitan emanación de HCN.</p> <p>Las tuberías no están pintadas en los colores de seguridad para las soluciones con cianuro (fondo anaranjado y letras negras), no tienen indicado con letras la palabra cianuro, ni flechas que indiquen la dirección del flujo.</p>

Área crítica/proceso	<u>Eventos</u> <u>indicadores que</u> <u>deben vigilarse</u> <u>según el Código</u>	<u>Sucesos no deseados</u> <u>que deben vigilarse</u> <u>según el Código*</u>	<u>Evento indicador o suceso no deseado observado</u> <u>en la inspección <i>in situ</i>.</u>	<u>Otros hallazgos</u>
			desde una altura por encima de 1.60 m. La estructura metálica que soporta la soda cáustica esta corroída.	
Área de lixiviación/CIP	Inadecuado mantenimiento de válvulas en agitadores y CIP	Fuga de pulpa cianurada	Al momento de la inspección no había fuga de pulpa cianurada.	No se encontró un plan de inspección mantenimiento y cambio de tuberías. Las tuberías no están pintadas en los colores de seguridad para las soluciones con cianuro (fondo anaranjado y letras negras), no tienen indicado con letras la palabra cianuro, ni flechas que indiquen la dirección del flujo.
	Inadecuado monitoreo en agitadores y CIP	Derrame de pulpa cianurada	No se encontró derrame de pulpa al momento de la inspección.	No se encontró un plan de inspección y mantenimiento de los tanques
	Incumplimiento de procedimientos	Emanación de gas cianhídrico	Según registro del gas alert se registraron 596 alertas de emanación de gas cianhídrico por arriba del límite de exposición laboral techo durante el año 2015. Debido a que no se tuvo acceso al registro de los detectores fijos no se sabe si la	Se encontró los procedimientos bajo llave y el operador no tiene acceso a la llave. Durante la inspección se pudo

Área crítica/proceso	<u>Eventos indicadores que deben vigilarse según el Código</u>	<u>Sucesos no deseados que deben vigilarse según el Código*</u>	Evento indicador o suceso no deseado observado en la inspección <i>in situ</i>.	Otros hallazgos
			<p>fuelle de la alerta es en preparación, lixiviación o CIP.</p> <p>También se observó que el guarda de seguridad se encontraba en el área de almacenamiento de productos tóxicos y tampoco cumplía con el EPP reglamentario (máscara de medio rostro con filtros para gas, lentes de protección.)</p> <p>Las tuberías que transportan agua industrial, agua potable, aire, pulpa y solución cianurada, carecen de cumplimiento de señalización que indique el tipo de sustancia que distribuyen y no se observó que tuvieran flechas de dirección de flujo de cada una de ellas.</p> <p>No se encontró un plan de inspección, mantenimiento y cambio de tuberías.</p>	<p>observar a un trabajador en las instalaciones de Planta transportando cianuro de sodio en montacargas, sin el uso de EPP reglamentario del área (Overol, mascarilla de medio rostro con filtros para gas, detector de gas cianhídrico, lentes de protección).</p>
		Falla en el equipo de protección personal		
Área de presa de colas	Inadecuado mantenimiento de tuberías y válvulas	Fuga de pulpa cianurada	No había fuga al momento de la inspección.	Ninguno

Área crítica/proceso	Eventos indicadores que deben vigilarse según el Código	Sucesos no deseados que deben vigilarse según el Código*	Evento indicador o suceso no deseado observado en la inspección <i>in situ</i> .	Otros hallazgos
	Incumplimiento de procedimientos de actividades dentro del embalse	Falla del equipo de protección personal	Ninguno	Ninguno
		Actos inseguros	Ninguno	Ninguno
Transporte interno	Incumplimiento de procedimientos	Accidente vehicular Derrame de briquetas	Ninguno	Se observó traslado de cianuro durante un día con llovizna leve, lo que no se recomienda ya que puede humedecerse el cianuro y generar emanaciones de HCN.
Transporte desde puerto	Incumplimiento de procedimientos	Accidente vehicular Derrame de briquetas	No pudo observarse un traslado	No se encontró el protocolo de seguridad para este proceso.

* El suceso no deseado es el hecho que se busca durante la inspección para verificar de forma rápida si está presente o no el evento indicador.

En la Tabla 5 se presenta el número de alertas según puesto de trabajo. Podemos observar que el máximo número de alertas fue registrado en los detectores de los empleados de mantenimiento (314) y los guardas de seguridad (127). Los promedios más altos registrados fueron en los guardas (9.8 ppm), trabajadores de mantenimiento (8.5 ppm) y operadores (8.4 ppm), los valores máximos registrados fueron también en estos puestos con 30 ppm, un valor que excede en 6.4 veces el límite de exposición laboral techo (Tabla 4 y Figura 10).

Tabla 5. Número de alertas de niveles de HCN por arriba del límite de exposición laboral techo (4.7 ppm) registrados por los detectores individuales.

Puesto de trabajo	Descripción del puesto	Número de trabajadores	Número de alertas	HCN (ppm)	
				Media \pm DE	Mínimo-Máximo
Empleados de mantenimiento	Labores de mantenimiento preventivo y reparación de las maquinarias.	10	314	8.5 \pm 6.8	0-30
Empleados del taller eléctrico	Labores de mantenimiento preventivo y reparación del sistema eléctrico de las maquinarias y equipos	2	17	6.2 \pm 1.3	4.7-10
SIG operador	Encargado del registro de todo el personal de las áreas involucradas en el uso y manipulación del cianuro, monitorea las señales de alarma de los tanques para evitar un derramamiento de la pulpa.	8	2	5 \pm 7	0-10
Ingeniero Jr.	Supervisión de todas las actividades relacionadas con la manipulación del cianuro	2	4	4.4 \pm 3	0-10
Automático	Encargada de operar con un sistema cerrado de televisión el funcionamiento de todas las áreas que tienen que ver con el uso y manipulación del cianuro.	1	11	5.8 \pm 3.1	0-13
Supervisor	Responsable de garantizar que se cumplan todas las normas y procedimientos de trabajo	5	55	7.9 \pm 4.8	0-28
Operación	Operan los equipos de las áreas de preparación, lixiviación y ADR según	9	66	8.4 \pm 6.3	0-30

Puesto de trabajo	Descripción del puesto	Número de trabajadores	Número de alertas	HCN (ppm)	
				Media ± DE	Mínimo-Máximo
	los procedimientos.				
Guarda	Encargado de la seguridad (La caseta de seguridad para ingresar al área se encuentra en ADR), entregar detectores individuales de HCN y realiza el registro del personal que ingresa al área.	2	127	9.8 ± 6.8	0-30
Fontanería	Labores de mantenimiento de tuberías y válvulas	1	1	5	5

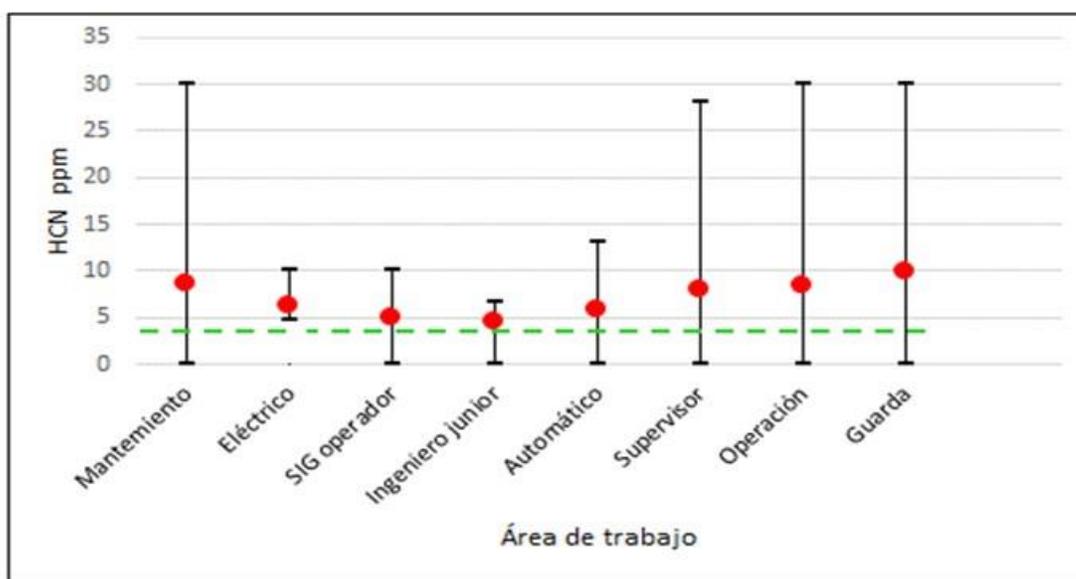


Figura 7. Niveles de HCN registrados por los monitores individuales de los trabajadores según el cargo durante el año 2015. El punto rojo representa la media de HCN, las líneas en los extremos representan el mínimo y el máximo y la línea punteada verde representa el límite de exposición laboral (techo).

