



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

R E C I D O	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
	VICE-RECTORADO DE INVESTIGACIÓN
	244 03 JUL 2012
	HORA: 12:00 FIRMA: [Signature]

INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

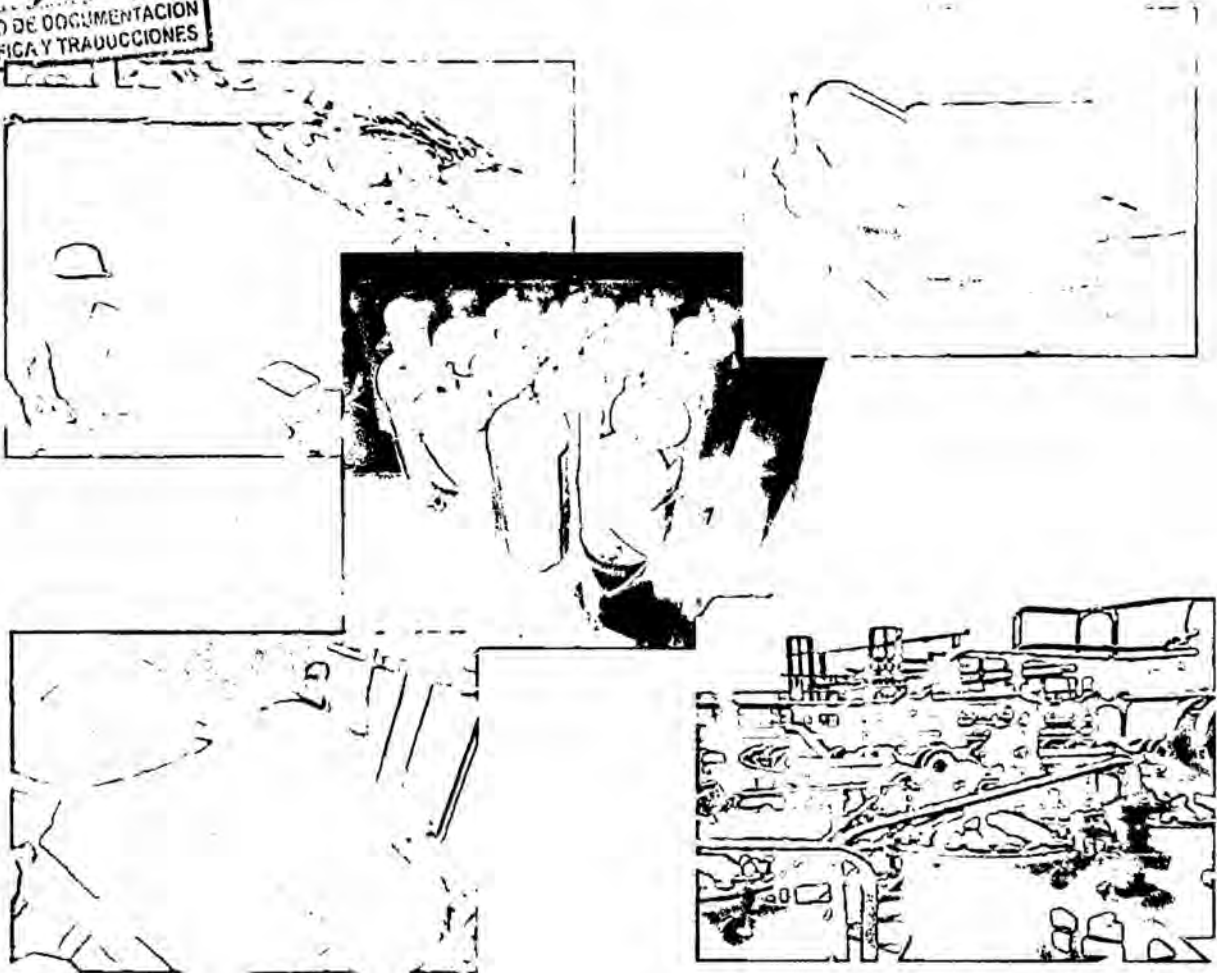


“RIESGO DE CONTAMINACIÓN POR EL MERCURIO E IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL EN AMBIENTES DE TRABAJO”

JUL 2012

ING. OSWALDO CAMASI PARIONA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
VICE-RECTORADO DE INVESTIGACIÓN
RECIBIDO
381
03 JUL 2012
CENTRO DE DOCUMENTACION CIENTIFICA Y TRADUCCIONES



el (Periodo de Ejecución: 01 de Mayo del 2011 al 30 de Abril del 2012 – Resolución Rectoral N° 516-2011-R)

CALLAO - 2012



INDICE

	Página
RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	7
3. MATERIALES Y METODOS.....	31
4. RESULTADOS.....	33
5. DISCUSION DE RESULTADOS.....	42
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
7. APENDICE.....	50
<i>el</i> ANEXOS.....	52

RESUMEN

El proyecto presenta a la Minería Aurífera, Industria de Coloro-Soda y Odontología como actividades con alto riesgo de exposición al Mercurio.

El mercurio es un elemento metálico que se encuentra en estado líquido a temperatura Ambiente. El mercurio es una sustancia tóxica si está en concentraciones altas.

Es fuente de intoxicación o envenenamiento, pues una mala utilización, puede producir desde serios trastornos en el organismo, hasta la muerte.

Los efectos en la salud están en función de composición, concentración, condiciones Ambientales y tiempo de exposición.

Siendo los objetivos de la Seguridad e Higiene Industrial, desarrollar acciones de promoción y protección de la salud de los trabajadores, así como la prevención de los accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales causadas por las condiciones de trabajo; se presenta el Informe Final del proyecto de Investigación **“Riesgo de contaminación por el Mercurio e implementación de medidas de control en ambientes de Trabajo”** a fin de contribuir en las condiciones y medio ambiente de trabajo saludables porque uno de los principales problemas derivados del uso de mercurio, es el efecto en la salud por las intoxicaciones y enfermedades que produce.

El proyecto de Investigación contiene elementos técnicos útiles para las empresas, profesionales interesados en desarrollar un sistema de vigilancia de riesgos en ambientes de trabajo así como prevención y control de intoxicaciones por mercurio, a fin de ampliar la cobertura de los programas de Seguridad e Higiene Industrial, que incluya la vigilancia de la exposición en procesos y operaciones de alto riesgo para la salud de los trabajadores.

En el estudio se realizó la Visita de Estudio preliminar de Reconocimiento a las instalaciones de cada ambiente de trabajo, a fin de observar las condiciones de trabajo, las características de procesos y operaciones, identificar los riesgos ocupacionales, las condiciones de seguridad y facilidades sanitarias.

ABSTRACT

The project presents Gold Mining, Industry Chlorine-Soda and Dentistry as activities with high risk of exposure to Mercury.

Mercury is a metallic element, which is liquid at room temperature. It is also a toxic substance in high concentrations.

It is a source of poisoning; its misuse can result in serious disorders in the body and even death.

The effects in health are in function of composition, concentration, environmental conditions and exposure time.

Since the objectives of the Industrial Safety and Health are developing promotion and health protection of workers and preventing accidents and occupational diseases caused by working conditions, the final report of project Research "Risk of Mercury contamination and implementation of control measures in working environments" is presented in order to contribute to good conditions and healthy work environment because one of the main problems arising from the use of mercury, is the effect on health by poisoning and the diseases it causes.

The research project includes technical elements useful for businesses, professionals interested in developing a surveillance system risk in working environments as well as prevention and control of mercury poisoning in order to expand the coverage of programs of Industrial Safety and Health, including the monitoring of exposure to processes and operations with high risk for the health of workers.

During the study, a Preliminary Study Visit of Recognition to each industrial plant facilities was held in order to observe working conditions and characteristics of processes and operations and to identify occupational hazards, safety conditions and sanitary facilities.

el

1. INTRODUCCIÓN

Los problemas de Seguridad e Higiene Industrial que afronta el país son múltiples, como las enfermedades profesionales, intoxicaciones ocupacionales, los accidentes de trabajo en el sector industrial ocasionados por el Mercurio.

En el Perú existe riesgo de exposición potencial al Mercurio en las actividades representativas de **Minería aurífera, Industria de Cloro-Soda y Odontología** y hay la necesidad de realizar la gestión del Mercurio con eficiencia a fin de reducir y/o eliminar la exposición y la enfermedad profesional Mercurialismo irreversible.

El estudio de un riesgo ocasionado por un agente ambiental, comprende básicamente el aspecto referente al ambiente de trabajo, siendo una responsabilidad de la Ingeniería.

Para llevar a cabo el estudio y el control de los riesgos ambientales se sigue la etapa de Reconocimiento de la Higiene Ocupacional que consiste en hacer Visita de estudio preliminar a las instalaciones de las actividades económicas a fin de identificar los riesgos en los ambientes de trabajo.

No se puede controlar la cantidad de riesgos, que son depositados en el ambiente de trabajo si su naturaleza no está caracterizada, los modos y formas en que sus procesos y operaciones afectan a los elementos de la naturaleza y a la sociedad, es decir si no se sabe qué elementos y estructura tienen, no se podrían establecer programas de soluciones tecnológicas y administrativas adecuadas, si no se conocen con profundidad los problemas de cada complejo industrial.

El contenido de este estudio busca crear interés científico y social para fomentar acciones sostenidas y justas.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Objetivo General

Implementar las medidas de control para el manejo seguro del Mercurio que permitan reducir los riesgos asociados al uso, consumo y emisiones del Mercurio para prevenir accidentes y enfermedades profesionales ocasionados por exposición al Mercurio en ambientes de trabajo del sector Industrial Cloro-Soda, minería aurífera y odontología donde se utiliza el Mercurio en grandes cantidades, y contribuir a un mejor desarrollo del país, controlando los riesgos ocupacionales a los cuales están expuestos los trabajadores, siguiendo ciertos criterios de orden preventivo y correctivo.

Objetivos Específicos

Realizar Visitas de Estudio a las instalaciones de las actividades representativas de minería artesanal, Industria de Electrólisis de Cloro-Soda y Centros odontológicos donde se utilizan grandes cantidades de Mercurio a fin de identificar los riesgos ocupacionales y observar las condiciones de trabajo.

Promover la identificación y adecuado manejo de todas las formas de Mercurio a fin de lograr ambientes saludables de trabajo, teniendo en cuenta las injustificadas enfermedades, muertes y los inevitables riesgos para la salud humana y el medio

el

ambiente.

Informar y sensibilizar a los trabajadores acerca de la toxicidad y los efectos nocivos del mercurio a la salud de las personas y sobre los mecanismos de intoxicación por este agente a fin de motivar el uso permanente y obligatorio de los equipos de protección personal.

Establecer procedimientos seguros y controles en uso y manejo del Mercurio en los ambientes de trabajo.

IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

- a. La exposición al mercurio depende de su forma: las más comunes son como vapor de mercurio y metil mercurio que son absorbidas por el cuerpo. El metil mercurio en los pescados y en productos de pescado constituyen la mayor fuente de mercurio, seguido por respirar mercurio desde el aire. El agua también contribuye en pequeña cantidad.
El mercurio es utilizado en la fabricación de equipos eléctricos que incluye baterías pequeñas, celdas de mercurio en detectores de humo, lámparas e interruptores de mercurio; en la producción de Cloro y Soda Cáustica; como agente antimohos en pinturas; para instrumentos industriales y de control. Los trabajadores y las personas que viven cerca de estas industrias pueden estar expuestas al mercurio.
- b. Los efectos tóxicos en la salud dependen de su forma química:
Al inhalar vapor de mercurio se daña el sistema nervioso. Se producen pérdidas de la memoria, temblores, inestabilidad emocional, insomnio y pérdida de apetito, como resultado de una exposición leve. En una exposición moderada se observan desórdenes mentales y disturbios motores.
Exposiciones de corta duración a altas concentraciones de vapor de mercurio pueden producir daño a los pulmones y muerte.
El metil mercurio es la forma en que las personas están más expuestas. Tiene efectos en el sistema nervioso en el desarrollo del feto y en los niños. Los casos de envenenamientos más suaves muestran síntomas como: indisposición, visión borrosa. Casos más severos muestran disminución de la visión y audición, desórdenes de lenguaje y movimientos temblorosos y pasos inestables. Los casos más serios muestran desorden mental y coma, seguido de la muerte.
- c. En el medio ambiente, el mercurio inorgánico descargado por las industrias es convertido por las bacterias presentes en el agua dulce y salada y los sedimentos, en metil mercurio orgánico que es rápidamente absorbido por los peces y almacenado en sus músculos. A lo largo de la cadena alimentaria va aumentando su concentración hasta llegar a los humanos.
La lluvia ácida aumenta la acidificación de las aguas, con lo que el mercurio orgánico se transforma a formas que son más fácilmente absorbidas por los peces, con lo que hace aumentar los niveles de mercurio que finalmente llegan a los humanos.
- d. La minería aurífera se caracteriza por ser tecnológicamente rústica y legalmente Informal que obligó a emitir el DU 012-2010 que busca la formalización minera y el control de la contaminación.
La explotación se realiza exclusivamente en las orillas y cauces de los ríos. La extracción se realiza por separación del oro con mercurio mediante la amalgamación.

el

La solución mercurio-oro es quemada con soplete en un recipiente abierto a fin de evaporar el mercurio y dejar libre al oro. Siendo el momento de mayor exposición ocupacional a vapores de mercurio.

El proceso causa problemas ocupacionales y ambientales, dado que el mercurio es un metal pesado que al ingresar al organismo genera una reducción en la visión, problemas nerviosos, gastrointestinales, llegando a causar la muerte de cualquier tipo de fauna incluso al hombre. También contamina suelos, agua, etc. Otras fuentes de exposición son la Industria en general, agricultura y la odontología.

El Mercurio actualmente es un producto químico que causa preocupación en todo el mundo y el interés mundial está en la acción contra la contaminación ambiental generada por las industrias que motiva la investigación científica.

La poca información que se dispone sobre los efectos del Mercurio sobre la salud humana, la economía; justifican esta investigación.

2. MARCO TEORICO

El Mercurio

El Mercurio es un elemento metálico de color gris plateado que tiene la propiedad de encontrarse en estado líquido a temperatura ambiente. Se encuentra en forma natural en la corteza terrestre en una concentración de 0.5 ppm aproximadamente. Se encuentra principalmente en el mineral Cinabrio (HgS) de aspecto rojizo y forma aleaciones con muchos metales como oro, plata, cobre, estaño, platino denominadas amalgamas.

A temperatura de ambiente, el metal se evapora parcialmente formando vapores de Hg que son incoloros e inodoros. Cuando aumenta su temperatura produce vapores tóxicos y corrosivos.

El mercurio monovalente (Hg¹⁺) o divalente (Hg²⁺) puede enlazarse con otros compuestos.



Mercurio metálico

Fig. N°1 Gotas de mercurio

Tabla N° 1

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL MERCURIO	
Símbolo	Hg
Estados de oxidación	+1, +2
Peso molecular (g/mol)	200.59
Densidad a 20 °C (g/cm ³)	13.55
Punto de fusión (°C)	-38.87
Punto de ebullición (°C)	356.9
Calor específico (cal/g)	0.03325

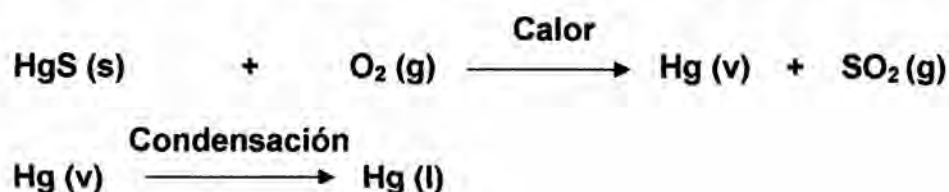
el

Presión de vapor a 20 °C (Pa)	0.17
Solubilidad en Agua a 25 °C (ml/l)	0.02

Fuente: PARMEGGIANI, LUIGI. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Madrid: Edición Española, 1989.

El sulfuro de mercurio (cinabrio) se descompone al calor liberando el mercurio. La forma metálica se refina a temperaturas superiores de 540 °C, vaporizando el mercurio del mineral que lo contiene, los vapores se enfrían y se condensan para obtener el mercurio elemental líquido.

En el quemado del mineral cinabrio, se forma el dióxido de Azufre mediante la reacción:



(s): sólido

(g): gas

(v): vapor

(l): líquido

El vapor de mercurio se condensa en recipientes refrigerados adecuadamente, luego se envasan en envases metálicos especiales, vidrio u otros y se embalan en cajas.



Código UN 2809, para transporte marítimo.

Fig. N° 2 Envase con mercurio

Cortesía Quimpac S.A

Compuestos del Mercurio

El mercurio forma una variedad de compuestos que pueden ser inorgánicos y orgánicos, no solo al estado elemental (líquido), sino también en solución o vapores. Los compuestos orgánicos son mucho más tóxicos que los inorgánicos.

a) Compuestos Inorgánicos del Mercurio.

Entre los compuestos inorgánicos del mercurio se tiene el sulfuro de mercurio (HgS), Óxido de Mercurio (HgO) y el Cloruro de Mercurio (HgCl₂), que son bastante volátiles para existir en la atmósfera. Sin embargo la solubilidad en

agua y reactividad química de estos gases inorgánicos divalentes hacen que su acumulación en la atmósfera sea mucho más rápida que la del mercurio elemental. Esto significa que la vida atmosférica de los gases de mercurio divalente es mucho más corta que la del vapor de mercurio elemental.

b) Compuestos Orgánicos del Mercurio

Son compuestos donde el mercurio está unido al átomo de carbono. El mercurio se puede unir a los compuestos orgánicos de cadena lineal (alifáticos) o a los compuestos arílicos o aromáticos, siendo los alifáticos más estables que los aromáticos.

Compuestos Alifáticos mercuriales (Alquilmercúricos).

Son compuestos que se forman por combinación del mercurio con compuestos orgánicos de cadena lineal. Además a partir del mercurio liberado al ambiente y por acción de los microorganismos se puede formar el metil mercurio ($\text{CH}_3\text{-Hg}$) y el dimetil mercurio ($\text{CH}_3\text{-Hg-CH}_3$), compuestos que por su alta liposolubilidad tienen gran afinidad por el sistema nervioso central de los mamíferos superiores.

USOS DEL MERCURIO

El mercurio elemental se utiliza para la extracción de oro y plata de las minas.

Para ayudar en la producción de productos químicos de Cloro-álcali

En manómetros que miden y controlan la presión

En termómetros.

En interruptores eléctricos y electrónicos

En lámparas fluorescentes.

En amalgamas dentales.

Los compuestos de mercurio se utilizan en:

Pilas

Biosidas para controlar o destruir microorganismos.

Antisépticos en productos farmacéuticos.

Análisis químicos.

Como catalizadores para hacer más eficaz la fabricación de otras sustancias químicas.

Pigmentos, tintes y explosivos.

PRINCIPALES ACTIVIDADES QUE LIBERAN EL MERCURIO



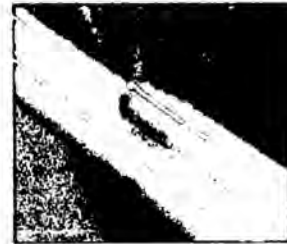
Extracción de oro y plata



Amalgamación con plata y zinc en odontologías



Equipos electrónicos:
Las lámparas



Equipos científicos:
Los barómetros



Transporte del Mercurio y los Posibles Receptores en los Ecosistemas Acuáticos

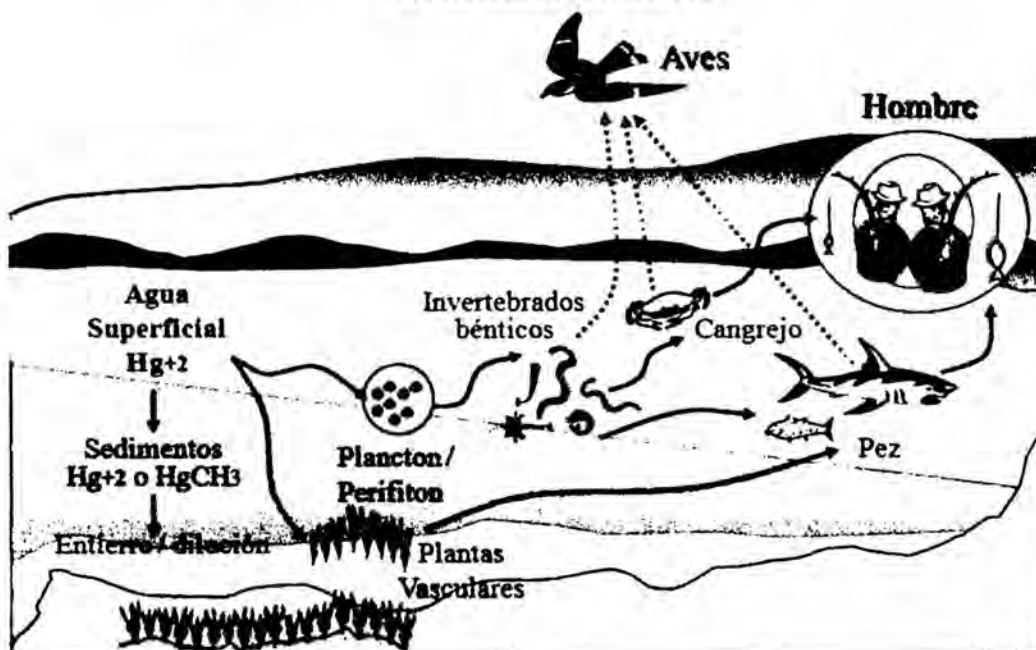


Fig. N° 3 Transporte del Mercurio y los Posibles Receptores en los Ecosistemas Acuáticos.

Fuente: http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=311

Uso de los compuestos Alifáticos mercuriales

Generalmente los compuestos orgánicos de mercurio son utilizados como antisépticos, germicidas, conservantes (vacunas), diuréticos y contraceptivos. En los pesticidas se usa como alguicidas, fungicidas, herbicidas, limonicidas, tratamiento de granos, simientes y absorbente del Etileno, también es usado como preservante de pinturas, ceras, pastas, papeles, corchos, maderas.

El metil mercurio (CH_3Hg) en el medio ambiente

El metil mercurio es un compuesto alifático (cadena lineal) que forma parte del "Ciclo del mercurio". En el ambiente el mercurio está relacionado con una serie de reacciones físicas y químicas que se presentan en el aire, suelo y en los cuerpos acuáticos. Siendo los microorganismos acuáticos un factor importante para la acumulación de éste metal a través de la cadena alimentaria particularmente peces, los cuales generalmente no tiene mecanismos fisiológicos ni bioquímicos eficientes que les permita la eliminación del metil mercurio.

Mecanismo de formación del metil mercurio

La interacción de ciertas bacterias con ciertos metales como el mercurio favorece la potenciación de algunos metales pesados como tóxicos ambientales. Las reacciones de metilación ocurren en los sedimentos de las bahías, estuarios, lagunas, porque estas zonas actúan como trampas de los metales liberados, el mercurio que ingresa a estos lugares puede ser transformado por las bacterias anaeróbicas metano-genéticas (forman metano) y las sulforeductoras o ser incorporados por los organismos bentónicos. De acuerdo a los últimos estudios realizados se ha determinado que las bacterias anaeróbicas sulforeductoras son más eficientes en la metilación y que el medio salino favorece esta reacción.

La metilación microbiana es una reacción donde intervienen enzimas que necesitan de un medio reductor es decir oxidante, donde el mercurio con oxidación +2 (Hg^{+2}) por acción de la coenzima metilcobalamina se convierte en metil mercurio (CH_3Hg -) y la metilcobalamina reducida (Vitamina B12 reducida). La reacción se favorece con la concentración de los iones sulfato (SO_4^-), porque cuando la concentración de iones aumenta, los microorganismos sulforeductores transforman éste en ácido sulfhídrico (H_2S) compuesto que interfiere en la metilación porque reacciona con el mercurio produciendo HgS que precipita en forma de partículas.

Vías de absorción

Por lo general la ingestión se realiza a través de la vía digestiva, la absorción de los compuestos alquilméricos ocurre a través de la piel y ésta dependerá de la solubilidad y concentración de éstos. Los compuestos alquilméricos sufren una transformación (reducción) en el organismo a mercurio inorgánico que se acumula en riñones e hígado.

el

Riesgos de exposición

Por inhalación de vapores o polvos durante la fabricación y la manipulación final de los productos derivados del mercurio. El contacto directo origina quemaduras de tipo químico; en exposiciones crónicas, las lesiones son neuronales, parestesias (dolor sin causa aparente o falta de sensación) en las extremidades distales, lengua y alrededor de los labios.

Efecto del metil mercurio en la salud humana

El metil mercurio por ser más lipofílico que el mercurio inorgánico se bioconcentra en los organismos de varios niveles tróficos de la cadena alimentaria, los efectos negativos de este compuesto en la salud humana son resultado de su acumulación principalmente en los astrocitos que son células especializadas del sistema nervioso central, del cual ocupan aproximadamente el 25% del volumen total. Cuando existe metil mercurio en los astrocitos su función sobre los neurotransmisores se modifica, originando una disfunción neuronal y motora.

Identificación de riesgos:

a) Fuentes de contaminación en el ambiente de trabajo.

La exposición al mercurio se da en sus formas más comunes: como vapor metálico y metil mercurio, que son absorbidos por el cuerpo. El metil mercurio en los pescados y en productos derivados constituye la mayor fuente de exposición al mercurio, seguido por respirar mercurio del aire. El agua también contribuye en cantidades menores.

El mercurio se utiliza en la fabricación de equipos eléctricos, que comprende baterías, celdas de mercurio, detectores de humo, lámparas e interruptores de mercurio; en la producción de cloro y soda cáustica por electrolisis; como agente antimohos en pinturas; para instrumentos industriales y de control. Los trabajadores y las personas que viven cerca de estas industrias pueden estar expuestas al mercurio lo cual puede afectar la salud y la integridad física.

Las principales fuentes de contaminación por mercurio se originan de las actividades de: extracción, refinación, uso industrial, agrícola y por el ambiente.

b) Minería

Los peligros para la salud en los ambientes mineros son para los trabajadores de extracción (del mineral cinabrio), purificación y concentración del mercurio, hasta llevarlo a formas comerciales y para aquellos que laboran usando técnicas artesanales en la extracción del oro.

Las minas son consideradas como fuentes de contaminación del ambiente general, ya que el metal pasa en forma de vapores o a través de los desechos mineros, que pueden llegar a las aguas o al suelo.

c) Industria en general

La industria hace uso del mercurio en la fabricación de instrumentos de medición como termómetros, fabricación de lámparas, de tubos de rayos X, en la fabricación de productos farmacéuticos o de plaguicidas. Las principales áreas industriales donde se utiliza el mercurio son:

- En la fabricación y mantenimiento de equipos eléctricos (tubos de rayos X, lámparas incandescentes, baterías y similares).
- En laboratorios de análisis químicos y de investigación.
- En la elaboración de pinturas.
- En las plantas de hidrólisis de compuestos alcalinos de cloro (plantas de cloro-soda).
- Preparación de materia prima para fabricación de sombreros.
- Producción de fungicidas mercuriales.
- Productos fotográficos.
- Sistemas de medición y control (termómetros, manómetros y medidores de potencial, etc.)

d) Agricultura

En el uso de derivados del mercurio en la agricultura, como ocurre con los compuestos **Alifáticos Mercuriales** que se utilizan como plaguicidas para el control de hongos, algas y otros en las plantaciones. Su uso es restringido.

e) Odontología

El mercurio es uno de los componentes básicos de la amalgama, que por lo regular está constituida con mercurio (50 % del volumen total), con plata (35 %), estaño (13%), cobre (2%) y una pequeña cantidad de zinc, la mezcla se constituye en el empaste para las curaciones dentales.

El mercurio contenido en el empaste presenta un riesgo para los profesionales de ésta área. Las mediciones de vapores y de partículas en suspensión en el aire efectuado en consultorios se encuentran por encima de 0,05 mg/m³. Las concentraciones de mercurio medidas en el ambiente de trabajo presentan diferencias significativas según el diseño del laboratorio o consultorio, la hora del día (temperatura del ambiente), el procedimiento dental utilizado, la frecuencia con la que se limpia el consultorio. Es de especial cuidado la extracción de amalgamas antiguas, la cual al ser manipulada por la fresadora puede llegar a originar concentraciones de vapor de mercurio hasta de 0,4 mg /m³.

Es conveniente considerar al mercurio como un riesgo potencial para la salud no - solo para los cirujanos dentistas sino también para los ayudantes quienes muchas veces se encuentran mucho más expuestos.

En la extracción de viejas amalgamas, la exposición puede reducirse con una buena ventilación, usando amalgamas ya preparadas, si existe necesidad de su preparación realizarla en ambiente controlado (con campana de extracción

de vapores), se debe tener en cuenta que el mercurio es absorbido por el cuerpo de acuerdo a lo siguiente:

- 1) Desde la cavidad bucal y nasal llegan vapores al torrente sanguíneo y luego a todos los órganos y al cerebro.
- 2) Los vapores se inhalan parcialmente por los pulmones a través de las vías respiratorias. Así pasan a la circulación sanguínea.
- 3) Durante la masticación se desprenden partículas de mercurio en su forma metálica, las cuales pasan al sistema digestivo transformándose a metilmercurio.
- 4) El metal se difunde a través de las encías, las raíces dentales y la mandíbula hasta el sistema nervioso central y el cerebro.

Fuentes de Contaminación en el Ambiente

Gran parte del mercurio que se encuentra en el ambiente se origina en procesos naturales como: las erupciones volcánicas, cambios de las condiciones atmosféricas de presión y temperatura, que pueden determinar la contaminación de los componentes de la cadena alimentaria, tales como los bentos, crustáceos y peces. El aumento de la concentración del mercurio en el aire, puede llevar a efectos adversos en la salud.

Las actividades mineras y otras de producción que utilizan mercurio, pueden ser fuentes de contaminación, debido a los desechos emitidos al ambiente o por su uso, almacenamiento, transporte; en las que puede ocurrir el contacto de éste agente con el medio, contaminándolo y generando riesgo para la salud de la población.

Las actividades industriales tales como la quema de combustibles fósiles, la fundición de diversos metales, la fabricación de cemento, incrementan considerables cantidades de mercurio al ambiente.

Cabe indicar, que en el medio ambiente el mercurio se combina con otras sustancias y forma nuevos compuestos que llegan a las fuentes de agua donde se acumulan en la biota acuática (bentos, peces, etc), ingresando a la cadena alimenticia.

a) En el aire

La presencia de partículas de metilmercurio o de mercurio metálico en el aire, que proceden de procesos naturales o industriales, constituye una contaminación y debe identificarse la fuente como medio de control. También es necesario informarse respecto de eventuales incrementos en los desechos industriales de las plantas que utilizan mercurio, del aumento en la producción de este metal, sus derivados y su uso en la minería artesanal. Se debe tener presente que la concentración media de mercurio en el aire es de 20 ng/m³ (nanogramos en un metro cúbico).

b) En el agua

La contaminación del agua por mercurio se debe generalmente a los desechos industriales que se vierten en él, donde el metal y sus compuestos pueden transformarse en metilmercurio por el proceso de metilación. Este compuesto

puede ser ingerido y bioacumulado por peces y la biota acuática, posibilitando así su ingreso a la cadena alimentaria del ser humano.

c) En los alimentos

Las principales fuentes de exposición a mercurio en los alimentos se encuentran en: pescados (especialmente las especies carnívora como el tiburón, pez espada, atún y otros), algas, mariscos, pan preparado con cereales que hayan sido tratados o contaminados con plaguicidas mercuriales y los animales o productos de animales que se alimentaron con otras fuentes contaminadas. Estos, son los intermediarios que sirven para que el mercurio y sus compuestos que hayan ingresado al ambiente, lleguen al organismo humano.

El uso de fungicidas mercuriales en el tratamiento de semillas ocasiona el ingreso del metilmercurio a las cadenas alimentarias terrestres.

d) Otros

Algunos medicamentos (antiséptico, diuréticos) y pigmentos para tatuajes son también fuentes de contaminación para el hombre.

En personas sometidas a tratamientos periódicos de restauración dental con amalgama, puede representar un aporte importante de mercurio para su organismo.