En la Figura 8 se representan los promedios de HCN registrados en las alertas por mes. Los meses que se registraron las concentraciones más altas fueron enero (10.6 ppm), marzo (10.2 ppm) y abril (10.8 ppm).

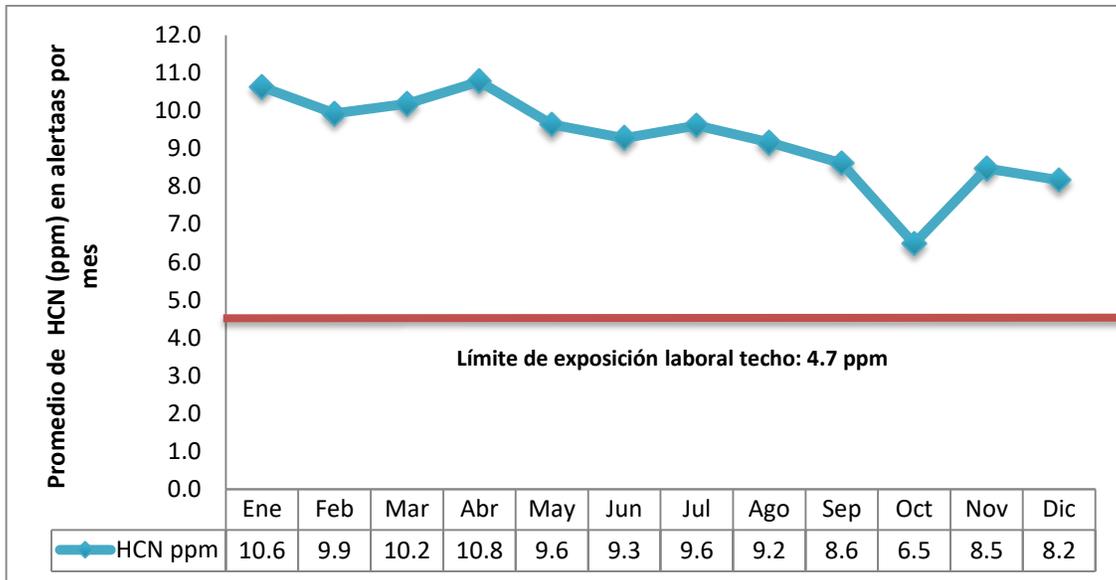


Figura 8. Promedio mensual de los niveles de HCN detectados por los monitores personales de los trabajadores de área de lixiviación de una empresa minera durante el año 2015.

Se cotejó fecha y hora de las alertas para analizar si cada una de éstas correspondía a un evento independiente o si los detectores de varios trabajadores registraron el mismo evento. Se encontró que las 596 alertas se correspondieron a 495 eventos de emisión de HCN. En la Figura 9, se presenta el número de emisiones de HCN registrados por mes.

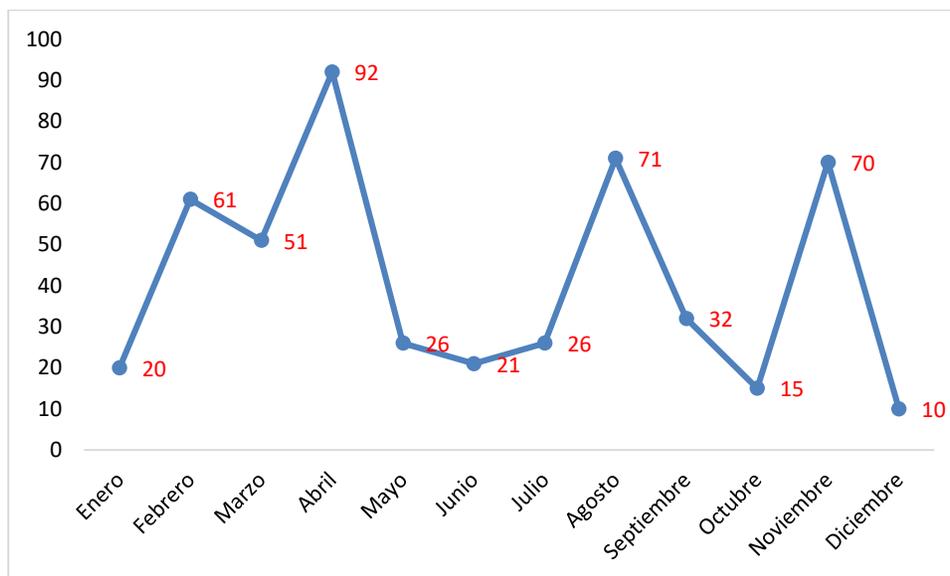


Figura 9. Número de emisiones de HCN detectados por mes durante el año 2015.

En cuanto a la duración de las alertas, el 97% duro un minuto o menos (tiempo de seguridad para la evacuación), sin embargo, 18 alertas (3%) registraron una duración de 3 minutos, todas corresponden a trabajadores de mantenimiento mecánico. Debido a que no pudo analizarse los registros de los detectores fijos en las áreas no se pudo determinar la duración total real de cada uno de los eventos.

Probabilidad de intoxicaciones:

Área crítica	Nivel de deficiencia*	Nivel de exposición**	Nivel de probabilidad de intoxicaciones***
Bodega	Mejorable	Esporádica	Baja
Área de preparación	Deficiente	Frecuente	Alta
Área de lixiviación/CIP	Deficiente	Frecuente	Alta
Área de presa de colas	Aceptable	Esporádica	Ninguno
Transporte interno	Aceptable	Esporádica	
Transporte desde puerto	No pudo evaluarse		

* En base a los hallazgos presentados en la Tabla 4; ** En base a las alertas de emanación de HCN
 *** Debido a la elevada peligrosidad de la sustancia y que no se encontró bitácora del ajuste de sello de las máscaras de protección respiratoria, se consideró el peor escenario para la estimación del riesgo.

Equipo de protección personal:

El equipo consiste en overol de dril, botas de hule con punta metálica, guantes de neopreno, gafas de policarbonato, máscara de media cara 3M N95 o protector facial completo 68003M con filtro tipo B, tapones auditivos y orejeras, detector de ácido cianhídrico y un radio comunicador (Figura 9). El operador del tanque de preparación debe utilizar además un traje de polietileno de protección contra agentes químicos (Tychem®). Los tapones auditivos y orejeras se utilizan debido a que el ruido es mayor a 100 dB (A) debido a la proximidad de los molinos. Los trabajadores de mantenimiento mecánico y eléctrico reciben todo el equipo, excepto el de protección respiratoria.



Figura 10. Equipo de protección personal utilizado para la manipulación de cianuro.

Los equipos están en buen estado, pero no se encontró evidencia de mantenimiento a los equipos de protección respiratoria ver detalles en Tabla 4.

Kit de emergencias:

Se encontraron 5 kit de antidoto para intoxicación por cianuro (Cyanokit Elli Lilly) localizados en las siguientes áreas:

- 1) Adsorción-Desorción y Recuperación (ADR). Es el área donde se debe evacuar el trabajador con síntomas de intoxicación. El mueble donde se guarda el kit de esta área está con candado y ninguno de los trabajadores tenía la llave.
- 2) Bodega de almacén
- 3) Laboratorio químico
- 4) Laboratorio metalúrgico

5) Clínica. Durante el traslado del cianuro desde el puerto hacia la empresa se utiliza el kit de la clínica.