El mercurio en el organismo humano

El metal y sus compuestos pueden tener efectos negativos en la salud humana y estarán en función de la velocidad de absorción, las propiedades fisicoquímicas de los compuestos y la susceptibilidad del individuo. El mercurio y sus compuestos pueden ingresar al cuerpo a través de la piel y los tractos gastrointestinal y respiratorio. El mercurio y sus compuestos después de ingresar la organismo son absorbidos y disociados por los fluidos corporales y la sangre, siendo distribuidos al plasma y eritrocitos, la cantidad de mercurio que se fije en ellos dependerá de la composición o fórmula del compuesto

a) Metabolismo del mercurio

La principal vía de absorción en las intoxicaciones industriales es la respiratoria (polvo o vapores). La absorción por vía cutánea es posible, si el metal se encuentra finamente dividido e incorporado a una grasa en forma de pomada, en especial si la piel presenta discontinuidades originadas por heridas, laceraciones o lesiones.

El mercurio inorgánico una vez absorbido pasa al torrente sanguíneo a través de las proteínas contenidas en la sangre a diferencia del mercurio orgánico que se combina con los hematíes.

La sangre conteniendo mercurio recorre todo el sistema circulatorio depositando el metal pesado en el hígado, intestinos, riñones, tejido nervioso, vísceras en general, pelos y uñas; el metal al ingresar al interior de la célula se

une preferentemente a los grupos tioles o sulfidrilos (-SH) de las proteínas, causando la inhibición de sus funciones.

b) Efectos en la salud por exposición a mercurio y sus compuestos:

Efectos potenciales

Los efectos pueden darse en distintos órganos, aparatos y sistemas del cuerpo humano así como en sus funciones:

- **Boca:** Inflamación de las encías, destrucción de alvéolos dentales, exceso salivación, temblor en la lengua, dificultad para hablar, alteración de la sensibilidad en la boca.
- **Nariz:** Hemorragias nasales, irritación de fosas nasales y disminución del olfato.
- **Ojos:** El contacto con la sustancia o sus compuestos puede causar ulceración de la córnea y la conjuntiva, disminución de la agudeza visual e inflamación de las conjuntivas.
- **Riñones:** Se deposita el mercurio y puede ocasionar lesiones la mayoría de ellas irreversibles.
- **Piel:** El mercurio se absorbe a través de la piel en cantidades mínimas y puede causar dermatitis por contacto y sensibilidad a este metal.
- **Ingestión:** La ingestión de mercurio metálico tiene pocos efectos sistémicos debido a su baja absorción en el tracto intestinal; en el caso de ingestión de sales inorgánicas los órganos más afectados son los intestinos y los riñones, pudiendo originar la muerte por colapso circulatorio. Cuando la ingestión es de compuestos mercuriales inorgánicos (alquilmercúricos) los efectos se manifiestan en alteraciones motoras (temblor, ataxia, etc.) y sensoriales (parestesias, estrechamiento del campo visual, ceguera, sordera, etc.), los compuestos orgánicos tienen la capacidad de atravesar la barrera placentaria (ingresa al feto, afectando se sistema nervioso).
- **Inhalación:** Causa quemaduras químicas en el tracto respiratorio. La inhalación de vapores puede causar fiebre, la que se caracteriza por presentar síntomas similares a los del resfrío a los que se suman: sabor a metal, frío, tos, debilidad, dolor de espalda, dolor muscular e incremento del número de glóbulos blancos.
- **Sistema Nervioso Central:** Se originan por exposición al vapor de mercurio y sus compuestos orgánicos, tienden a dañar el Sistema Nervioso Central (SNC), se conoce que el mercurio es un potente neurotóxico, ataca el sistema nervioso central (SNC) y además puede dañar el cerebro, los riñones y los pulmones. En la exposición crónica (generalmente ocupacional) los síntomas son: cambios en el comportamiento y presencia de depresión e irritabilidad, temblores, pérdida de apetito y peso.
- **Reproducción:** El mercurio traspasa la placenta, en mujeres ocupacionalmente expuestas, que pueden presentar complicaciones en el embarazo, disturbios en la menstruación, abortos espontáneos y malformaciones en el feto, cuando hay exposición crónica a los vapores de mercurio.

Efectos agudos y crónicos.

Tabla N° 2
Intoxicación Aguda - Crónica y su efecto en el organismo humano

Intoxicación	Vía de ingreso	Origen	Efecto
Aguda	Respiratoria , Digestiva	Accidente, inhalación de altas concentraciones de mercurio. Ingestión de alimentos contaminados con una sal de mercurio.	Bronconeumonía. Lesiones ulcerosas en boca y esófago, vómitos profusos, diarreas, deshidratación, insuficiencia renal anúrica, alteraciones cutáneas en forma de erupción morbiliforme.
Crónica	Respiratoria , cutánea	Intoxicación ocupacional	Hidrargismo, sus manifestaciones son: gingivitis y estomatitis, con salivación excesiva y dolor en las encías, pérdida de piezas dentarias con frecuencia. El periodo de intoxicación se caracteriza por: a) Alteraciones digestivas. b) Alteraciones oculares. c) Alteraciones del sistema nervioso, las cuales se manifiestan por cambios de carácter y de personalidad, también puede presentar: timidez, insomnio, irritabilidad, pérdida de memoria, alucinaciones, estados maniaco-depresivos, temblor de los miembros superiores, disimetría y demás perturbaciones de los movimientos voluntarios.
Cinética	Más del 80 % del mercurio se distribuye en sangre, músculos, hígado y riñones y presenta una vida media entre 1 y 2 meses. Alrededor del 4% del metal es retenido por el Sistema Nervioso Central, siendo su vida media de varios años.		
Niveles de Hg recomendados	<ul style="list-style-type: none"> • Para personas <u>no</u> expuestas ocupacionalmente Mercurio en sangre: 5 µg / L Mercurio en orina : 0.5 µg / L Mercurio en cabello: 2 µg / L 		

Límite de Tolerancia Biológica (LTB)	<ul style="list-style-type: none"> • Para personas expuestas ocupacionalmente, Mercurio en sangre: 30µg/ L Mercurio en orina : 50µg/ L
Método de análisis	Arrastre por Vapor Frío – Absorción Atómica sin Flama

Fuente: Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud, Lima-Perú: 2010.

Límites de exposición

a) Límites Ocupacionales.

Los límites ocupacionales están establecidos en el "Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo", aprobado el 6 de Julio de 2005, mediante el Decreto Supremo N° 015-2005-SA.

Tabla N° 3

Límites de exposición al mercurio en el ambiente ocupacional

N° CAS (*)	AGENTE QUÍMICO	LÍMITES ADOPTADOS	
		TWA	STEL
		mg/m ³	mg/m ³
7439-97-6	Mercurio elemental y comp. inorgánico. Como Hg	0,025	-----
	Alquil-compuestos, como Hg	0,01	0,03
	Aril-compuestos, como Hg	0,1	-----

CAS (*), Chemical Abstracts Service.

TWA: Media Ponderada en el Tiempo.

STEL: Exposición de corta duración.

Fuente: Valore Limite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo, Lima-Perú: D.S. N° 015-2005-SA

Observación: Mantener las concentraciones en el aire en los niveles recomendados o por debajo de ellos, no quiere decir que no habrá riesgo para la salud de los trabajadores, ya que sólo significa que el riesgo está controlado a niveles mínimos.

il

b) Límites Ambientales¹

A diferencia de los límites ocupacionales, los límites ambientales generales todavía necesitan mayores estudios y evaluaciones.

- 1) En el aire urbano : inferior a 15 ug/m³ (OMS)
- 2) En el agua potable : 1 ug/l (OMS)
- 3) En el agua de río : 0,2 ug/l
- 4) En el agua de mar : 0,3 ug/l
- 5) En alimentos:
 - En general inferior a 60 µg/Kg
 - En pescado de agua dulce, inferior a 200 µg/Kg
 - En pescados de mar, inferior a 150 µg/Kg, con excepción de especies carnívoras como el pez espada y el atún, que pueden tener normalmente de 200 a 1500 µg/Kg.

*il*¹GALVAO, LUIS A.C. Serie Vigilancia 7, Mercurio, México: OMS, 1987.

Tabla N° 4

ENFERMEDADES CAUSADAS POR EL AGENTE QUÍMICO

Agente	Relación de síntomas y patologías relacionados con el Agente	Principales actividades capaces de producir enfermedades relacionadas con el Agente
Mercurio y sus compuestos	<ul style="list-style-type: none"> -Encefalopatía aguda -Cólicos y diarreas -Estomatitis -Temblor intencional -Ataxia cerebelosa -Nefritis crónica -Daño orgánico cerebral Crónico. -Síndrome de Atkinson -Dermatosis de contacto 	<p>Extracción, tratamiento, preparación, empleo y manipulación del mercurio, de sus amalgamas, de sus combinaciones y de todo producto que lo contenga y especialmente:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Extracción y recuperación del metal en las minas y en los residuos industriales. -Tratamiento de minerales auríferos y argentíferos. Dorado, plateado,, estañado, bronceado y damasquinado con ayuda del mercurio o sus sales. -Electrólisis con mercurio -Producción electrolítica de clorina. -Preparación de zinc amalgamado para pilas eléctricas. -Fabricación y reparación de acumuladores electrónicos de mercurio. -Fabricación de baterías.

il

Fuente: Norma Técnica de Salud que establece el listado de las Enfermedades Profesionales, Lima-Peru: R.M. N° 480-2008/MINSA.

DESCRIPCION DE PROCESOS Y OPERACIONES

1. Minería Aurífera Artesanal

La minería aurífera artesanal en el Perú se caracteriza por ser tecnológicamente rústica, legalmente informal.

La explotación se realiza exclusivamente en las orillas de los ríos, yacimientos, filones y centros mineros abandonados.

La extracción se realiza por separación del oro con mercurio mediante la amalgamación y por lixiviación por cianuro.

Procesos y Operaciones en Minería Aurífera

a) Proceso de explotación

Se extrae el material formado de piedras, lodo y otros de las orillas y cauces de los ríos y de las minas.

b) El proceso en plantas de beneficio

Chancado: Los mineros extraen el mineral de los socavones y reducen el tamaño del material con combas y en otras, esta operación se realiza con chancadoras.

Molienda: La operación tiene por objetivo reducir el mineral a partículas de aproximadamente 130 micras en molinos de bolas.

Concentración y amalgamación del oro: Con el producto de la molienda, se forma una solución de agua y mineral fino denominado pulpa, a esta mezcla se le añade mercurio para la obtención de la amalgama, el cual se obtiene en los quimbaletes.

Los residuos de esta operación pasan a las pozas de almacenamiento y se reciclan al quimbaleta a fin de optimizar la recuperación del oro por amalgamación, finalmente el material con bajo contenido del mineral (relave) es almacenado en un espacio denominado cancha. El oro remanente contenido en el relave se puede recuperar por método de cianuración.

Quemado o refogado: La amalgama es quemada con el uso de soplete en un recipiente abierto a fin de evaporar el mercurio y separarlo del metal, obteniéndose así el oro. El quemado o refogado es el momento de mayor exposición a vapores de mercurio para los trabajadores dedicados a esta actividad.

El proceso causa problemas ambientales y a la salud humana porque el mercurio al ingresar al organismo genera reducción en la visión, problemas nerviosos y gastrointestinales, llegando a causar la muerte.

el



Fig. N° 4 Quimbalete amalgamador. Yangas – Lima.

2. Industria de Cloro-Soda

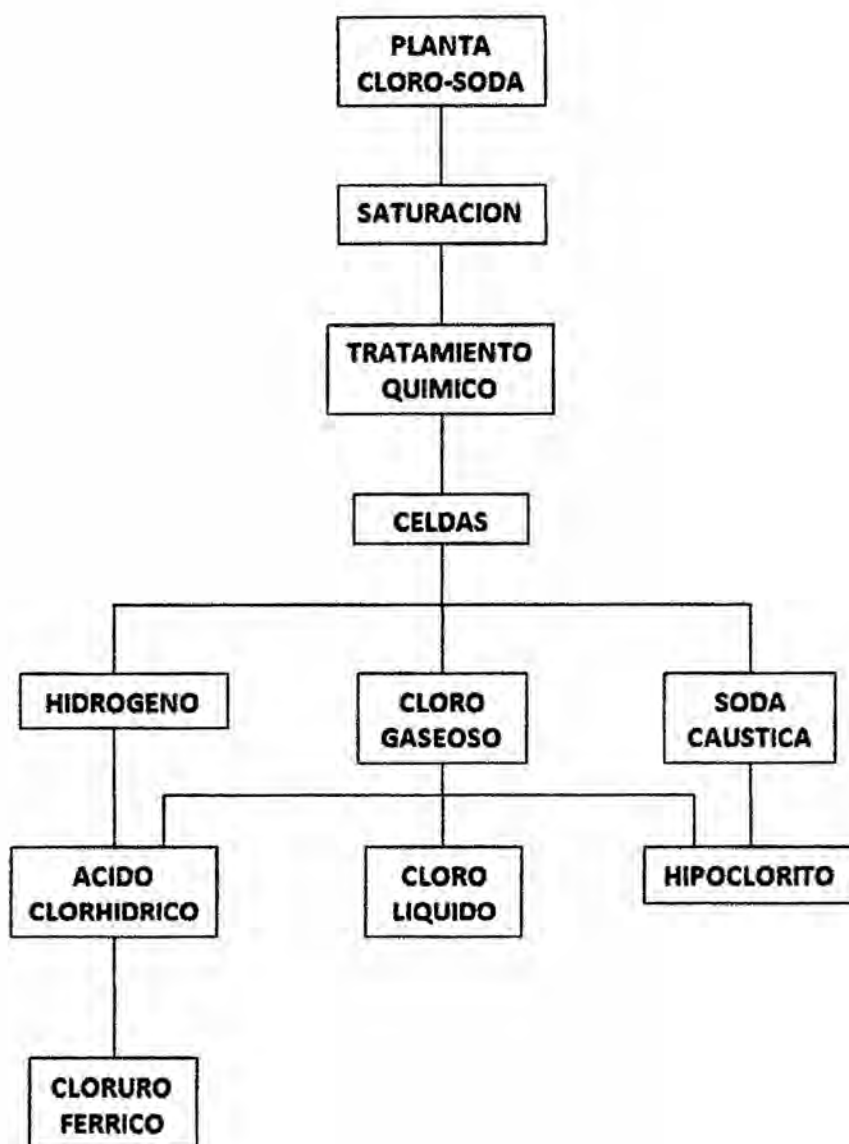
Es un complejo industrial dedicado a la explotación y procesamiento de la sal (Cloruro de Sodio) y de productos derivados.

Descripción de los procesos:

- a) **Sección de Salmuera:** La materia prima utilizada en esta industria es cloruro de sodio o sal común. Esta sal en la planta es sometida a un lavado para eliminar parte de las impurezas que trae como sulfatos, calcio, magnesio, arena.
- b) **Sección Celdas:** Al paso de la corriente eléctrica, el cloruro de sodio se descompone en sus dos elementos cloro y sodio. El cloro se libera en forma gaseosa en el ánodo que es el titanio y el sodio forma la amalgama de sodio con el mercurio que es el cátodo.
La amalgama fluye a otra celda (desamalgamador) en el cual reacciona electrolíticamente con el sodio de la amalgama y forma la soda caustica con el agua liberando hidrógeno que es enfriado y almacenado, una parte para su posterior quemado con el cloro para la producción de ácido clorhídrico y otra parte para utilizarse en la planta de cloruro de calcio sólido.
La soda caustica producida en forma líquida de 50% de concentración es almacenada para su distribución.
- c) **Sección Cloro:** El cloro proveniente de las celdas está húmedo y en esta condición.

El cloro se enfría con agua helada en una torre de enfriamiento por contacto directo y luego se le quita la humedad con ácido sulfúrico. Una vez seco el cloro se le comprime y se licúa, se quema con hidrógeno para formar ácido clorhídrico o se le absorbe en cal para formar hipoclorito de calcio; también se le absorbe en solución de soda cáustica para formar hipoclorito de sodio.

- d) **Acido clorhídrico:** Se produce por síntesis, quemando el hidrógeno con cloro en hornos de material refractario. El ácido clorhídrico gaseoso producido se absorbe en agua hasta una concentración de 34%.
- e) **Cloruro de calcio:** Las materias primas son caliza y ácido clorhídrico. La solución que se obtiene es del 37 % y el cloruro de calcio sólido se obtiene por evaporación de la solución.
- f) **Hipoclorito de sodio:** Esta operación consiste en la absorción del cloro en una solución de soda caustica.
- g) **Hipoclorito de calcio:** Esta operación consiste en absorción del cloro en cal apagada ligeramente húmeda. Tiene una concentración de 31 a 33 % de cloro. El mercurio en este proceso puede vaporizarse y constituirse en un riesgo para la salud y el medio ambiente, cuando no existe un control adecuado del proceso y por caídas de tensión en el proceso de electrólisis.



el Fuente: Elaboración propia.

3. Mercurio en la odontología

El mercurio es utilizado en la odontología hace más de un siglo por su capacidad de amalgamar, su bajo costo y su rápida fijación. La concentración de mercurio a la cual estaban expuestos ocupacionalmente es 0.017 mg/m^3 .

El mercurio presente en las amalgamas dentales al encontrarse en su forma metálica es poco tóxico, sin embargo este metal se evapora a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, considerando que al tomar bebidas calientes, la boca puede llegar a temperaturas entre los 40 y $60 \text{ }^\circ\text{C}$, se espera la liberación de mercurio cada cierto tiempo exponiendo al paciente a una exposición crónica.

Diversos estudios han demostrado que los pacientes con amalgamas presentan un 89% más de incidencia en desórdenes psiquiátricos.

El mercurio es uno de los componentes básicos de la amalgama: Hg (50%), Ag (35%), Sn (13%), Cu (2%). Presenta un riesgo para los profesionales de esta área. Es de especial cuidado la extracción de amalgamas antiguas, la cual al ser manipulada por la fresadora puede llegar a originar concentraciones de vapor de mercurio de 0.4 mg/m^3 .



Fig. Nº 5 Composición de la Amalgama Dental.

el Fuente: Movimiento Mundial para el cuidado de la salud libre de Mercurio, Argentina: 2007.

4. Visitas de Estudio.

4.1 Minera Aurífera Artesanal

La Visita de Reconocimiento se realizó a las instalaciones de la mina artesanal de oro, ubicada en carretera Lima-Canta, km. 58.5 a fin de observar las condiciones de trabajo, las características de procesos y operaciones e identificar los riesgos ocupacionales.

Procesos y Operaciones en la Minera Aurífera Artesanal

a) Chancado

Consiste en reducir de tamaño los minerales extraído de los socavones, esta operación se realiza en chancadoras.

b) Molienda

La operación tiene por objetivo reducir el mineral a partículas de aproximadamente 130 micras en molinos de bolas.

c) Concentración Gravimétrica

Con el producto de la molienda, se forma una solución de agua y mineral fino denominado pulpa.

d) Amalgamación.

A la mezcla se le añade mercurio para la obtención de la amalgama en los quimbaletes. Los residuos de esta operación pasan a las pozas de almacenamiento y se reciclan al quimbalete a fin de optimizar la recuperación del oro por amalgamación.

e) Quemado

La amalgama es quemada con el uso de soplete y en un recipiente abierto y al ambiente. Es el momento de mayor exposición a vapores metálicos de mercurio. Se obtiene material con alto contenido de oro.

El proceso causa problemas ambientales y a la salud humana porque el mercurio al ingresar al organismo genera reducción en la visión, problemas nerviosos y gastrointestinales, llegando a causar la muerte.

La exposición se produce en dos momentos: En la amalgamación del oro y en el quemado de la amalgama. En el primer caso el mercurio ingresa en contacto con la piel de las manos y en el quemado, los vapores y humos ingresan al organismo por la vía respiratoria.

f) Cianuración.

El material con bajo contenido del mineral (relave) es almacenado en un espacio denominado cancha. El oro remanente contenido en el relave se puede recuperar por método de cianuración. El cianuro de sodio lixivia al oro y combinados con el agua se mantienen en forma de solución. Para la recuperación de oro y plata se sigue el proceso de precipitación con zinc y carbón activado. El relave que contiene remanentes de oro se comercializa para su cianuración en una planta de Arequipa.

USO INADECUADO DEL MERCURIO EN MINERIA ARTESANAL:



Fig. N° 6 Quimbalete amalgamador: Mina Yangas - Lima, 2012.



Fig. N° 7 Relave con agua: Mina Yangas - Lima, 2012.



Fig. Nº 8 Mercurio: Mina Yangas - Lima, 2012.



el Fig. Nº 9 Relave del Amalgamador: Mina Yangas - Lima, 2012.

4.2 Industria de Cloro-Soda

Se realizó la Visita de Reconocimiento a las instalaciones del complejo industrial dedicado a la explotación y procesamiento de la sal común (Cloruro de Sodio) y de productos derivados ubicados en Lima y Paramonga a fin de observar las condiciones de trabajo, las características de procesos y operaciones, identificar los riesgos ocupacionales, las condiciones de seguridad y las facilidades sanitarias.

La planta de procesamiento tiene las siguientes líneas de producción:

a) Planta Electrolítica de Cloro-Soda

La sal es disuelta en agua para formar salmuera en saturadores, la cual se purifica con carbonato de sodio y hidróxido de sodio en los reactores para remover calcio y magnesio en un decantador por sedimentación. La solución concentrada pasa a través de filtros y luego es depositado en tanques de almacenamiento para ser utilizado en el proceso electrolítico, que se realiza en celdas de cátodo de Mercurio y ánodo de titanio. Se produce la disociación del cloruro de sodio, pasando el sodio a formar amalgama de Mercurio y el cloro es separado como gas libre.

La amalgama de Mercurio en un extremo de las celdas, pasando al desamalgamador en donde se descompone en presencia de agua para formar la solución de hidróxido de sodio al 50%, Hidrógeno y Mercurio que retorna a las celdas por un sistema de bombeo. El cloro gaseoso obtenido es lavado con agua para separar impurezas, enfriado y secado en contracorriente con ácido sulfúrico y comprimido a una presión adecuada.

b) Planta de licuado de Cloro

Una parte del cloro seco y comprimido es subenfriado para ser licuado y separar las impurezas gaseosas. El cloro líquido es almacenado en tanques para su envasado.

c) Planta de Ácido Clorhídrico

El hidrógeno obtenido en los desamalgamadores es enfriado y conducido a un gasómetro para ser comprimido y ser usado en la obtención de ácido clorhídrico. El hidrógeno y cloro gaseoso comprimidos son utilizados para la síntesis del ácido clorhídrico, la cual se realiza por combustión de ambos gases en hornos de síntesis con cámaras de grafito, en donde se produce gases de ácido clorhídrico.

Los gases pasan al absorbedor en el cual el ácido es disuelto en agua para formar una solución al 33%, la cual se descarga a través de una trampa a los tanques de almacenamiento.

d) Planta de Hipoclorito de Sodio

Del hidróxido de sodio obtenido al 50%, se toma una parte y se diluye al 15%. La fracción del cloro gaseoso producido es absorbido, circulando en contracorriente con la solución de soda cáustica en torres de absorción, las cuales al llegar a una concentración adecuada de hipoclorito de sodio son transferidos a tanques de almacenamiento.

e) Planta de Hipoclorito de Calcio

El hidróxido de calcio se circula por una torre de absorción en contracorriente con cloro remanente del proceso anterior.

Como producto de esta absorción se obtiene el hipoclorito de calcio que se almacena en tanques y la suspensión que contiene óxido de calcio agotado se descarga al desagüe.

d) Planta de Cloruro Férrico

El óxido ferroso es tratado con ácido clorhídrico en un tanque y por agitación se obtiene el cloruro férrico.

El complejo industrial cuenta con 32 celdas electrolíticas y cada uno contiene 1.8 TM de mercurio/celda.

La industria de Cloro-Soda por ser económica, está ampliamente difundida y brinda productos derivados, que son utilizados como materia prima en diversos productos.

El producto en este proceso puede vaporizarse y constituirse en un riesgo para la salud y el medio ambiente, cuando no existe un control adecuado del proceso y por caídas de tensión en el proceso de electrólisis.

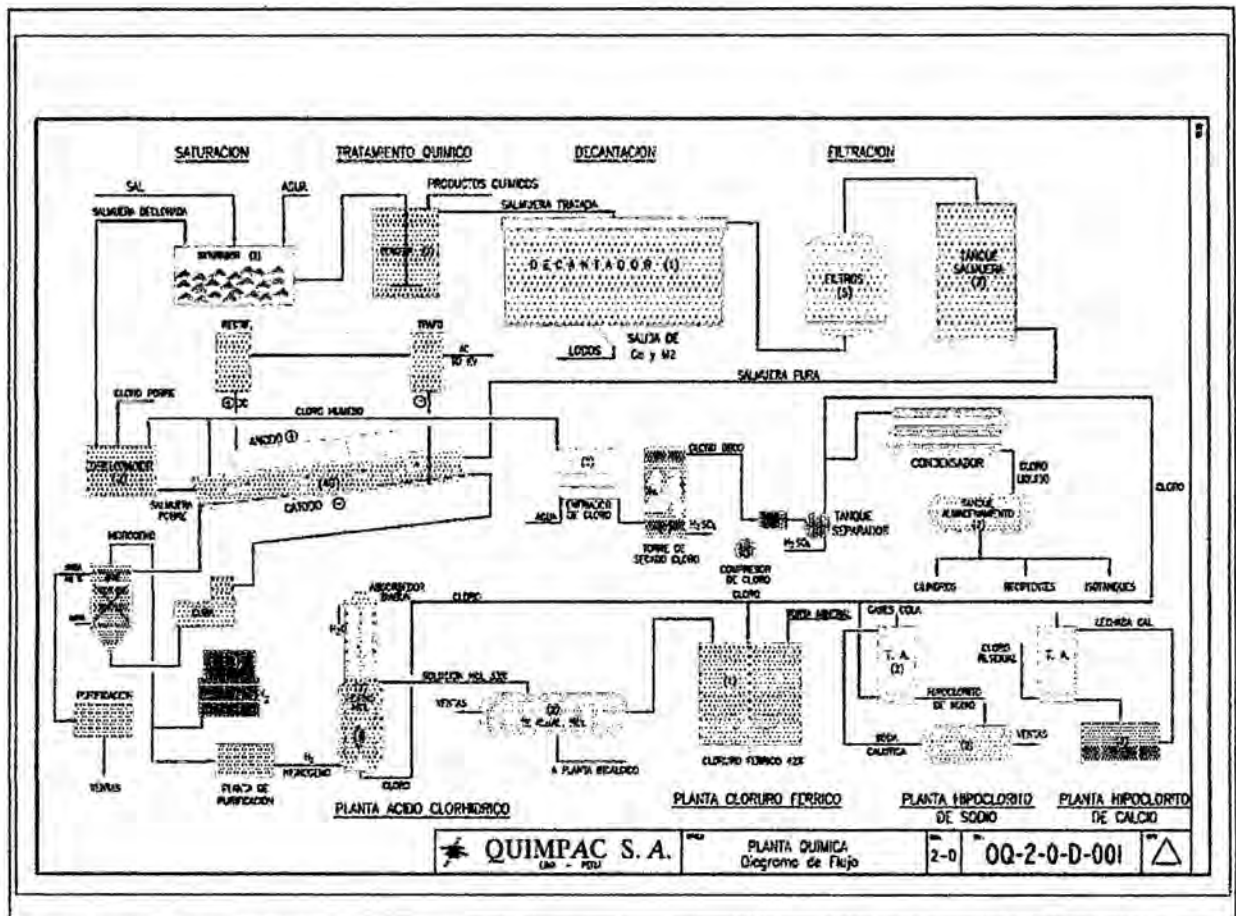


Fig. N° 10 Planta de Electrólisis donde se utiliza el Mercurio como cátodo en las celdas

Cortesía de Química del Pacífico S.A., Lima.

4.3 Centro Odontológico

Se realizó una visita de Reconocimiento a las instalaciones del Centro Odontológico del Ministerio de Salud.

El mercurio es utilizado en la odontología por su capacidad de amalgamar, su bajo costo y su rápida fijación. La concentración de mercurio en las amalgamas dentales tiene la siguiente composición: Hg (50%), Ag (35%) y Sn (15%). La mezcla se constituye en el empaste para las curaciones dentales.

El Mercurio contenido en el empaste presenta un riesgo para los profesionales de esta área. Es de especial cuidado la extracción de amalgamas antiguas, la cual al ser manipulada por la fresadora puede llegar a originar concentraciones de vapor de mercurio con exposición.

La exposición puede reducirse con una buena ventilación, usando amalgamas ya preparadas, si existe necesidad de su preparación, realizarla en ambiente controlado con sistema de extracción de vapores.

Se debe tener en cuenta que el Mercurio es absorbido por el cuerpo por lo siguiente:

- 1) Desde la cavidad bucal y nasal llegan vapores al torrente sanguíneo y luego a todos los órganos y al cerebro.
- 2) Los vapores se inhalan parcialmente por los pulmones a través de las vías respiratorias, pasando a la circulación sanguínea.
- 3) Durante la masticación se desprenden partículas de Mercurio en su forma metálica, las cuales pasan al sistema digestivo.

El metal se difunde a través de las encías, las raíces dentales y la mandíbula hasta el sistema nervioso central y el cerebro.

el

3. MATERIALES Y METODOS

El efecto de un riesgo ocasionado por un agente ambiental, comprende el estudio del ambiente de trabajo, siendo una responsabilidad de la Ingeniería. Para llevar a cabo el estudio y el control de los riesgos ambientales se sigue la etapa de Reconocimiento de la Higiene Industrial.

El Reconocimiento consiste en realizar una visita de estudio a las instalaciones a fin de identificar los riesgos ocupacionales, observar las condiciones de trabajo, las condiciones de seguridad y facilidades sanitarias para indicar las medidas adecuadas de control de Seguridad e Higiene Industrial que contribuirán a promover y proteger la salud y bienestar de los trabajadores, mediante la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales causadas por las condiciones de trabajo.

Se explora la identidad general de la materia prima, efluentes y residuos por cada proceso industrial. Se plantea alternativas de solución, a través de Visitas de Estudio que se llevan a cabo con industrias representativas que utilizan Mercurio. Los sectores o ramas industriales y actividades consideradas en este estudio representan a la minería artesanal, planta de electrólisis de Cloro-Soda y centro odontológico.

La investigación considera la relación: SALUD-TRABAJO-PRODUCTIVIDAD-DESARROLLO y permite desarrollar acciones de promoción y protección de la salud de los trabajadores del país y la prevención de accidentes y enfermedades profesionales por el impacto que tiene el costo económico y social en la población económicamente activa.

3.1 Materiales

Para realizar la visita de Reconocimiento, se utilizó implementos de protección personal:

Protección Respiratoria: Mascara respiratoria para mercurio.

Protección de manos: Guantes de caucho de nitrilo.

Protección de ojos: Lentes para salpicaduras o lentes seguros.

3.2 Métodos

a. Determinación del Universo

Para establecer los riesgos en los ambientes de trabajo, se utilizará métodos de Seguridad e Higiene Industrial.

Para identificar los riesgos de exposición al Mercurio y observar las condiciones de trabajo, se realizará Visitas de Estudio a las instalaciones de actividades económicas representativas.

En el estudio se considera Visitas de Estudio a las instalaciones de 1 Centro minero artesanal, 2 Plantas de Electrólisis de Cloro-Soda y 1 centro odontológico.

En minería aurífera la extracción se realiza por separación del oro con Mercurio mediante la amalgamación.

La solución mercurio-oro es quemada con soplete en un recipiente abierto a fin de evaporar el mercurio y dejar libre el oro, siendo el momento de mayor exposición ocupacional a vapores metálicos de mercurio.

En plantas de electrólisis de cloro –soda que se realiza en celdas de cátodo de mercurio y ánodo de Titanio se produce la disociación de Cloruro de Sodio, pasando el Sodio a formar amalgama de Mercurio y el Cloro es separado como gas libre para la producción posterior de Hidróxido de Sodio por adición de agua, Hidrógeno, Ácido Clorhídrico, Hipoclorito de Sodio, Hipoclorito de Calcio y Cloruro Férrico.

Otra fuente de exposición al mercurio es la odontología donde se realiza curaciones dentales con amalgama de mercurio con plata y estaño.