El kit utilizado en la empresa es el de nitritos que contiene un set de 3 antídotos: nitrito de sodio al 3%, nitrito de amilo y tiosulfato sódico.

Capacitaciones:

Se verificó en los registros de la empresa que los trabajadores permanentes y subcontratados reciben dos temas de capacitación al año: 1) Manejo del cianuro según lo establecido en el Código y las normas de la empresa (en el contenido se incluye el uso del gas alert) y b) Capacitación sobre los síntomas de intoxicación por cianuro y el uso del cyanokit. No hay programadas actualizaciones sobre la prueba de ajuste de la máscara de protección respiratoria.

El mecanismo de verificación para el cumplimiento de las capacitaciones es la lista de asistencia y no hay ningún instrumento que mida el conocimiento adquirido por el trabajador.

Protocolos de seguridad considerados en el sistema de gestión de seguridad de la empresa:

La empresa dispone de los siguientes protocolos basados en las recomendaciones del Código y la norma OHSAS18001:2007:

- Protocolo en caso de derrames de cianuro de sodio durante el transporte interno.
- Protocolo en caso de derrame de pulpa cianurada en agitadores y CIP
- Protocolo en caso de derrame de cianuro de sodio en solución.
- Protocolo en caso de derrame de colas.
- Protocolo en caso de derrame de aguas recuperadas.

- Protocolo en caso de derrame por catástrofes naturales que pueden afectar la presa de colas.
- Protocolo en caso de colapso del embalse de presa de colas.

No se encontró un protocolo para el caso de accidentes durante el transporte del cianuro de sodio desde el puerto hacia la empresa.

Se verificó los kit de materiales para cumplir cada uno de los protocolos de seguridad y éstos se encuentran completos y en buen estado, a excepción del kit de materiales para derrame de cianuro en solución. En la Tabla 4 se presentan los detalles de los materiales faltantes.

1.4.3 Rutas de exposición

En la Tabla 6 se presentan las rutas de exposición al cianuro observadas y potenciales un parte de la exposición al polvo de las briquetas, otra de las emanaciones de HCN y finalmente el derrame de pulpa cianurada. La vía principal de exposición es la vía inhalatoria.

Tabla 6. Rutas de exposición al cianuro identificadas.

Ruta	Fuente	Medio receptor	Punto de exposición	Vía de exposición	Población receptora
1.	Generación de polvo desde las briquetas de cianuro de sodio	Aire	Cajas conteniendo las briquetas de cianuro de sodio durante el traslado de la bodega en almacén principal a la bodega de ADR.	Inhalatoria y dérmica	5 trabajadores Bodeguero, conductor del montacargas, ayudante del montacargas, conductor del Jeep, ayudante del conductor del Jeep.
			Cajas conteniendo las briquetas de cianuro de sodio durante el traslado de la bodega de ADR al tanque de preparación	Inhalatoria y dérmica	2 trabajadores Operador de montacargas y operador del tanque de preparación.
2.	Emanación de HCN	Aire	Área de preparación de la solución cianurada	Inhalatoria	2 trabajadores Operador del tanque de preparación y un ayudante.
			Área adyacente a tuberías y válvulas		10 a 15 trabajadores por cada uno de los 3 turnos de trabajo. Operadores, automático, supervisor, ingeniero Jr, mantenimiento mecánico y eléctrico, fontaneros y guardas.
			Área adyacente a los tanques lixivadores	Inhalatoria	10 a 15 trabajadores por cada uno de los 3 turnos de trabajo. Operadores, automático, supervisor, ingeniero Jr, mantenimiento mecánico y eléctrico, fontaneros y guardas.
			Área adyacente a los tanques		10 a 15 trabajadores por cada uno

Ruta	Fuente	Medio receptor	Punto de exposición	Vía de exposición	Población receptora
			CIP		de los 3 turnos de trabajo. Operadores, automático, supervisor, ingeniero Jr, mantenimiento mecánico y eléctrico, fontaneros y guardas.
			Área de desorción		10 a 15 trabajadores por cada uno de los 3 turnos de trabajo. Operadores, automático, supervisor, ingeniero Jr, mantenimiento mecánico y eléctrico, fontaneros y guardas.
			Presa de colas		2 trabajadores , uno que toma la muestra para verificar la concentración de cianuro en la cola y uno de apoyo.
3	Derrame de pulpa cianurada	Bandeja de contención (pulpa) Aire (HCN)	Tuberías, válvulas, tanques agitadores y CIP	Inhalatoria Dérmica	6 trabajadores Mantenimiento mecánico y fontanería

1.4.4 Efectos a la salud

Semestralmente se realiza a los trabajadores permanentes BHC, glicemia, creatinina, factor reumatoide, perfil lipídico, perfil hepático, electrocardiograma, espirometría, audiometría, agudeza visual, radiografía AP y lateral de columna cervical y lumbosacra. No se realiza monitoreo de tiocianato en orina, ni de pruebas tiroideas.

En base a los resultados de los exámenes periódicos se hicieron en la clínica de la empresa, un total de 64 diagnósticos, de los cuales ninguno ha sido descrito en relación a exposición crónica a cianuro. Los diagnósticos más frecuentes fueron sobrepeso (80%), dislipidemias (66.6%) y un diagnóstico presuntivo de hepatopatía (60%) (Tabla 6). No se obtuvieron datos de los trabajadores sub-contratados.

Durante todo el año de estudio, no se reportaron casos de Intoxicación Aguda por cianuro.

Tabla 6. Enfermedades crónicas diagnosticadas en los trabajadores (n=15).

Diagnóstico	n	% de trabajadores
Sobrepeso	12	80.0
Dislipidemias	10	66.6
Hepatopatía (a descartar)	9	60.0
Alteraciones hematológicas	7	46.7
Ametropía	5	33.3
Enfermedad renal (a descartar)	3	20.0
Cambios osteo-degenerativos de la columna vertebral	3	20.0
Alteración Ventricular	3	20.0
Amebiasis	3	20.0
Esteatosis hepática	2	13.3
Hipertensión arterial	1	6.6
Bradicardia	1	6.6
Hipertrofia del ventrículo izquierdo	1	6.6
Hemibloqueo cardíaco posterior izquierdo	1	6.6
Hipoacusia oído izquierdo	1	6.6
Hipoacusia oído derecho	1	6.6
Hipoacusia bilateral	1	6.6

*Los totales fueron obtenidos en base al número de trabajadores (n=15) ya que cada trabajador puede tener más de un diagnóstico.

1.5 DISCUSIÓN

En base al método cualitativo COSHH essentials en nivel de riesgo por el uso del cianuro es 4 (máximo) debido a la peligrosidad del cianuro, el alto volumen de uso en la empresa y la elevada volatilidad del HCN. La peligrosidad del cianuro es elevada y de acuerdo al Sistema Globalmente Armonizado de clasificación de las sustancias peligrosas, los principales peligros son el elevado riesgo de intoxicaciones agudas letales y el daño crónico a glándula tiroideas (Tabla 1).

El riesgo de intoxicaciones letales se explica por su mecanismo de acción principal. El cianuro, una vez en el organismo se transforma en un nucleófilo (CN^-), el cual para estabilizarse se unirá a las moléculas con carga positiva, teniendo especial afinidad por el hierro férrico de la hemoglobina y los citocromos. La acción más importante es la unión a la citocromo C oxidasa de la cadena respiratoria, produciéndose un desacoplamiento entre la cadena respiratoria y la fosforilación oxidativa lo que trae como consecuencia la disminución en la producción de ATP e induciendo a hipoxia celular grave lo que puede llevar a la muerte en minutos. También estimula los quimiorreceptores de los cuerpos carotídeo y aórtico hasta que se produce hiperpnea. Se conoce que el cianuro además inactiva otras 40 enzimas del sistema antioxidante del organismo, entre las más importantes se pueden mencionar las siguientes: catalasa, ácido ascórbico oxidasa, peroxidasa, tirosinasa, fosfatasa, xantino oxidasa, succínico deshidrogenasa, superóxido dismutasa, carboxilasa vitamina K dependiente y la anhidrasa carbónica.^{11,12}

La intoxicación grave con cianuro tiene tres niveles de gravedad. En el primer nivel los síntomas son vértigo debilidad, náuseas, vómito, sensación de ebriedad, cefalea, taquipnea, extrasístole o cualquier tipo de arritmia, ansiedad intensa (por sensación de muerte inminente), piel rojo cereza y rigidez de la mandíbula (trismus). El segundo nivel se caracteriza por: confusión mental, convulsiones tónico-clónicas (violentas, el paciente se mantiene consciente), opistótonos, coma superficial e hipertensión arterial. El tercer nivel

corresponde a la fase de cianosis (indicativo de hipoxia), se produce coma profundo, midriasis, taquicardia, incontinencia de esfínteres, edema agudo de pulmón, shock y paro cardio-respiratorio. La función del corazón dura más que la respiratoria^{12,13} El ácido cianhídrico es el que actúa casi de inmediato produciendo paro respiratorio y muerte en solo minutos la inhalación de 270 ppm de HCN es mortal inmediatamente. Exposiciones entre 110 y 135 ppm son fatales antes de 1 hora.¹³

El daño a la glándula tiroides se produce por el principal metabolito hepático del cianuro, el tiocianato. El hígado inactiva al cianuro mediante una acción catalizada por la enzima rodanasa y mediante la utilización de tiosulfato. El tiocianato es significativamente menos tóxico que el cianuro y se elimina fácilmente en orina, pero su elevación crónica puede inhibir la captación de yodo por la tiroides, reduciendo la formación de tiroxina produciéndose un bocio hipofuncionante.^{13,14}

A pesar que el sistema de clasificación considera como efectos centinelas la intoxicación aguda y el hipotiroidismo, se han reportado también efectos en el sistema nervioso central (SNC), la piel, aparato respiratorio y el riñón. El sistema nervioso central es afectado por la hipoxia ya que es el órgano con mayor demanda metabólica de oxígeno. Los efectos usualmente se presentan como secuelas después de una intoxicación aguda y entre éstos se mencionan: trastornos de la personalidad, amnesia, síndrome extrapiramidal (por destrucción de las neuronas dopaminérgicas), síndrome de descerebración-descorticación, paresia espástica e insomnio. Los trabajadores expuestos a cianuro por cualquier vía pueden presentar prurito, pápulas, dermatitis e irritación crónica y severa de las fosas nasales.^{13,14}

En base a los hallazgos se determinó que el riesgo de intoxicación aguda es alta en las áreas de lixiviación y ADR. En el año de estudio se reportaron 596 alertas de HCN por encima del valor de exposición laboral techo (4.7 ppm), sin embargo, en la inspección *in situ* realizada por el autor de este estudio, no se encontró ningún hallazgo que justificara

las alertas (Tabla 4). Debido a que la empresa adoptó el Código del Cianuro hace 10 años, tiene sus operaciones evaluadas por auditores independientes tanto para la parte salud, como ambiental y expertos técnicos determinan el cumplimiento de los requisitos del programa en cuanto al funcionamiento de maquinarias, equipos y cumplimiento de los protocolos de operación. Se revisaron los resultados de las auditorías del año 2015 y éstas tampoco reportaron incidentes que expliquen ese número de alertas.⁷ Es de hacer notar el hecho de que el 52% de las alertas fueron registradas por los monitores de los trabajadores de mantenimiento mecánico, lo que hace suponer que las emanaciones de HCN se producen durante las labores de mantenimiento del circuito de lixiviación y ADR, sin embargo, no se encontró la bitácora de mantenimiento por lo que no se pudo confirmar esta teoría.

En las áreas críticas tampoco se encontraron las bitácoras de la prueba de ajuste de sello de las máscaras de protección respiratoria. Pero es posible que éste se esté realizando de manera adecuada y lo que falta es el registro, ya que a pesar del elevado número de alertas de emanaciones de HCN, no se reportó ni un solo caso de intoxicación aguda por cianuro en ningún nivel de gravedad.

Las vías y rutas de exposición identificadas (Tabla 6) indican que la principal vía en las condiciones laborales identificadas sería la respiratoria y en segundo lugar la vía dérmica. El ácido cianhídrico es una molécula pequeña y tiene un pKa de 9,21 lo que hace que al pH fisiológico esté en su forma no ionizada y por tanto atraviesa fácilmente las membrana lo que hace que tanto su absorción como su distribución en el organismo sea rápida manifestándose rápidamente los síntomas por ambas vías, por ejemplo, la hiperpnea inicia 15 segundos después de la inhalación de HCN y un poco más tarde después de la exposición dérmica.¹¹

No se reportaron efectos a la salud que puedan relacionarse con la exposición al cianuro de forma aguda o crónica. De acuerdo a los protocolos internacionales de evaluación de la

salud de los trabajadores expuestos a cianuro, debería de realizárseles medición de hormonas tiroideas cada 6 meses y tiocianato en orina al menos una vez al año¹⁵ y estas pruebas no han sido incluidas en los exámenes médicos periódicos realizados a los trabajadores de la empresa. Hay que recordar que el GasAlert Extreme®, no advierte sobre las emanaciones de HCN por debajo de 4.7 ppb, por lo que no sabemos cuál es el nivel real de exposición. En otras empresas mineras, se ha reportado un aumento de tamaño en la glándula tiroides con hipotiroidismo en trabajadores que han estado expuestos por más de 5 años a cantidades de cianuro menores de 4 ppm.¹⁴ Es decir, el efecto centinela del daño crónico no ha sido evaluado por lo que no se puede afirmar que no existe daño por exposición a largo plazo. El monitoreo de hormonas tiroideas no aparece especificado en el marco regulatorio nacional y es la razón por la cual no se realiza.

Es de hacer notar también que los datos de salud fueron presentados solo para los trabajadores permanentes de la empresa los que de acuerdo a lo establecido en El código⁷ son los que participan en la manipulación directa de la sustancia. De los trabajadores subcontratados no se cuenta con datos de salud, entre estos se encuentran los trabajadores de mantenimiento mecánico que a pesar de no manipular de forma directa la sustancia, son los que registraron el mayor número de alertas.

La exposición a cianuros no ha sido monitoreada mediante la determinación de un indicador de exposición. En principio, se puede usar como indicador de exposición al cianuro, el tiocianato en sangre, plasma u orina; de éstos el tiocianato en orina es el más indicado. Idealmente debe tomarse en orina de 24 horas del último día de la semana laboral o a última hora del último día de la semana laboral. Esta prueba no se está haciendo debido a que ningún laboratorio clínico del país la realiza. Esto también ha sido una limitación para confirmar si las alertas por superación del límite techo se traducen en exposiciones efectivas de los trabajadores.

Entre las limitaciones para la realización de este diagnóstico podemos mencionar:

1. El secreto industrial que limita el acceso a información que puede utilizarse para el análisis.
2. La falta de un indicador de dosis interna de exposición, lo que impide conocer con certeza el grado de exposición real de los trabajadores.
3. La falta de monitoreo del indicador de daño por exposición crónica ya que no se están monitoreando las hormonas tiroideas.