El mercurio presente en las amalgamas dentales se evapora a 25°C y considerando que al tomar bebidas calientes la boca puede llegar a temperaturas entre los 40 y 60 °C, se produce la liberación de mercurio exponiendo al paciente a una exposición crónica.

Criterios de Inclusión:

1. La minería Aurífera utiliza para la amalgamación aproximadamente 1 kg de mercurio por 200 kgs. de mineral que contiene oro.
450 toneladas de mercurio se vierten cada año en los ríos de Madre de Dios causando el mayor desastre ecológico.
2. Las plantas de electrólisis de cloro-soda utilizan 1.8 TM de mercurio/celda. Las plantas industriales visitadas tienen 40 y 34 celdas electrolíticas respectivamente.
3. Las amalgamas utilizadas en curaciones dentales contiene 50 % de mercurio.

b. Técnicas descriptivas para la contrastación o demostración de la Hipótesis.

El contenido de este Estudio busca crear interés científico y social para promover acciones sostenidas, permite identificar los riesgos de exposición al mercurio en los procesos de producción desde el ingreso de materias primas hasta la salida de los productos terminados mediante la técnica de Reconocimiento que se realiza mediante la observación o Visita de información preliminar para determinar cualitativamente el nivel de riesgo ocupacional y la relación trabajador-ambiente.

Al determinar la magnitud del riesgo ocupacional en el Reconocimiento y si este resulta desfavorable, se recomendará implantar medidas de control en el origen, medidas de control de dispersión, medidas de protección personal.

c. Técnicas Estadísticas.

El Proyecto de Investigación no utiliza técnicas o métodos estadísticos. Con la información obtenida se procede a la valoración del impacto que la Minería Artesanal, Plantas de Electrólisis de Cloro-soda y Centros Odontológicos; están ocasionando en ambientes de trabajo; se puede obtener una apreciación de la magnitud del deterioro de ambientes de trabajo que estas actividades pueden causar y presentar la clasificación de ocupaciones con exposición potencial al Mercurio: exposición alta, mediana, baja y muy limitada.

4. RESULTADOS

Con la visita de estudio a las instalaciones en el Proyecto de Investigación "Riesgo de Contaminación por el Mercurio e Implementación de métodos de Control en Ambientes de Trabajo", se demuestra la Hipótesis: que los trabajadores de la minería artesanal aurífera, industria de cloro-soda y odontología, utilizan mayor cantidad de mercurio en sus operaciones y procesos con exposición potencial de la salud al mercurio que puede producir contaminación, intoxicación y la enfermedad ocupacional mercurialismo irreversible.

Al determinar la magnitud del riesgo ocupacional en el Reconocimiento que resulta desfavorable, se recomienda implementar medidas de control en el origen, medidas de control de dispersión y medidas de protección personal.

4.1 Minera Aurífera Artesanal

Los peligros para la salud en los ambientes mineros son para los trabajadores de extracción del mineral, purificación y concentración del mercurio, hasta llevarlo a formas comerciales y para aquellos que laboran usando técnicas artesanales en la extracción del oro.

Las minas son consideradas como fuentes de contaminación del ambiente general, ya que el metal pasa en forma de vapores o a través de los desechos mineros que pueden llegar a las aguas o al suelo.

La amalgamación consiste en la recuperación de metales preciosos de los minerales que los contienen, aprovechando la propiedad del mercurio de alearse con estos metales. La amalgama se forma cuando se mezcla el mineral molido, el mercurio y el agua.

Los factores que dificultan la amalgamación son:

Presencia de oro muy grueso

Presencia de sulfuros de Arsénico y Antimonio

Los lubricantes y grasas tienden a cubrir el oro haciéndolo flotar y alejando del mercurio que se queda en el fondo.

El mercurio utilizado por la minería artesanal tiende a acumularse en los suelos y en los sedimentos de los ríos, como mercurio metálico que por acción de las bacterias del medio ambiente se convierte en mercurio orgánico (Metil mercurio) que ingresa en la cadena alimenticia (invertebrados acuáticos y pequeños peces) para concentrarse en peces carnívoros.

El mineral extraído de las minas es chancado para reducir de tamaño y molido en molinos de bolas de 150 kg a 450 kg de capacidad, el tiempo empleado depende de la dureza del mineral y el tamaño del oro. El proceso de amalgamación se realiza en los quimbaletes mezclando el mineral molido, agua y mercurio. El tiempo es variable que depende del tamaño de oro y dureza del mineral.

Una vez que el oro liberado ha sido atrapado por el mercurio, se separa la amalgama del mineral y se recupera el mercurio metálico que queda en el relave.

El oro obtenido por refogado es comercializado y el relave es retirado para su posterior comercialización para lixiviar el oro remanente por cianuración.

Quando se extraen minerales sulfurados, éstos son generadores de aguas ácidas.

Medidas Preventivas para el manejo del Mercurio

a) En la manipulación

Lavarse las manos cuidadosamente después de la manipulación.
Cambio diario de ropa de trabajo y disposición de la misma en forma adecuada.
El lavado de ropa de trabajo se debe efectuar en forma separada y utilizando guantes. La ropa no debe ser llevada a la casa.
Minimizar la generación y acumulación de polvo.
Mantener los recipientes que contienen el mercurio, herméticamente cerrados.
No permitir el contacto con la piel ni los ojos.
No ingerir alimentos ni bebidas en el área de trabajo. No fumar.

b) En el Almacenamiento

Mantener los contenedores cerrados y colocados sobre piso liso (nunca madera), que no presente grietas o poros.
El mercurio y sus compuestos deben ser almacenados en un contenedor herméticamente cerrado, en un lugar bien ventilado, seco y frío a prueba de fuego y separado de acetileno, amoníaco y ácidos.
El mercurio debe estar contenido en un envase que evite derrames.
Entre el mercurio y la boca del envase, debe haber agua para evitar la evaporación del metal.
El almacén debe estar en todo momento ordenado y debe tener un aviso que indique el peligro para la salud y medio ambiente con la hoja de seguridad del material (Material Safety Data Sheets-MSDS) disponible en todo momento y colocado en un lugar visible.
El almacén debe contar con estantes para la ubicación de los envases.
El local debe contar con las medidas de seguridad (extintores, botiquín de primeros auxilios, material para el control de derrames, números telefónicos para casos de emergencia).
Sólo debe ingresar al local, personal autorizado.

c) En el transporte

Debido a las características del mercurio, tiene la denominación de sustancia peligrosa porque puede producir daños momentáneos o permanentes en la salud humana, animal o vegetal y a elementos materiales como instalaciones, maquinarias, edificios, etc. Los criterios que normalmente definen la peligrosidad de una sustancia son la inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad, capacidad de provocar infecciones y radioactividad.
El transporte requiere un manejo cuidadoso para minimizar el riesgo, se recomienda antes de cargar el vehículo:
Revisar que los envases estén en buen estado. No transportar envases que tengan escapes o se encuentren dañados.
Revisar el etiquetado de los envases, deben estar en buen estado, legibles y de acuerdo a las regulaciones de las Naciones Unidas.
- Deberá ser fácilmente visible y legible;
- Deberá tener la capacidad de poder permanecer a la intemperie sin merma notable de su información.
- Se colocará en la superficie del bulto, envase o recipiente; y

- Deberá permitir que en ella se consigne la identificación del exportador o del destinatario, o de ambos.

Las estibas, paletas o "parihuelas" sobre las cuales se colocan las cajas con el producto, deben estar en buenas condiciones, sin astillas ni puntas sobresalientes.

Los vehículos que se seleccionan para el transporte de plaguicidas deben estar en excelentes condiciones y con buen mantenimiento.

El compartimento de carga del vehículo debe estar separado de la cabina del conductor.

Revisar el piso del camión el cual debe estar libre de objetos puntiagudos que pueden perforar y dañar los empaques.

El vehículo debe estar implementado con lo siguiente:

Extintor contra incendios, adecuado para controlar incendios en el motor o la cabina.

Botiquín de primeros auxilios.

Solución para lavar los ojos o agua limpia y jabón.

Material absorbente o un Kit para la recolección de los derrames y recipientes para su disposición.

Botas de caucho, guantes, protección ocular, delantal plástico.

Los conductores del vehículo deben estar capacitados en:

Procedimientos de emergencia como primeros auxilios, lucha contra incendios, tratamiento de derrames, uso de equipos de seguridad y uniforme de protección.

Reglamentos de transporte, procedimientos de operación, técnicas de carga, descarga y entrega.

Conocimiento sobre las características del producto y el manejo de la hoja de seguridad del producto (MSDS).

Todos los empaques o envases deben colocarse con sus tapas hacia arriba.

Toda carga debe ser sujeta adecuadamente para evitar la inestabilidad en el transporte.

El mercurio o sus derivados no deben transportarse cerca de alimentos, concentrados para animales o otras mercancías.

El vehículo de transporte debe indicar con un letrero visible "Cuidado se transporta producto tóxico".

d) De las medidas contra incendios

Los vapores metálicos de mercurio generados por la descomposición térmica son altamente tóxicos e irritantes. Es importante recordar que el mercurio por sus características es altamente volátil, por ello las personas no deben exponerse a él sin la protección adecuada (máscaras con equipo autógeno de oxígeno, ropa apropiada y otros). Por lo que se recomienda:

Utilizar un dispositivo con oxígeno comprimido para respirar y ropa de protección corporal total.

El agua que escurre de apagar el fuego puede causar daño al medio ambiente, represar y recolectar el agua utilizada para combatir el fuego.

Como medio extintor se sabe que el mercurio no es inflamable, por tanto utilizar la sustancia más apropiada según la naturaleza del fuego que la rodea.

e) Medidas ante el derrame accidental del mercurio

Utilizar equipo de protección personal adecuado.

En caso de derrame/ fuga, absorber el derrame con material inerte (arena o tierra) luego disponer esta en un contenedor adecuado.

Se debe usar aspiradora o goteros para succión de mercurio.

Debe ser usado Polisulfuro de Calcio o Azufre en exceso para formar sulfuro de mercurio insoluble en agua.

Para evitar que el mercurio derramado se evapore también se puede amalgamar con polvo de metales o con productos comerciales disponibles.

Evitar que el material derramado alcance alcantarillas o zanjas que puedan propagar la sustancia.

Lavar inmediatamente las alcantarillas.

Procurar adecuada ventilación.

f) Uso de la Retorta

Una de las formas recomendadas para el manejo seguro del mercurio, es el uso de la retorta para evitar los vapores de este metal en el ambiente laboral. El uso de la retorta permitirá:

Disminuir la exposición al mercurio de los trabajadores.

Recuperar el mercurio utilizado en el proceso de amalgamación.

Reducir la emisión de mercurio al medio ambiente.

La retorta es un equipo que se utiliza para separar y recuperar el oro del mercurio que está en la amalgama, sin evaporar el mercurio en el aire. Con su uso no se pierde el mercurio y no se envenenan los trabajadores.

La retorta tiene un crisol donde se coloca la amalgama. El crisol tiene una tapa con un tubo por donde sale el vapor de mercurio, al ser calentado el crisol para separar el oro del mercurio. El tubo colector pasa por un recipiente con agua que se denomina refrigerador que condensa el vapor de mercurio, obteniéndose mercurio líquido en el extremo del tubo dentro de un recipiente con agua a fin de asegurar y evitar su evaporación.

La retorta bien utilizada permite recuperar el oro en el fondo del crisol sin contaminar el ambiente y disminuye el riesgo de intoxicación de los trabajadores y permite su re- utilización.

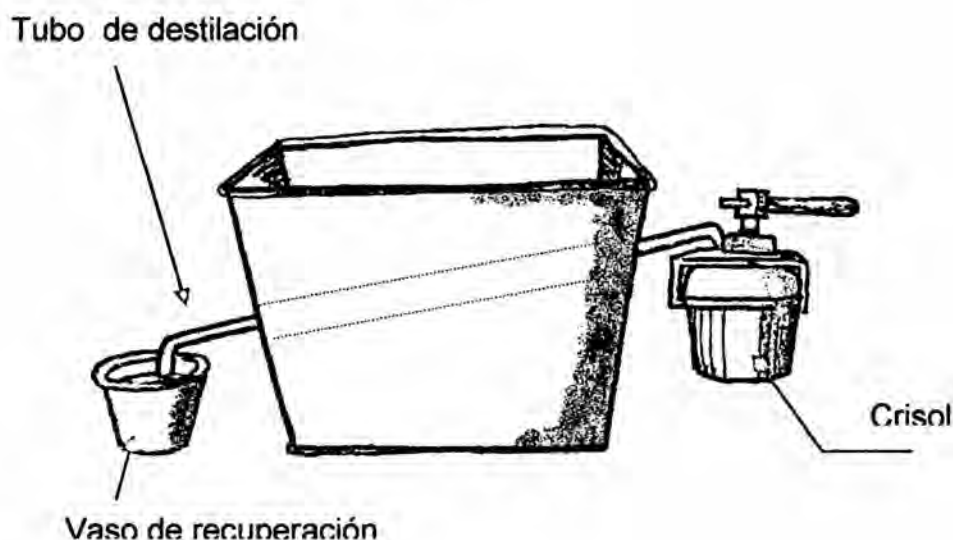


Fig. N° 11 Retorta.
Fuente: Elaboración propia.

4.2 Industria de Cloro-Soda

a) Proceso de celdas de mercurio

La industria de Cloro-Soda por ser económica está ampliamente difundida y brinda productos derivados, que son utilizados como materia prima en diversos productos.

El mercurio en este proceso puede vaporizarse y constituirse en un riesgo para la salud y el medio ambiente, cuando no existe un control adecuado del proceso y por caídas de tensión en el proceso de electrólisis.

Este proceso de mercurio es el que usa más electricidad. El uso de mercurio exige medidas para evitar la contaminación del medio ambiente. Además, el mercurio debe ser removido del gas de Hidrógeno y soda cáustica.

Las pérdidas de mercurio se han reducido considerablemente en los últimos años. Cada vez más, los productores de cloro están utilizando tecnología de membrana, que tiene mucho menos impacto sobre el medio ambiente.

En 2010 las emisiones de todas las celdas de mercurio en Europa Occidental, alcanzaron un mínimo de 0.88 gramos por tonelada de capacidad de cloro. Las plantas de cloro a base de mercurio en el Perú aún no se han eliminado o no se convierten en la tecnología que no utiliza mercurio.

b) Proceso de celda de membrana

Los dos puntos de conexión eléctrica de cada unidad de producción de cloro, el ánodo y el cátodo, están separados por una membrana de intercambio iónico. Solo los iones de sodio y un poco de agua pasan a través de la membrana. La salmuera es de cloro y es recirculada. Se necesita sal sólida para volver a saturar la salmuera. Después de la purificación por precipitación-filtración, la salmuera se purifica con un intercambiador de iones. La solución cáustica sale de la celda con un 30% de concentración y en una etapa posterior del proceso, se concentra al 50%. El gas de cloro contiene un poco de oxígeno y debe ser purificado por licuefacción y evaporación. El consumo de energía eléctrica es la más baja de los tres procesos y la cantidad de vapor necesaria para la concentración de la soda cáustica es relativamente pequeña (menos de una tonelada por tonelada de soda cáustica).

Los productores de cloro en Europa, están utilizando progresivamente este método, tomando como una forma más razonable de fabricar cloro. En 2010, la capacidad de la membrana celular, representó el 51.2% del total de la capacidad instalada de producción de cloro en Europa.

c) Proceso de celdas de diafragma

En el proceso de la pila de diafragma de la zona del ánodo está separado de la zona del cátodo por un diafragma permeable. La salmuera se introduce en el compartimiento del ánodo y fluye a través del diafragma hacia el compartimiento del cátodo. La salmuera cáustica diluida sale de la celda, la soda cáustica por lo general se debe concentrar al 50% y eliminar la sal. Esto se hace mediante un proceso de evaporación, existe cerca de tres toneladas de vapor por tonelada de soda cáustica. La sal separada de la salmuera cáustica puede ser utilizada para saturar la salmuera diluida. El cloro contiene oxígeno y a menudo debe ser purificado por licuefacción y evaporación. En 2010, el proceso de diafragma representó casi el 14% del total de la capacidad instalada de producción europea de cloro.

el

Proceso de celdas de membrana.