1.6 CONCLUSIONES

1. El nivel de riesgo en base a la peligrosidad del cianuro es de 4 (máximo posible) lo que obliga a tomar medidas inmediatas para prevenir la exposición de los trabajadores. Este nivel máximo de riesgo se explica básicamente por la elevada peligrosidad intrínseca de la sustancia y la escala de uso de ésta en la empresa. Para el caso del ácido cianhídrico también es de importancia la facilidad con que es transferido al aire debido a su elevada volatilidad.
2. Se observaron eventos indicadores y sucesos no deseados que pueden llevar a la exposición de los trabajadores al cianuro. El registro de 596 alertas por superación del límite de exposición laboral techo (correspondientes a 495 eventos de emanación de HCN) en un año, indica que fallas en los procedimientos de seguridad establecidos en el Código y la exposición podría tener consecuencias letales para los trabajadores, en especial en los trabajadores de mantenimiento mecánico, los cuales registraron el mayor número de alertas. El nivel de probabilidad de intoxicación aguda fue alta en las áreas de preparación y lixiviación/CIP.
3. Se identificaron 3 rutas de exposición siendo las fuentes posibles, el polvo de las briquetas, las emanaciones de HCN de tanques, tuberías y válvulas y finalmente del derrame de pulpa cianurada. La principal vía de exposición es la inhalatoria y en segundo lugar la dérmica.
4. No se reportaron casos de intoxicación aguda por cianuro en todo el año de estudio, ni se identificaron enfermedades crónicas asociadas con la exposición a largo plazo. Sin embargo, no fueron monitoreadas las hormonas tiroideas, siendo

el hipotiroidismo el efecto que debe vigilarse en la exposición a largo plazo al cianuro.

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE PRIORIDADES

Durante el año previo a la realización del presente diagnóstico, la Comisión de Higiene y Seguridad (CHS) de la empresa minera realizó un inventario de peligros y áreas críticas los que son presentados en la Tabla 7, este listado se tomó como punto de partida para la elección del riesgo o área a evaluar.

Tabla 7. Áreas críticas y peligros por cada área identificados por la Comisión de Higiene y Seguridad de la empresa minera durante el año 2014.

Área crítica	Peligros
Explotación	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones • Exposición a agua caliente proveniente del subsuelo (45-60°C) • Uso de explosivos • Desprendimiento de rocas • Caída de alturas
Mantenimiento eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Electrocuaciones • Asfixia por trabajo de soldadura en espacios confinados • Caída de alturas
Mantenimiento mecánico	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de alturas • Exposición a sustancias químicas peligrosas, incluyendo cianuro, por trabajos de mantenimiento en tuberías, válvulas y tanques.
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de alturas
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Accidentes por vehículos en movimiento • Exposición a polvo de cianuro de sodio
Preparación/Lixiviación/ADR/CIP/bodegas	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición al polvo de cianuro de sodio o a emanaciones de HCN. • Exposición a otras sustancias químicas peligrosas: soda cáustica, ácidos fuertes etc. • Derrame de pulpa cianurada
Presa de colas	<ul style="list-style-type: none"> • Desbordamiento de la presa por fenómenos naturales.

Fuente: Acta de la reunión

Al inicio del estudio se citó a una reunión con la gerencia general de la empresa y la Comisión de Higiene y Seguridad para discutir la priorización del riesgo a intervenir. Sin embargo, unos días antes de la reunión se produjo un desbordamiento de la pulpa cianurada en el área de ADR, produciéndose una intoxicación aguda grave no letal. Debido a este incidente, se decidió por unanimidad que se revisara los procedimientos relacionados con la manipulación del cianuro de sodio. A todos los niveles fue suministrada la información requerida para la realización de este diagnóstico, pero debido a un cambio en la gerencia de la empresa, no fue posible reiniciar las reuniones para la discusión de la propuesta de intervención.

Entre las posibilidades de intervención que fueron consideradas, estaba la sustitución del cianuro de sodio para la lixiviación de los metales preciosos, pero esta opción finalmente no se consideró viable de incluir en el plan debido a las desventajas técnicas presentadas en la Tabla 8.

Tabla 8. Métodos para sustituir el uso de cianuro de sodio en el proceso de lixiviación del oro.

Método	Ventajas	Desventajas
1)Tiouración: Mediante el uso de Tiourea electrooxidada para producir DSFA	La Tiourea es menos tóxica que el cianuro tanto para la salud humana como para el ambiente	Es más costoso porque utiliza gran cantidad de reactivos electroquímicos.
		No es aplicable industrialmente para los minerales de baja ley (bajo contenido de materiales preciosos)
		Las soluciones de Tiourea son inestables en el tiempo, oxidándose rápidamente a una especie que no es activa para la complejación del oro.
		El método origina contaminación de la solución lixivante, limitando la posibilidad de re circular ésta en el proceso.
2)Lixiviación Ecológica:		

a) Mediante el uso del reactivo Sandioss®: -Óxido de sodio 30% -Nitrógeno 20% - Amonio 20% - Oxido de calcio 20% - Óxido de hierro (III) 10%	La recuperación de oro es similar a la que se logra con el cianuro de sodio.	Se requiere sustituir todo el circuito (Tanques, tuberías, válvulas etc). Aparentemente aun no es posible satisfacer la demanda de la minería a gran escala.
	Los efectos a la salud son sólo de contacto ya que son irritantes.	
b) Mediante el uso de reactivos Goldmax®: - Oxido de sodio: 35-50% - Nitrógeno 12-20% - Amonio 7-12% - Calcio 1-5% - Hierro 1-5% - Sustancias inestables 3-8% - Humedad 1-4%	Las aguas residuales contienen urea y fosfatos que pueden usarse para riesgo agrícola.	
	Puede aplicarse a cualquier tipo de minería.	
	Simplificación del proceso.	
	No requiere control de pH	
	Igual recuperación del oro.	
	Destruye el cianuro.	
c) Mediante el uso de reactivos Ciclodextrina:	No tóxico.	Aun no es producido en escala industrial.
	No daño al medio ambiente.	
	Permite recuperar el oro también de elementos electrónicos desechados.	
d) Mediante el uso de reactivos RA-CN300 Derivado del maíz.	100 % orgánico.	Sólo se utiliza en tratamiento de flotación aplicable sólo a minerales de alta ley.
	Biodegradable.	
	No tóxico.	
	Ahorro 60 % en transporte y almacenamiento al no ser un producto peligroso.	
e) Eco-goldex®: - Hidróxido de sodio 5-10% - Fenilurea 15-30% - Carbonato de sodio 5-10% - Óxido de calcio 20% - Hexacianoferrato de tetrasodio 5-30% - Sulfato de sodio 2-10% - Bromuro de sodio	Ambientalmente seguro.	Contiene cianuros complejos, aunque genera menos contaminación que el cianuro de sodio. Aparentemente aun no es posible satisfacer la demanda de la minería a gran escala.
	No se requieren cambios en el equipo de Lixiviación.	
	Tasa de recuperación del oro similar a la recuperación del cianuro.	

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

3.1 OBJETIVO DE DESARROLLO

Mejorar la gestión de la salud y seguridad ocupacional de la empresa evaluada reduciendo la probabilidad de ocurrencia de efectos a la salud agudos y crónicos asociados a la exposición al cianuro utilizado en la lixiviación del oro.

3.2 OBJETIVO INMEDIATO

Implementar estrategias a corto, mediano y largo plazo que permitan el control de los riesgos asociados al uso de cianuro de sodio en el proceso de lixiviación del oro en la empresa minera evaluada.

3.3 ESTRATEGIAS

E1: Gestión del conocimiento de peligrosidad del cianuro de sodio para para el personal del área de Lixiviación.

E2: Transferencia de conocimientos sobre peligrosidad de las sustancias químicas y su manejo.

E3. Transferencia de conocimientos sobre el manejo del paciente intoxicado por cianuro de sodio.

E4. Gestión de las fallas de seguridad encontradas en el sistema de gestión en todo el proceso que incluye la presencia del cianuro (transporte, almacenamiento y uso del cianuro de sodio).

E5. Control y vigilancia de la salud.

Estrategia 1: Gestión del conocimiento de peligrosidad del cianuro de sodio para para el personal del área de Lixiviación.

Objetivo operacional 1: Garantizar la identificación correcta de los peligros del cianuro de sodio y el acceso de los trabajadores a esta información. El cual tiene un costo de U\$ 200.00 (200 dólares) y 10 horas de trabajo.