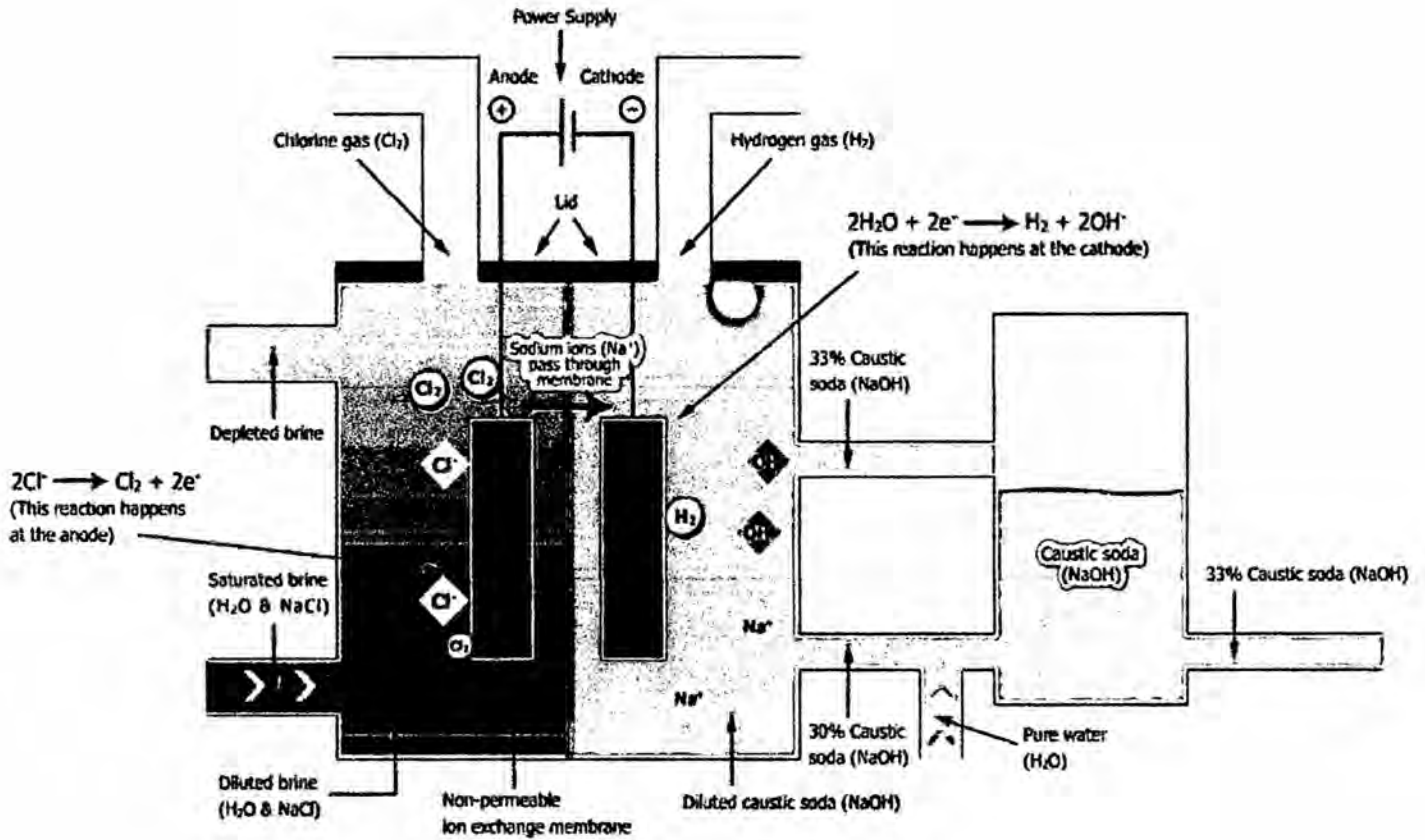


Fig. N° 12 Proceso de Celdas de membrana.

Fuente: <http://www.eurochlor.org/the-chlorine-universe/how-is-chlorine-produced/the-membrane-cell-process.aspx>

el

Proceso de celdas de diafragma

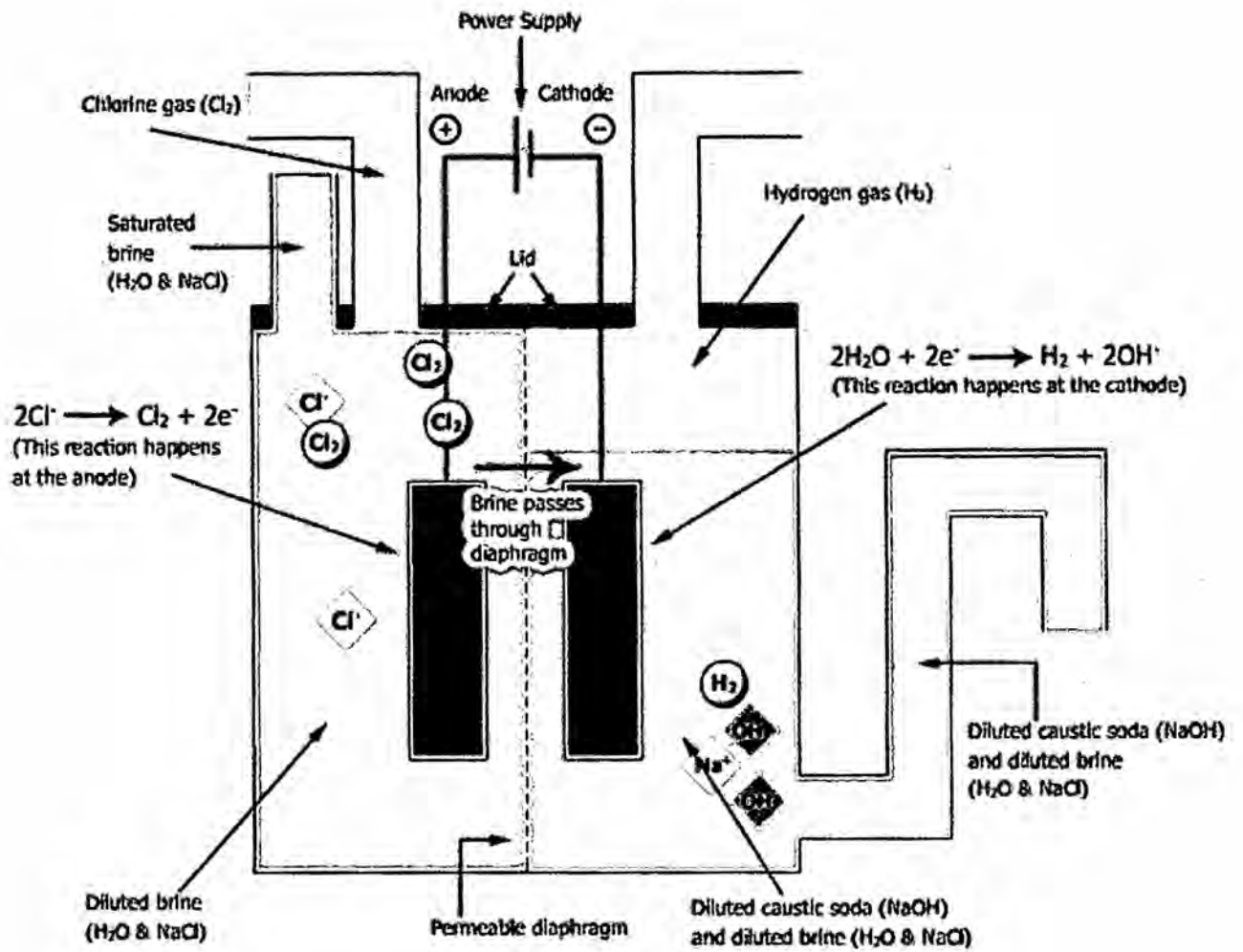


Fig. N° 13 Proceso de Celdas de Diafragma.

Fuente: <http://www.eurochlor.org/the-chlorine-universe/how-is-chlorine-produced/the-diaphragm-cell-process.aspx>

el

4.3 Centro Odontológico

Manejo del mercurio en la práctica odontológica

1. El mercurio debe mantenerse guardado en envases irrompibles y cerrados herméticamente.
2. Los derrames deben quedar dentro de una bandeja para su disposición en un envase hermético.
3. La tela que se usa para cirugías no debe tener costuras y debe extenderse 5 cm por lado.
4. La superficie de las caries deben cubrirse con barniz.
5. Todo desecho de amalgama debe recuperarse y guardarse en un envase hermético.
6. El local del trabajo debe contar con buena ventilación.
7. Debe evitarse el calentamiento de la amalgama durante el pulido o extracción. Usar el irrigador y succionar.

Análisis de riesgos de exposición

El riesgo del mercurio viene determinado por los siguientes factores:

El tipo de exposición al mercurio

La especie de mercurio presente

Los factores geoquímicos y ecológicos que influyen en la forma de migración del mercurio en el medio ambiente, los cambios que puede sufrir durante la migración, la vía de ingreso al organismo, la dosis y el tiempo de exposición.

Riesgos para la salud y el medio ambiente.

El mercurio metálico, como sus sales orgánicas e inorgánicas son venenos protoplásmicos fatales para humanos, animales y plantas. Los más tóxicos son los compuestos orgánicos y de ellos, los derivados alquilados.

Los factores que determinan los efectos tóxicos en humanos son la velocidad y la cantidad absorbida, las propiedades físico-químicas de los compuestos pueden ingresar al cuerpo a través de la piel, y los tractos gastrointestinal y respiratorio.

Una exposición crónica provoca inflamación de la boca, salivación excesiva, pérdida de los dientes, daño a los riñones, temblores musculares, espasmos de las extremidades, cambios de personalidad, depresión e irritabilidad.

La exposición al vapor de este metal provoca irritación de los ojos, membranas mucosas y tracto respiratorio superior y puede causar reacciones alérgicas y alteraciones del sistema nervioso.

Vías de ingreso y efectos en el organismo

La inhalación constituye la principal ruta de ingreso al organismo para mercurio elemental porque se vaporiza a temperatura ambiente y es absorbido por los pulmones para luego ser distribuido por la sangre.

La inhalación en concentraciones altas causa edema pulmonar agudo y neumonitis intersticial, produciendo efectos como salivación, dolor abdominal, dolor en el pecho, náusea, vómito y diarrea.

Al generarse daño crónico, los síntomas se traducen en cambios en el comportamiento como depresión e irritabilidad, temblores, pérdida de apetito y peso.

La peligrosidad de la ingestión como metil mercurio es a través de alimentos que lo contienen. Los grupos más vulnerables a la exposición del metil mercurio son

los niños, el feto y la madre. El metil mercurio pasa a través de la barrera sanguínea, cerebro y alcanza el sistema nervioso central.

La exposición de la población al mercurio metálico está presente en la pequeña minería del oro donde los trabajadores no toman las medidas adecuadas en su manipulación, en la industria cloro-soda y las personas que tienen curaciones dentales con amalgamas de mercurio, se incluye el mal uso, manipulación y disposición de los productos con contenido de mercurio, tales como termómetros, pilas, tubos fluorescentes.

Otras fuentes de mercurio metálico son provenientes de liberaciones secundarias, a través de procesos como la combustión de carbón, procesamiento de crudo, combustión de hidrocarburos, producción de cemento, procesos con gas natural, extracción primaria de metales y producción de metales reciclados.

El etil mercurio, aún se usa en el timerosal como preservante en algunas vacunas y el metil mercurio está presente por liberaciones de mercurio al agua donde es producido por microorganismos y bacterias.

el

5. DISCUSION DE RESULTADOS

En la minería aurífera artesanal, la exposición al mercurio se produce en dos momentos: en la amalgamación del oro y en el quemado de la amalgama. En el primer caso el mercurio ingresa en contacto con la piel de las manos y en el quemado, los vapores y humos ingresan al organismo por la vía respiratoria.

Una de las formas recomendadas para el manejo seguro del mercurio, es el uso de la retorta para evitar la formación de vapores de este metal en el ambiente laboral, lo cual permitirá disminuir la exposición de los trabajadores al mercurio, recuperar por condensación el mercurio utilizado en el proceso de amalgamación y reducir la emisión del mercurio al medio ambiente.

Este método de control está logrando resultados por el Gobierno de Chile, a través de la Comisión Nacional del Medio Ambiente que cuenta con el Plan Nacional para la Gestión de los Riesgos del Mercurio.

El proyecto Rio Suratá cuenta con una propuesta de manejo integrado del mercurio en el proceso de amalgamación, optimizando con el uso de la retorta en el departamento de Santander de Colombia como parte de la Jornada Internacional sobre el Impacto Ambiental del Mercurio utilizado por la Minería Aurífera Artesanal en Iberoamérica

La minería aurífera artesanal en el Perú se caracteriza por ser tecnológicamente rústica y legalmente informal que obligó a emitir Decreto de Urgencia 012-2010 que busca la formalización minera y el control de la contaminación.

El mercurio en la industria de cloro-soda puede vaporizarse y constituirse en un riesgo para la salud y el medio ambiente, cuando no existe un control adecuado del proceso y por caídas de tensión, en el proceso electrólisis.

Este proceso es el que más usa electricidad y exige medidas para evitar la contaminación del medio ambiente.

Las pérdidas de mercurio se han reducido en otros países considerablemente en los últimos años porque los productores de cloro están utilizando tecnologías de celda de membrana y de celdas de diafragma, que tienen mucho menos impacto sobre el medio ambiente.

En 2010 las emisiones de todas las celdas de mercurio en Europa occidental, alcanzaron un mínimo de 0.88 gramos por tonelada de capacidad de cloro.

Las plantas de cloro a base de mercurio en el Perú, aún no se han eliminado o no se convierten en la tecnología que no utiliza mercurio.

En el Perú existen 2 industrias de cloro-soda ubicadas en Lima y Paramonga con 40 y 34 celdas respectivamente que en promedio utilizan 1.8 TM de mercurio en cada celda lo que representa un riesgo para la salud y el medio ambiente.

Los productores de cloro en Europa, están utilizando progresivamente el método de celda de membrana, tomando como una forma más razonable de fabricar cloro.

En 2010, la capacidad de la membrana celular, representó el 51.2 % del total de la capacidad instalada de producción de cloro en Europa.

En 2010, el proceso de celdas de diafragma representó el 14 % del total de la capacidad instalada de producción europea de cloro.

Las plantas de cloro a base de mercurio en el Perú, deben ser convertidas a la tecnología que no utiliza mercurio.

Otra fuente de exposición al mercurio es la odontología donde se realiza curaciones dentales con amalgama de mercurio con plata, estaño y cobre. El mercurio presente en las amalgamas dentales se evapora a 25°C y considerando que al tomar bebidas calientes, la boca puede llegar a temperaturas entre los 40 y 60°C, produce la liberación del mercurio, exponiendo al paciente a una exposición crónica.

La exposición puede reducirse con una buena ventilación, usando resinas dentales o sustitución los dispositivos médicos que emplean mercurio por alternativas más seguras a fin de minimizar sus impactos sobre el medio ambiente y la salud humana como en los Estados Unidos, Argentina, Brasil, México y Sudáfrica.

Actualmente el Perú debe formular un Instrumento Jurídicamente vinculante sobre mercurio que solicita el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la firma de este Instrumento Internacional Legalmente vinculante a nivel mundial, conducirá a la restricción del uso de mercurio de cualquier fuente y en cualquier actividad a fin de utilizar el mercurio obtenido de manera legal y técnicamente controlado a través de un manejo apropiado y ambientalmente correcto.