Resultados	Tareas	Indicador	Plazo	Responsable	Verificación	Recursos y presupuesto
R1. Información de seguridad del cianuro de sodio en español y actualizada según el sistema globalmente armonizado SGA.	Traducir al español la ficha de seguridad (FDS) proporcionada por el fabricante.	100% de la FDS en español.	1 Mes	Superintendente de Planta	5 copias de la FDS en español, actualizada y completa colocada en las áreas de manipulación del cianuro de sodio.	U\$ 200.00 10 horas
	Revisar la información de seguridad proporcionada por el proveedor y asegurarse que ésta se encuentra contenida en la ficha.	FDS contiene 100% de la información proporcionada por el fabricante y por el proveedor.				
	Consultar la información de seguridad del fabricante en su página web y consultar bases de datos* de agencias de seguridad química, para completar la información del cianuro de sodio.	FDS contiene el 100% de la información de seguridad.				
	Se deberá disponer de 5 copias de la FDS, las cuales estarán disponibles para los trabajadores en las siguientes áreas: área de lixiviación, almacén general, en la clínica, en el departamento de seguridad industrial y la gerencia.	100 % de disponibilidad de las ficha en los sitios.				
	Rotular las áreas dónde se encuentra el cianuro con los pictogramas del SGA	100% de las área rotuladas				

Estrategia 2: Transferencia de conocimientos sobre peligrosidad de las sustancias químicas y su manejo.

Objetivo operacional 2: Asegurar la educación continua sobre las características químicas peligrosas del cianuro de sodio con el personal involucrado en su manipulación: trabajadores en el área de lixiviación así como el personal de almacén, personal involucrado en el traslado del cianuro hacia la compañía, el cual tiene un costo de U\$ 800.00 y 20 horas de trabajo anual.

Resultados	Tareas	Indicadores	Plazo	Responsable	Verificación	Recurso y presupuesto
R2. Implementado un programa de capacitación semestral al personal del área de lixiviación, almacén general y a los involucrados en el traslado del cianuro sobre los peligros de la sustancias y las medidas de prevención de accidentes y efectos a la salud.	Selección de grupos de capacitación	100% del personal relacionado con la manipulación del cianuro capacitado. Material de la capacitación disponible en la plataforma de la empresa.	Permanente	Superintendente de Planta	Registros de asistencia. Evaluación del aprovechamiento.	U\$ 600.00 10 horas semestrales.
	Planificar horarios de capacitación y fechas.					
	Preparación del material didáctico y reproducción de éste.					
	Ejecución de la capacitación y subir el material a la plataforma documentaria para que los trabajadores puedan consultarla periódicamente.					
R3. Se realizan simulacros de intoxicación aguda por exposición a cianuro en el menor de los casos y otra masiva en el peor de	Capacitar al personal de las áreas críticas sobre el correcto	100 % del simulacro programado realizado.	Cada 2 meses	Superintendente de planta, Clínica	Registro del programa de simulacro ejecutado,	U\$.200.00

los casos	actuar ante una intoxicación para estar preparado ante dicha emergencia.				firmado y supervisado.	
	Tener disponible en cartillas los síntomas por intoxicación por cianuro, los teléfonos del personal médico, seguridad, supervisores, camillas para traslado, kit para intoxicación por cianuro y oxígeno portátil rotulado, claro y legible con acceso disponible para su uso.	100 % de los simulacros programados y en ejecución	Cada 2 meses	Superintendente de planta, Clínica	Registro de las deficiencias y medidas correctivas necesarias en el simulacro	

Estrategia 2: Transferencia de conocimientos sobre peligrosidad de las sustancias químicas y su manejo.

Objetivo operacional 3. Asegurar la educación continua al personal médico sobre el abordaje y manejo del paciente intoxicado por cianuro de sodio, el cual tiene un costo de \$ 500.00 y 10 horas de trabajo anual.

Resultado	Tareas	Indicador	Plazo	Responsable	Verificación	Recurso y presupuesto
R4. Implementado un programa semestral de capacitación al personal de la clínica de la empresa y médico del C/S de la localidad, sobre el manejo del paciente intoxicado por cianuro de sodio.	Planificar horarios de capacitación y fechas.	Un programa de capacitación para el personal elaborado. 100 % personal capacitado.	Permanente	Superintendent e de Administración	Registros de asistencia, programa de capacitación, certificados.	\$ 500, 5 hrs semestral
	Preparación del material didáctico y reproducción					
	Ejecución de la capacitación y subirla a la plataforma documentaria.					

Estrategia 3: Transferencia de conocimientos sobre el manejo del paciente intoxicado por cianuro de sodio.

Objetivo operacional 4: Asegurar la educación continua al personal médico sobre el abordaje y manejo del paciente intoxicado por cianuro de sodio, el cual tiene un costo de U\$ 1,000 y 10 hrs de trabajo anual.

Resultado	Tareas	Indicador	Plazo	Responsable	Verificación	Recurso y presupuesto
R5. Implementado un programa de capacitación al personal de clínica, C/S de la localidad sobre el manejo del paciente intoxicado por cianuro de sodio cada 6 meses.	Planificar horarios de capacitación y fechas.	Un programa de capacitación para el personal elaborado. 100 % personal capacitado.	Permanente	Superintendente de Administración	Registros de asistencia, programa de capacitación, certificados. Evaluación del aprovechamiento.	\$ 500, 5 hrs semestral
	Preparación del material didáctico y reproducción					
	Ejecución de la capacitación y subirla a la plataforma documentaria.					

Estrategia 4: Gestión de las fallas de seguridad encontradas en el sistema de gestión en todo el proceso que incluye la presencia del cianuro (transporte, almacenamiento y uso del cianuro de sodio).

Objetivo operacional: Establecer el nivel de administración de los riesgos físicos derivados de los productos químicos almacenados en el área de lixiviación y bodega del almacén. Además lo que incluye en todo el proceso en el que se ve involucrado el cianuro, identificando fallas y medidas correctivas en el sistema de gestión, el cual tiene un costo de U\$ 4, 471.

Resultados	Tareas	Indicador	Plazo	Responsable	Verificación	Recurso y presupuesto
R6. Realizado el mantenimiento de tuberías, bombas, válvulas y tanques	Realizar las reparaciones necesarias, anotar las deficiencias y sustituir los equipos en mal estado.	100 % de los equipos sin fugas, filtraciones, ni riesgos de derrame	Permanente	Superintendente de planta	<u>Bitácora de reparaciones y mantenimiento.</u>	U\$800 Este costo es para hacer una evaluación general y reparar la escalera del área de ADR
	Hacer inspección habitual de las áreas y hacer los cambios y sustituciones necesarias					
R7. Señalizados los tanques y tuberías de cianuro indicando la dirección del flujo de las soluciones.	Se debe indicar la dirección del flujo en las tuberías. Esto debe hacerse usando los colores indicados por la norma ANSI (fondo anaranjado, letras o iconos en negro)	100 % de los tanques y tuberías rotulados indicando la dirección del flujo.	Corto plazo (1-2 meses)	Superintendente de planta	Lista de chequeo de inspección de las rotulaciones, etiquetas, señales u otras marcas claramente legibles	\$350

Resultados	Tareas	Indicador	Plazo	Responsable	Verificación	Recurso y presupuesto
R8. Garantizado el buen funcionamiento de duchas, estaciones para lavado de ojos.	Reparar las duchas y estaciones para lavado de ojos a baja presión.	100 % de los medios físicos para emergencia funcionando	Corto plazo (1-2 meses)	Superintendente de planta	Lista de chequeo de inspección	\$300
R9. Implementado un programa de mantenimiento y calibración de los equipos detectores de gas HCN	Calendarizar mantenimiento de los detectores de gas HCN.	100 % de los equipos detectores de gas HCN del área de lixiviación y almacén que han recibido mantenimiento y calibración para su uso.	cada 12 meses	Superintendente de planta	Certificado de calibración y bitácora de mantenimiento y de los equipos detectores de gas HCN del área de lixiviación y almacén	\$1,200
	Calendarizar la calibración de los detectores de gas HCN según fecha de caducidad					
	Asignar detectores de HCN al personal de bodega de cianuro en el almacén general		Inmediato			
R10. Cumplido regularmente el programa de protección respiratoria	Prueba de ajuste de sello	100% de las máscaras ajustadas	Permanente	Superintendente de planta	Bitácora de ajuste	2 horas mensuales