U

6. CONCLUSIONES

- 6.1 Actualmente en el Perú, la exposición potencial al mercurio está relacionada con la extracción de oro en la minería artesanal, en el proceso de electrólisis de cloro-soda y en la práctica odontológica y hay la necesidad de realizar la gestión con eficiencia mediante la implementación de medidas de control a fin de reducir y/o eliminar la exposición para prevenir la enfermedad ocupacional Mercurialismo irreversible.
- 6.2 El proceso de obtención de oro de los minerales consiste en la molienda con agua en un quimbaleta, con adición de mercurio para amalgamar el oro y finalmente el refogado a una temperatura de 360 °C con un soplete a gas propano para recuperar el oro.
- 6.3 La exposición al mercurio en la minería artesanal, se produce en dos momentos:
En la amalgamación del oro y en el quemado con un equipo inadecuado de la amalgama. En el primer caso el mercurio ingresa a través la piel de las manos y en el segundo (quema o refogado), los vapores y humos de combustión ingresan al organismo por la vía respiratoria que origina riesgos para el que realiza la operación, también para aquellos que se encuentran alrededor y al medio ambiente que lo rodea.
Las pérdidas de mercurio durante el proceso de amalgamación se producen por:
La calidad de mercurio empleado
El contenido de sulfuros en el mineral
La cantidad de arcilla presente en el mineral
El contenido de cobre soluble en el mineral
La duración del proceso de amalgamación.
Las emisiones del mercurio al medio ambiente se producen en las siguientes etapas:
Durante el proceso de amalgamación
Durante el proceso de refogado
Durante el proceso de refinación del oro
Durante el transporte y manejo.
- 6.4 La exposición a concentraciones altas de vapor de mercurio metálico puede causar daños al cerebro, a los riñones y a los pulmones. También puede causar dolores de pecho, náuseas, vómito, diarrea, aumento en la presión arterial, erupciones de piel e irritación de los ojos.
Los daños ocasionados por el mercurio al medio ambiente es producido por el relave de amalgamación que al ser depositado en cualquier lugar, origina la contaminación directa del suelo y subsuelo.
- 6.5 Las emisiones de las plantas de Cloro-Soda que funcionan con celdas de mercurio, junto con la extracción artesanal de oro son contaminantes mucho más significativos del medio ambiente.
- 6.6 La industria de Cloro - Soda por ser económica está ampliamente difundida y brinda productos derivados, que son utilizados como materia prima en diversos productos.



El mercurio en este proceso puede vaporizarse y constituirse en un riesgo para la salud y el medio ambiente, cuando no existe un control adecuado del proceso y por caídas de tensión, en el proceso de electrólisis.

6.7 Las plantas de cloro a base de mercurio en el Perú, aún no se han eliminado o no se convierten con la tecnología que no utiliza mercurio.

6.8 El uso de amalgamas dentales es una fuente significativa de mercurio al medio ambiente, incluyendo los desechos de amalgamas que se vierten en los efluentes, El mercurio es también una fuente de emisiones al aire a partir de cremaciones.

La magnitud de los efectos del mercurio en la salud de los odontólogos y en los pacientes es un tema controvertido. Pero en consultorios odontológicos, se pueden implementar prácticas para minimizar y eliminar esta fuente de contaminación.

El mercurio es uno de los componentes básicos de la amalgama, que por lo regular está constituida con mercurio (50 % del volumen total), con plata (35 %), estaño (13%), cobre (2%) y una pequeña cantidad de zinc, la mezcla se constituye en el empaste para las curaciones dentales.

Los derrames de mercurio en hospitales no sólo contribuyen a la contaminación global, sino que también presentan un peligro tóxico agudo para los trabajadores de la salud y los pacientes. Muchos hospitales de países en desarrollo sufren roturas constantes de termómetro y tensiómetros, pero no cuentan con protocolos de limpieza y seguridad. Los residuos de mercurio acaban en vertederos, las alcantarillas o son incinerados.

6.9 Los principales proveedores de equipamiento médico que operan a nivel mundial ofrecen numerosos modelos de termómetros y tensiómetros que no contienen mercurio.

6.10 Mientras la economía mundial permita el comercio y el movimiento del mercurio sin restricciones, este metal seguirá siendo una grave amenaza para la salud de las personas y para el medio ambiente.

7. RECOMENDACIONES

7.1 Promover la identificación y adecuado manejo de todas las formas de mercurio a fin de lograr ambientes saludables de trabajo, teniendo en cuenta las enfermedades ocupacionales, muertes y los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

7.2 Implementar las medidas de control establecidas en el proyecto de Investigación siguiendo los criterios de orden preventivo y correctivo para el manejo seguro del mercurio que permita reducir los riesgos asociados al uso, consumo y emisiones del mercurio a fin de prevenir accidentes y enfermedades ocupacionales ocasionados por exposición al mercurio en ambientes de trabajo de la minería aurífera artesanal, Industria cloro-soda y odontología donde se utiliza el mercurio en grandes cantidades.

7.3 El uso e implementación de la retorta de destilación con crisol de calentamiento y quemador, deben ser aplicados por los mineros porque representa una herramienta fundamental para la prevención de la contaminación por vapores de mercurio en ambientes de trabajo de la minería aurífera artesanal.

el

- 7.4 La molienda como fuente de contaminación, produce gran cantidad de polvo, descarga del relave del quimbaleta o molino amalgamador; se controla con un manejo muy cuidadoso y seguro del mercurio mediante medidas de control adecuadas:

El mercurio no se debe guardar junto con alimentos o bebidas.

No se debe comer ni fumar en ambientes de trabajo con mercurio.

Los recipientes que contienen mercurio deben mantenerse cerrados, con una pequeña cantidad de agua a fin de evitar la formación de vapores metálicos.

Durante el proceso de amalgamación, se debe usar respiradores con filtro específico para vapores metálicos de mercurio y guantes de neopreno.

Utilizar cilindros amalgamadores con descarga directa a recipientes con doble salida a fin de que el mercurio quede acumulado en la parte inferior y el mineral hacia una poza y un lugar adyacente para depositar el agua excedente.

Mantener húmedos o cubiertos los relaves de amalgamación hasta su traslado hacia las plantas de cianuración a fin de evitar la contaminación de la atmósfera.

- 7.5 Las ventajas de la utilización de la retorta para el refojado de la amalgama son:

El operador está protegido de los vapores de mercurio.

Los vapores del mercurio se enfrían y se condensan en el tubo de descarga cayendo a un recipiente con agua.

El mercurio condensado deja todas las impurezas en el crisol de calentamiento.

No existe pérdida del oro porque la amalgama se encuentra en un recipiente cerrado.

Todos los equipos de retorta se basan en el mismo principio, el empleo de calor para separar el oro de la amalgama en un crisol confinado, con un sistema de condensación y recuperación del mercurio en forma sólida dentro del recipiente con agua.

- 7.6 La retorta bien utilizada en la minería aurífera artesanal, permite recuperar el oro en el fondo del crisol, el mercurio se evapora por el tubo, se enfría en el recipiente con agua y se condensa (pasa al estado líquido), obteniéndose otra vez el mercurio metálico.

- 7.7 Las plantas de amalgamación para instalarse deben solicitar un permiso a la Dirección General de Minería habiendo aprobado el Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

- 7.8 Las plantas de cloro-soda a base de mercurio en el Perú, deben ser convertidas a la tecnología que no utiliza mercurio.

- 7.9 Se recomienda a los productores de cloro, adoptar progresivamente el proceso de celdas de membrana y/o proceso de celdas de diafragma, como una forma mas razonable de fabricar cloro libre de mercurio y tiene mucho menos impacto sobre el medio ambiente.

- 7.10 Proyectar para el futuro un sistema de atención de la salud libre de mercurio en centros odontológicos.

Sustituir los dispositivos odontológicos que emplean mercurio por alternativas más seguras, el sector salud puede minimizar sus impactos sobre el medio ambiente y la propia salud humana.

el Un procedimiento sencillo e importante desde el punto vista de la salud laboral, consiste en utilizar cápsulas de amalgama dental pre-embaladas. El

dentista se evita mezclar su propia amalgama, reduciendo los desperdicios y los derrames. Otro procedimiento consiste en utilizar trampas sencillas y económicas. En la mayoría de consultorios odontológicos el sillón está ocupado con un filtro grueso o trampa de sillón para recoger las partículas gruesas de mercurio y proteger el sistema de vacío de las cañerías.

Al remplazar los dispositivos de medición usados en el sector de la atención de la salud que contienen mercurio se logra un beneficio para la salud pública y del medio ambiente.

- 7.11 Exigir y financiar un programa de manejo y almacenamiento de desechos con mercurio, retire estos desechos de hospitales, hogares, instalaciones industriales para almacenarlos en un lugar seguro.

La sustitución de productos y procesos que contienen o emplean mercurio por productos o procesos que no utilizan este metal podría ser una de las medidas de prevención más poderosas para modificar el flujo completo del mercurio a través de la economía y del medio ambiente.


el

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BETANCOURT, OSCAR. Salud y Trabajo en la Minería. Ministerio de Salud Pública, Dirección Nacional de Salud Ambiental, Programa de Salud Ocupacional, Quito, 2000.
2. GALVAO LUIZ A. C. , GERMAN COREY. Mercurio. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud (OMS), Metepec - México, 1987.
3. HANSEN G., R. VICTOR, E. ENGELDINGER, C. SCHWEITZER. Evaluation of the mercury exposure of dental amalgam patients by Mercury Triple Test. Occup. Environ. Med, Luxembourg, 2004.
4. MEISLICH HERBERT, HOWARD NECHAMKIN, JACOB SHAREFKIN, GEORGE HADEMENOS. Química Orgánica, Colombia: Mc Graw Hill, 2000.
5. Ministerio de Energía y Minas. Manual de Uso de la Retorta, Lima – Perú: Industrial Gráfica S.A, 1995.
6. Ministerio de Energía y Minas. Manual del Pequeño Minero. Proyecto PEMIN. Tercera Edición, Lima, 2001.
7. Ministerio de Energía y Minas. Uso y Manejo del Mercurio, Lima, 2005
8. PARMEGGIANI, LUIGI. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Madrid: Edición Española, 1989.

Páginas Web consultadas.

1. Capitulo V : Seguridad e higiene del trabajo en los servicios médicos y de salud. Riesgos Químicos. CEPIS / OPS.
<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind61/ectsms/ectsms.html>.
Fecha de visita: 19/04/2010
2. R. H. Kessler, R. Lozano, R. F. Pitts: Studies on Structure Diuretic Activity Relationships of Organic Compounds of Mercury. The Department of Physiology, Cornell University Medical College.
<http://www.pubmedcentral.gov/articlerender.fcgi?tool=pubmed&pubmedid=13428854>. Fecha de visita: 19/04/2010
3. Green Facts: Consenso Científico sobre el Mercurio.
<http://www.greenfacts.org/es/mercurio/index.htm>, Fecha de visita: 19/04/2010
4. MERK: Ficha de Datos de Seguridad.
<http://chemdat.merck.de/documents/sds/emd/esp/es/1044/104404.pdf>, Fecha de visita: 19/04/2010

5. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - UNEP; Evaluación Mundial sobre el Mercurio.
<http://www.chem.unep.ch/Mercury/Report/Final%20report/assessment-report-summary-spanish-final.doc>, Fecha de visita: 19/04/2010
6. Estructplan On Line: Mercurio; Toxicología;
<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=780>,
Fecha de visita: 19/04/2010
7. Luiz Cabeza Ferrer: Las Amalgamas de Mercurio son Peligrosas; Discovery Salud. http://www.dsalud.com/numero54_5.htm, Fecha de visita: 19/04/2010
8. Office of Engineering Safety (EH&S): A Guideline for the Safe Use & Handling of Mercury and Mercury Compounds;
http://engineering.tamu.edu/safety/guidelines/mercury/EPO_Mercury_safe_a.pdf,
Fecha de visita: 19/04/2010
9. ES&H manual (Environment, Safety and Health): Safe Handling of Mercury and Mercury Compounds; Document 14.5;
http://www.llnl.gov/es_and_h/hsm/doc_14-05.html; Fecha de visita: 19/04/2010.
10. PNUMA Productos Químicos. Evaluación Mundial. Ginebra, Suiza, Diciembre, 2002.
<http://www.chem.unep.ch>; Fecha de visita: 21/04/2010.
11. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España:
<http://www.insht.es/portal/site/Insht;jsessionid=h9vcNjxZtNF1GH8Pbq4gTVGF83dvnIQNFGwNbjLCQ72dn4ICfsMj!1221850536!-173750043>. Fecha de visita: 22/02/2011.
12. Ministerio de Trabajo y Producción, Gobierno de España.
 <http://www.mtin.es/>. Fecha de visita: 22/02/2011.

9. APENDICE

ASPECTOS DE EXPLOTACIÓN DE MINERÍA AURÍFERA EN EL PERÚ

Operaciones y procesos de minerales en las Plantas de beneficio:

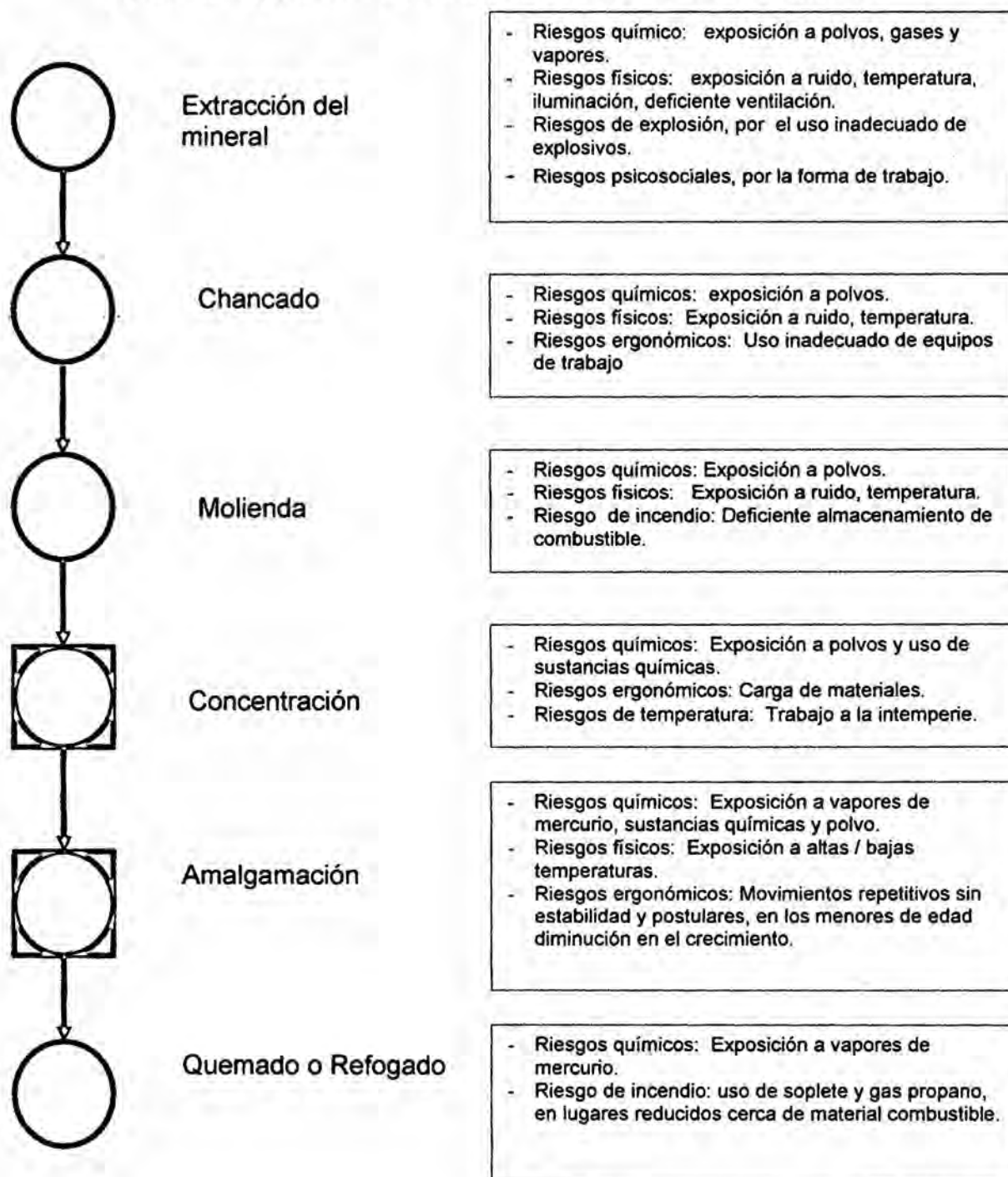


Fig. N° 11 Diagrama de flujo
Ing. Oswaldo Camasi Pariona.

el

Reactivación del mercurio

Después de ser utilizado varias veces, el mercurio se "ensucia" y pierde algunas propiedades físico - químicas, por ello es necesario limpiarlo para volver a usarlo y una forma de hacerlo es usando el "Reactivador de mercurio", equipo que se basa en un proceso electroquímico que permite separar las impurezas ("suciedad"), después del tratamiento en la superficie del mercurio reactivado se acumula una película de impurezas la que se separa mediante el lavado y filtrado a través de una tela.