Resultados	Tareas	Indicador	Plazo	Responsable	Verificación	Recurso y presupuesto
R11. Kit de antídoto para intoxicación por cianuro en cantidades suficientes	Llevar un registro de todo el personal que labora en planta y almacén, especialmente los que tienen que ver con el uso del cianuro.	100 % de los kit para intoxicación por cianuro disponible para ser aplicado a cada trabajador expuesto a cianuro en la compañía en su jornada laboral.	cada 12 meses	Superintendente de planta, Superintendente administrativo, Superintendencia de seguridad	Registro de compra de los kit para intoxicación por cianuro de sodio.	\$1,059
	Adquirir dos Kit extras para la clínica	100 % de los kit para intoxicación por cianuro disponible para ser aplicado por el personal médico del C/S localidad. en caso de intoxicación masiva en la compañías.	cada 12 meses	Superintendente de planta, Superintendente administrativo, Superintendencia de seguridad	Distribución de los kit para intoxicación por cianuro de sodio en el área de planta, almacén, clínica y C/S. Registro de entrega de Kit para intoxicación por cianuro de sodio	

Resultados	Tareas	Indicador	Plazo	Responsable	Verificación	Recurso y presupuesto
	<p>Calendarizar la calibración de los detectores de gas HCN según fecha de caducidad</p> <p>Asignar detectores de HCN al personal de bodega de cianuro en el almacén general</p>		<p>Compra del detector para personal de bodega, inmediato</p>			
<p>R12. Se dispone del equipo de protección personal y materiales para la aplicación de los protocolos de seguridad</p>	<p>Completar los equipos y materiales de acuerdo a lo requerido en los protocolos</p>	<p>100 % del EPP y materiales completado</p>	<p>1 MES</p>	<p>Superintendente de planta</p>	<p>Registro de compra y formato de entrega al trabajador firmado, listo de chequeo de verificación.</p>	<p>U\$762.00</p>

Estrategia 4: Control y vigilancia de la salud.

Objetivo operacional: Gestionar la realización de los exámenes médicos periódicos requeridos para la vigilancia de exposición al cianuro al personal expuesto. U\$ 1.999.00

Resultados	Tareas	Indicador	Plazo	Responsable	Verificación	Recurso y presupuesto
R14. Se realiza monitoreo de tiocianato en orina.	Realizar tiocianato en orina al personal expuesto al cianuro de sodio.	100 % de tiocianato en orina realizada al personal expuesto.	Mediano plazo (12 meses)	Superintendente de planta	Reporte de chequeo médico.	U\$1,449*
R15. Realizar prueba de función tiroidea	Realizar prueba de función tiroidea al personal expuesto al cianuro de sodio.	100 % de pruebas de función tiroidea realizada al personal expuesto.	Mediano plazo (12 meses)	Superintendente de planta	Reporte de chequeo médico.	U\$ 500 anuales

*No lo está realizando ningún laboratorio en el país. El costo presentado es el de de analizar 40 muestras en un laboratorio en Estados Unidos, incluyendo gastos de envío

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Rubro	Costo en U\$
Actualización de la información de seguridad y etiquetado según el SGA.	200
Capacitaciones y simulacros	1,800
Mantenimiento y señalización del circuito de lixiviación y ADR	1,150
Mantenimiento de duchas y estaciones lavaojos	300
Calibración de detectores de HCN y compra de un detector para el personal de la bodega en el almacén general	1,200
Compra de un Kit para intoxicación por cianuro	1,059
Ajuste de máscaras de protección respiratoria, completar equipo de protección personal y materiales para los protocolos de seguridad	762
Determinación de niveles de tiocianato en orina y pruebas tiroideas	1,999
TOTAL	\$8,470

RELACIÓN BENEFICIO / RIESGO:

El plan propuesto tiene un costo de U\$8,470.00, este valor representa apenas un 45% de lo que costaría a la empresa la suma del costo del manejo médico de la intoxicación aguda de un trabajador (U\$4,818.00) más la indemnización de un trabajador por incapacidad debido a un accidente de trabajo (U\$14,000.00).

Atención médica de emergencia

Kit de antídoto	\$353
Ambulancia con equipo completo (amb, desfibrilador, EKG, personal médico, material de reposición periódica, fármacos)	\$500
exámenes de laboratorio de rutina y especiales	\$400
Imagenología	\$300
valoración por equipo médico multidisciplinario,	\$1,000
3 días de hospitalización	\$300

\$2,853

Seguimiento médico:

Cobertura 100 % de las medicinas fuera de lista básica	\$200
exámenes de laboratorio de control,	\$200
Transporte para su gestión en la clínica	\$110
Consulta médica especializada	\$55
Pago de subsidio 30 días y los 30 días de la persona que lo cubrirá	\$1,400

\$1,965

NOTA: La indemnización por incapacidad permanente es 20 veces el salario básico del trabajador, que en este caso es de \$700 ($700 \times 20 = \$14,000$).

Lo más importante es destacar que la letalidad de las intoxicaciones agudas por cianuro justifica cualquier inversión en la seguridad para los trabajadores, ya que nada se compara con el costo de perder una vida.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Para la realización del presente plan de intervención se contó con la autorización de la gerencia de la empresa y de los responsables de área y con la anuencia de los trabajadores. Debido a que no se tomarían muestras específicamente para este estudio, si no que se consultarían los archivos de la empresa, no se pidió consentimiento informado de forma individual a los trabajadores.

Durante la realización de la fase diagnóstica se contó en todo momento con la participación de los trabajadores y representantes de la gerencia. Sin embargo, debido a que la relación laboral entre el autor de este plan y la empresa minera cesó durante la realización de la propuesta de intervención, las medidas de control propuestas en este documento no pudieron ser discutidas con las partes implicadas.

Durante la elaboración del presente documento, se omitió el nombre de la empresa evaluada y la información que se consideró como secreto industrial. Ninguna de la información omitida era necesaria para identificar las medidas de protección de la salud y seguridad de los trabajadores durante la manipulación del cianuro.

REFERENCIAS

1. Minería del oro y distribución de valor responsable, datos 2013. Una evaluación global del valor económico creado y distribuido por los integrantes del World Gold Council. 2014.
2. Weekly M. Nicaragua, un destino minero atractivo, esta ‘abierto para negocios’. ProNicaragua, 11 Marzo 2014. Disponible en: <http://www.pronicaragua.org/es/sala-de-prensa/noticias-sobre-nicaragua/1039-nicaragua-un-destino-minero-atractivo-esta-abierta-para-negocios> Consultado 19 de marzo de 2016.
3. La Realidad de la Minería en Nicaragua: Riqueza en virtud de la Explotación en Países pobres. Disponible en: <http://www.humboldt.org.ni/sites/default/files/La%20Realidad%20de%20la%20Mineria%20en%20Nicaragua.pdf> Consultado 11 de abril de 2016.
4. Castellón MR. Recursos Minerales en Nicaragua: Principales yacimientos y su explotación. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la Construcción Departamento de Hidráulica y Medio Ambiente. 2011. Disponible en: <http://es.slideshare.net/ingmariocastellon/minera-en-nicaragua> Consultado 19 de marzo de 2016.
5. Cowal Gold Project – Cyanide Management Plan. Project No. HAL-02-07/1/25. Document No. CMP-01-Q. Australia: Barrick. 2006.
6. Mudder and M. Botz TI. Cyanide and society: a critical review. The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection 2004; 4 (1): 62-74.
7. International cyanide management code for the gold mining industry. Disponible en <http://www.cyanidecode.org/bienvenido-al-icmi> Consultado en diferentes momentos del período Septiembre 2015-Febrero 2017.
8. GESTIS-database on hazardous substances. Disponible en <http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index-2.jsp> Consultado 13 de octubre de 2016.