El equipo de reactivación de mercurio funciona conectándolo a una batería de auto y el procedimiento asegura la más completa regeneración del mercurio.

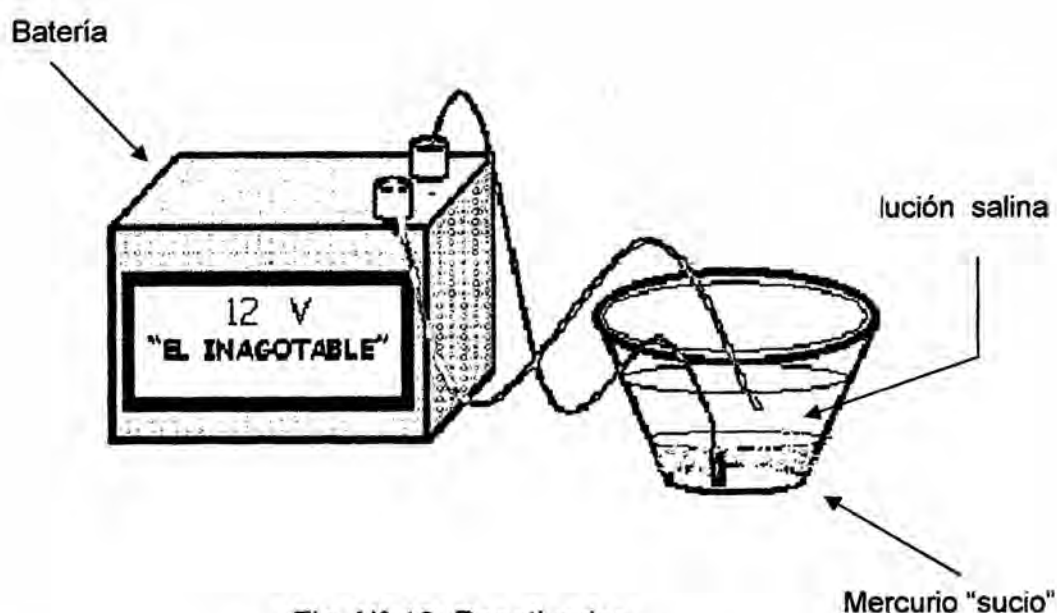


Fig. N° 10 Reactivador
Ing. Oswaldo Camasi Pariona.

Procedimiento electroquímico para reactivar el mercurio:

- El mercurio "sucio" se coloca dentro de un recipiente de plástico.
- Uno de los electrodos con terminal de carbón (polo negativo) se coloca dentro del mercurio.
- El mercurio se cubre con una solución salina con 15 % en peso de sal común, es decir 150 gramos de sal se completan con agua a un litro de solución.
- El electrodo positivo se coloca en la solución salina.
- Se conecta los electrodos a los bornes de batería (12 voltios).
- El proceso tiene una duración aproximada de 15 minutos.

al

ANEXOS

ANEXO I: OCUPACIONES CON EXPOSICIÓN POTENCIAL AL MERCURIO (CLASIFICADAS SEGÚN INTENSIDAD DE LA EXPOSICIÓN)

Exposición alta (actividades de alto riesgo)
Agricultores (con uso de plaguicidas mercuriales). Fabricantes de barómetros. Fabricantes de baterías de mercurio. Fabricantes de cloro. Fundidores de oro. Fabricantes de fungicidas mercuriales Fumigación con fungicidas mercuriales. Fumigación con insecticidas mercuriales. Fabricantes de manómetros. Fabricantes de manómetros de precisión Mineros de minas de mercurio. Mineros artesanales que recuperan oro por amalgamación. Refinadores de mercurio. Trabajadores con plaguicidas mercuriales. Fabricantes de soda cáustica. Fabricantes de termómetros.

Exposición mediana (actividades con mediano plazo)
Fabricantes de amalgamas. Fabricantes de colorantes. Fabricantes de fuegos artificiales. Cargadores de fulminantes. Fabricantes de fulminantes. Fabricantes de instrumentos de calibración. Fabricantes de interruptores de mercurio. Trabajadores de laboratorios químicos. Fabricantes de lámparas de arco de mercurio. Fabricantes de lámparas fluorescentes. Extractores de oro.

el

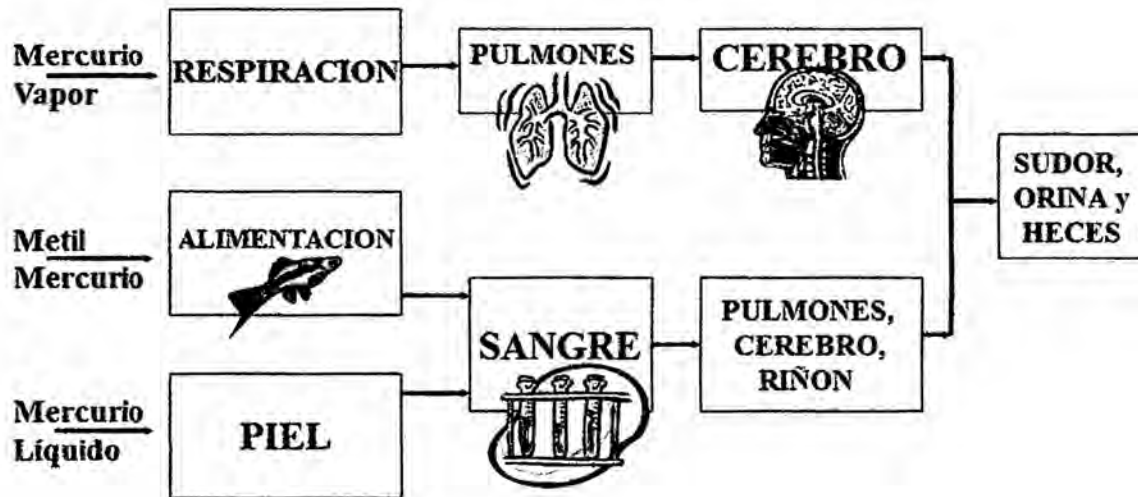
Exposición baja (actividades de bajo riesgo)
Fabricantes de bactericidas mercuriales.
Trabajadores de curtiembres.
Odontólogos.
Fabricantes de desinfectantes mercuriales
Trabajadores con desinfectantes mercuriales
Preservadores de pieles.
Fabricantes de pinturas.
Extractores de plata.
Técnicos dentales.

Exposición muy limitada (actividades de bajo riesgo)
Fabricantes de aparatos eléctricos.
Fabricantes de calderas.
Trabajadores de cerámica.
Fabricantes de cloruro de vinilo.
Electro galvanizadores
Fabricantes de escobillas de carbón.
Fotógrafos.
Joyeros.
Fabricantes de luces de Neón.
Trabajadores de medidores de corriente continua.
Trabajadores de moldes fundibles.
Fabricantes de papel.
Trabajadores de preservadores de madera.
Manipuladores de semillas.
Taxidermistas.
Histólogos.
Impresores de textiles.
Fabricantes de tinta.

el Fuente: GALVAO, LUIS A.C., Serie Vigilancia 7, Mercurio, Mexico: OMS, 1987.

ANEXO II

Vías de Ingreso al cuerpo Humano y el Metabolismo del Mercurio



il

Fuente: Ministerio de Energía y Minas. Uso y Manejo del Mercurio, Lima, 2005.

ANEXO III : EXPOSICION AL MERCURIO.

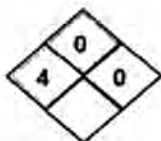
Origen del Mercurio	Mercurio Elemental	Mercurio Inorgánicos (sales)	Orgánico (metil-mercurio)	Orgánico (etil-mercurio)
Uso Principal	Amalgamas dentales	Productos cosméticos y farmacéuticos (usado como preservante)	Liberaciones de mercurio al agua se transforma en el medio en metil-mercurio por microorganismos y bacterias	En vacunas como preservativo (el timerosal corresponde a un 49% de etil-mercurio)
Otros Usos	Minería del Oro Productos (pilas, lámparas, aparatos de medición) Dispositivos médicos (termómetros, esfigmomanómetros)	Desinfectantes y antimicrobianos Equipos eléctricos Equipos fotográficos		
Liberaciones Secundarias, a través de procesos	Combustión de Carbón Combustión de Aceites minerales Combustión de biomasa Producción de cemento Procesos con gas natural Extracción primaria de metales Producción de metales reciclados Incineración de desechos médicos Crematorios y Cementerios Sistema de tratamiento de aguas residuales			
Fuente de Exposición	Derrames hospitalarios o domiciliarios Amalgamas dentales		Consumo de pescados	
Vía de Exposición	80% mediante inhalación 0.01% mediante ingestión Absorción mínima por la piel	Menor al 10% mediante la ingestión Pueden absorberse dosis letales mediante la piel	Gran absorción mediante la inhalación Mediante ingestión se absorbe entre 90 y 100%	Por ser vacuna se absorbe el 100 % del contenido mercurio por la inyección de la sustancia
Toxicidad Primaria	Para la Piel, Ojos, Pulmones, Encías	Tracto intestinal, riñones	Sistema nervioso central	Aún en estudio
Toxicidad Secundaria	Sistema nervioso central, Riñones	Sistema nervioso central	En estudio efectos en el sistema cardio-vascular	
Transporte dentro del cuerpo	Se ha encontrado en leche materna Cruza a través de la placenta Atraviesa por el flujo sanguíneo la barrera del cerebro	No llega fácilmente al cerebro, así como tampoco cruza con facilidad la placenta		Se ha encontrado en leche materna Cruza a través de la placenta Atraviesa por el flujo sanguíneo la barrera del cerebro

Fuente: Comisión Nacional del Medio Ambiente. Plan Nacional para la Gestión de los Riesgos del Mercurio, Chile: 2009.

ANEXO IV: HOJA DE SEGURIDAD PARA EL MERCURIO

MSDS MERCURIO METÁLICO

Criterio de Seguridad



VENENO

Información general

Fórmula química

Número CAS

Código UN

Sinónimos

Peso molecular

Hg

7439-97-6

2809

Quicksilver, Hydrargyrum, Liquid Silver, Mercurio coloidal.

200,59

Propiedades físicas y químicas

Estado físico

Color

Punto de fusión

Punto de ebullición

Inflamabilidad

No es inflamable.

Líquido pesado.

Blanco plateado.

- 38.87 °C

356.9 °C

IMPORTANTE : Con el calor empieza a desprender vapores de mercurio que son muy tóxicos.

Toxicidad

PRODUCTO EXTREMADAMENTE TÓXICO

Todas las formas de Mercurio son potencialmente tóxicas; siendo el vapor uno de los más peligrosos estados de este metal.

Efectos teratogénicos, efectos reproductivos, efectos sobre el Sistema Nervioso Central, hígado, riñones, metabolismo, gastrointestinales, piel y ojos.

También puede originar reacciones alérgicas.

E.P.A. Ha establecido el límite de dos partes de mercurio en partes por billón de agua para bebida (2ppb).

F.D.A. La Administración de Alimentos y Drogas. Recomienda un nivel máximo permisible de una parte de metil mercurio por billón de alimentos de mar (1ppb).

Estabilidad y Reactividad

Estabilidad: En condiciones normales es estable.

Incompatibilidad: Ácidos fuertes

Condiciones a evitar: Temperatura por encima de 18° C:

El metal y sus compuestos en el medioambiente cambian y probablemente

la más grave es la transformación del mercurio en metil y dimetil, debido a la acción de diversos microorganismos, especialmente **Clostridium cochlearium** en los sedimentos acuáticos.

Control en la exposición / Protección personal

Protección Respiratoria

: Usar máscara respiratoria para mercurio.

Protección de manos

: Usar guantes de caucho nitrilo.

Protección de ojos

: Usar lentes para salpicaduras o lentes seguros.

: Debe adecuarse para mantener el nivel del vapor de Mercurio por debajo de los límites.

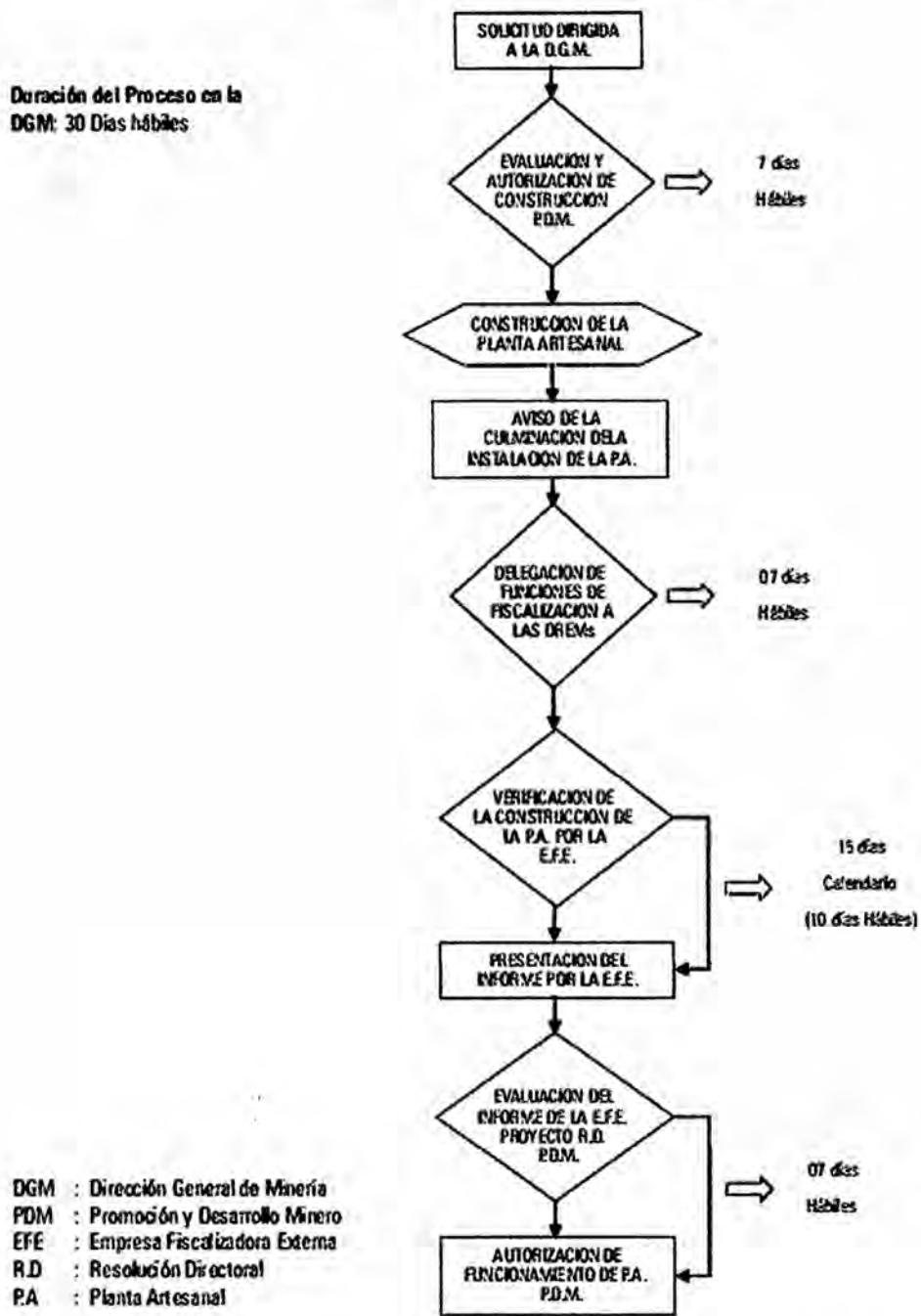
Ventilación

Fuente: Ministerio de Energía y Minas. Uso y manejo del Mercurio, Lima: 2005

PROCEDIMIENTO PARA LA AUTORIZACION PARA BENEFICIO DE MINERALES DE PRODUCTOR MINERO ARTESANAL

Duración del Proceso en la DGM : 31 días hábiles

Duración del Proceso en la DGM: 30 Días hábiles



- DGM : Dirección General de Minería
- PDM : Promoción y Desarrollo Minero
- EFE : Empresa Fiscalizadora Externa
- R.D : Resolución Directoral
- P.A : Planta Artesanal

el Fuente: Ministerio de Energía y Minas. Uso y manejo del Mercurio, Lima: 2005