9. OSHA Occupational Chemical Database Northeastern University, Disponible en <https://www.osha.gov/chemicaldata/> Consultado 21 de marzo de 2016.
10. Método cualitativo COSHH en su versión simplificada. Disponible en www.coshh-essentials.org.uk#sthash.2I29Wj5j.dpuf Consultado 13 de octubre de 2016.
11. Quiroga PN, Olmos V. Revisión de la toxicocinética y la toxicodinamia del Ácido cianhídrico y los cianuros. Acta Toxicol. Argent. (2009) 17 (1): 20-32.
12. Rodríguez-Fernández A y Pozo-Heissing C. Intoxicación por cianuro. MEDISAN 2001;5(4):103-107.
13. Dueñas Laita A. Intoxicaciones agudas en medicina de urgencia y cuidados críticos. Barcelona: Masson; 1999:207-10.
14. Ramírez AV. Toxicidad del cianuro. Investigación bibliográfica de sus efectos en animales y en el hombre. An Fac med. 2010;71(1):54-61.
15. Albiano NF, Villaamil-Lepori Edda. Toxicología Laboral. Criterios para el monitoreo de trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas. Sección IV. Gases asfixiantes. Capítulo 12. Ácido cianhídrico y cianuros. Ediciones Emede S.A. Madame Curie 1101B1879GTS - Quilmes - República Argentina. 2015.

ANEXOS

Check list de inspección de kit de emergencia ante intoxicación por cianuro de sodio.

Item	Kit de emergencia intoxicación por cianuro Nombre del componente del Kit de emergencia	Cantidad requerida	Estado del Kit		
			Existencia		Vence
			Si	No	
1	Inyección Tiosulfato de sodio				
2	Inyección Nitrito de sodio				
3	Inhalantes Nitrito de amilo				
4	Jeringa con aguja de 60 ml				
5	Jeringa con aguja de 10 ml				
6	Torniquete o banda elastica				
7	Sonda gastrica				
8	Esponjas de gasa				
9	Mascarillas para polvo				
10	Tanque de oxigeno con respirador				
Requerimientos					
1	Estan en buenas condiciones las instrucciones de uso del kit y de facil acceso?				
2	El kit de emergencia se encuentra en refrigeración?				
3	El kit de emergencia se encuentra accesible/sin candado de seguridad?				
4	El kit de emergencia se encuentra rotulado?				
5	El carbon activado en polvo nse encuentra rotulado?				
6	Estan en buenas condiciones el carbon activado en polvo?				
7	El tanque de oxigeno con sus accesorios se encuentran rotulados y en buenas condiciones de operación?				
Observaciones:					
Personal encargado del check list (Colocar nombre completo)					
Fecha del check list					
Area/Ubicación del kit de emergencia					

Check list de inspección de EPP

Item	Se cuenta con	Si	No
1	Lentes de seguridad		
2	Botas de hule con punta de acero		
3	Zapatos de seguridad		
4	Caco de seguridad		
5	Guantes de Neopreno		
6	Guantes de cuero		
7	Guantes impermeables		
8	Guantes aluminizados para refractar el calor		
9	Guantes para soldar		
10	Respirador full face		
11	Respirador para polvo		
12	Respirador para gases		
13	Overol		
14	Protección auditiva		
15	Trajes impermeables Tychem		
16	Detector de gas cianhidrico		
17	Kit de primeros auxilios ante intoxicacion por cianuro		
18	Ducha de emergencia		
19	Estacion de lava ojos		
20	Arnes de seguridad con linea de vida		
21	Traje aluminizado para refractar el calor		
22	Pantallas faciales		

Requerimientos

1	El equipo de protección se encuentra en buen estado y en condiciones que garantizan su empleo.		
2	Se han definido las normas de selección, dotación, uso y mantenimiento del equipo.		
3	Existe la participación de personal especialista en la identificación de necesidades y selección del equipo.		
4	Se obliga al personal al uso del equipo.		
5	Se instruye al personal apropiadamente en el uso del equipo.		
6	Los supervisores comprueban continuamente el estado del equipo.		
7	Se controla y registra la entrega del equipo.		
8	Existe alguna medida disciplinaria en contra del mal uso del equipo.		

Observaciones:

Efectuado por:

	Fecha:	
		Frecuencia de inspeccion mensual
Operaciones planta empresa minera	Nombre:	
		Trabajador

Check list de inspección de duchas de emergencias y estación lava ojos

Area:	Fecha:
Efectuado por:	Frecuencia de inspección:

item	Lista de chequeo	Si	No	N/A	Observaciones
1	Existe agua en las duchas y fuentes lava ojos				
2	Existen en buen estado las valvulas y los desagues				
3	El flujo de agua suministrado es el adecuado.				
4	Se encuentran señalizadas las duchas y fuentes lava ojos				
5	La temperatura del agua es la adecuada.				
6	La distancia desde el suelo a la base del cabezal es la adecuada tomando en promedio el tamaño del trabajador				
7	La valvula de abertura es de acondicionamiento rapido				
8	El accionamiento es facilmente atrapable.				
9	Las llaves de paso del agua se encuentran abierta				
10	El chorro de agua proporcionado por las boquillas de la fuente lava ojo es el adecuado.				

Check list de inspección de kit antiderrame de cianuro de sodio.

Fecha:

Item	Cantidad	Descripción	Si	No	N/A
1	2 rollos	Cinta adhesiva alumimizada			
2	4 pares	Botas de hule punta de acedro			
3	2 unidades	Escobas			
4	10 unidades	Buzos/Trajes Tyvex			
5	1 unidad	Cyanide test kit (para agua)			
6	6 unidades	Detergente			
7	1 unidad	Tambor de 200 lt			
8	2 unidades	Equipo portatil lava ojos.			
9	2 extrintores	20 Lb AB			
10	3 unidades	Linternas con baterias de reemplazo			
11	20 pares	Guantes Neopreno			
12	10 pares	Guantes de cuero			
13	10 unidades	Protector ocular			
14	4 unidades	Baldes plasticos de 20 lt			
15	100 mt	Cuerdas de Nylon, dacron 10 mm			
16	2 unidades	Palas cuadradas			
17	2 unidades	Palas puntudas			
18	6 unidades	Conos de seguridad			
19	4 unidades	Paletas reflectantes para dirección de transito			
20	1 unidad	Lampara de emergencia con extensión a camioneta			
21	1 unidad	Caja de herramientas (mazo, martillo, barra, etc)			
22	10 unidades	Respiradores 3M modelo media cara			
23	50 unidades	Bolsa plastica de material resistente			
24	20 kg	Hipoclorito de sodio/Calcio sólido			
25	1 unidad	Baliza			

Observaciones

CHECK LIST DE HIGIENE Y SEGURIDAD OCUPACIONAL EN LAS ÁREAS DE MANIPULACIÓN DEL CIANURO

Área crítica/proceso	Eventos indicadores	Sucesos no deseados	Si	No
Bodega de cianuro en el almacén principal	Inadecuada zona de almacenamiento	Humedad abundante		
	Inadecuada operación de almacenamiento	Derrame de briquetas de cianuro		
	Incumplimiento de procedimientos	Emanación de gas cianhídrico		
Área de preparación de cianuro	Incumplimiento de procedimientos	Falla del gas alert (detector personal de HCN) y equipo de detección fijo de HCN		
		Falla de la máscara respiratoria		
	Inadecuada inspección de equipos de izajes (tecles) y kits de emergencias	Antídotos vencidos		
	Inadecuado mantenimiento de equipos	Fuga de bomba dosificadora de cianuro en solución		
	Incumplimiento de procedimientos	Emanación de gas cianhídrico		
	Área de lixiviación/CIP	Inadecuado mantenimiento de válvulas en agitadores y CIP	Fuga de pulpa cianurada	
Inadecuado monitoreo en agitadores y CIP		Derrame de pulpa cianurada		

	Incumplimiento de procedimientos	Emanación de gas cianhídrico		
		Falla en el equipo de protección personal		
Área de presa de colas	Inadecuado mantenimiento de tuberías y válvulas	Fuga de pulpa cianurada		
	Incumplimiento de procedimientos de actividades dentro del embalse	Falla del equipo de protección personal		
		Actos inseguros		
Transporte interno	Incumplimiento de procedimientos	Accidente vehicular Derrame de briquetas		
Transporte desde puerto	Incumplimiento de procedimientos	Accidente vehicular Derrame de briquetas		

Comentarios: _____
