

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA,
MINERA Y METALÚRGICA**



**“MANEJO Y CONTROL DEL MERCURIO
EN LA MINERIA ARTESANAL”**

T E S I S:

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERIO METALURGISTA

PRESENTADO POR:

JESUS HILDEBRANDT LONDOÑA SORIA

**LIMA – PERÚ
2007**

DEDICATORIA

Con infinita gratitud a Dios por el aliento de vida y enseñarme el camino correcto.

Con mucho amor y agradecimiento a mi madre Esperanza y a mi padre Jesús por el apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida

AGRADECIMIENTO

A Dios gracias por haberme dado el tiempo necesario para terminar este trabajo

A mis maestros por haber en mi desarrollado la perseverancia y el empeño en querer alcanzar los objetivos propuestos

Y a mis amigos por ponerle color y sabor a lo largo de toda mi carrera .

RESUMEN

En el presente trabajo se hace un estudio global acerca del mercurio los beneficios que este trajo desde la colonia hasta nuestros días así como las enfermedades causadas por el uso indiscriminado de este elemento químico directa o indirectamente , la presencia en la atmósfera que causa daños irreparables a los seres vivos.

Enfoca también el estudio a la minería informal o artesanal de nuestro país la forma como laboran los mineros artesanales con el mercurio ,los cuidados que deben tener para evitar la contaminación mediante el uso de retortas, la regeneración de las propiedades del mercurio mediante el uso de reactivadores.

La expansión de la minería informal o artesanal en nuestro país, los efectos que este produce tanto sociales, culturales y económicos , los proyectos de apoyo y

Por ultimo la Legislación Ambiental de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal dada por el estado según ley N° 27651 el año 2002 que reconoce e integra como un estrato mas dentro de la **Ley General de Minería** a la minería artesanal

MERCURIO EN LA MINERIA ARTESANAL

INTRODUCCIÓN

En el Perú, un país netamente minero desde la época pre-incaica hasta la actualidad, hubo un elemento químico muypreciado por los conquistadores, que emprendieron grandes viajes para su época, y dejaron todo por ir en busca del metal precioso llamado oro, todo con el único afán de enriquecerse.

Este afán hizo que se obtenga el metal precioso a cuesta de todo, llegándose a descubrir el mercurio y sus propiedades de amalgamación con los metales preciosos oro y plata.

Durante la colonia fue que las minas de *cinabrio* tuvieron gran acogida por los españoles ya que llegaron a descubrir la relación correcta de mercurio con el oro y la plata por lo que era y es un material de trabajo para obtener el oro.

En los años ochenta hasta actualidad el interés por el oro a nivel de minería artesanal se convertirá en una manera de supervivencia para aquellos que lo perdieron todo victimas del terrorismo u otros desastres o la falta de empleo y oportunidades que ha ido aumentando cada vez mas en nuestro país .

Otro grupo puede verlo como una manera de negocio y aumentar sus ingresos siempre y cuando cuente con un capital apropiado y tenga la asesoría o conozcan del tema.

Hay que resaltar que el trabajo que se realiza a nivel artesanal se debe hacer con responsabilidad con el medio ambiente y con nuestra sociedad para lo cual el Ministerio de Energía y Minas ha estado trabajando , capacitando a los trabajadores mineros artesanales en los cuidados que deben tener con el medio ambiente , la iglesia también a dado el ejemplo ayudando a este grupo social de los que menos tienen o que lo perdieron todo y a esto se han agregado otros países que han puesto el hombro ayudando mediante proyectos para que predomine la justicia y el derecho de los que menos tienen que son muchas veces explotados a falta de recursos

Hay que reconocer también el apoyo que ha dado el estado a este tipo de minería artesanal para comenzar reconociéndolos y otorgando sus derechos promulgando la ley N° 27651 a partir del año 2002.

INDICE

	Pág.
Dedicatoria	1
Agradecimiento	2
Resumen	3
Introducción	5
CAP. I OBJETIVOS	
1.1 Objetivos Generales	14
1.2 Objetivos Específicos	14
CAP. II EL MERCURIO	
2.1 Antecedentes Históricos	16
2.2 Emisiones de Mercurio a Nivel Mundial	17
2.2.1 Emisiones de Mercurio por el Hombre	17
2.2.2 Emisiones de Mercurio por la Naturaleza	18
2.3 Toxicidad del Mercurio	19
2.3.1 Enfermedades Ocasionadas por el Mercurio	20
2.4 Propiedades Físicas y Químicas	22

CAP. III CICLOS DEL MERCURIO

3.1 Ciclos Ambientales	28
3.1.1 Ciclo Global del Mercurio	29
3.1.2 Ciclo Local del Mercurio	31
3.2 Procesos Descontaminantes	33
3.2.1 Tratamiento de Gases de Chimenea	33
3.2.1.1 Precipitadores Electroestáticos.....	35
3.2.1.2 Filtros de Tejido	36
3.2.2 Eliminación del Mercurio de Gases de escape generados en instalaciones que no sean calderas de centrales eléctricas e incineradores	40
3.2.3 Reducción de las Liberaciones de Mercurio provenientes de instalaciones de cloro-álcali	43
3.2.4 Alternativas de Remoción	44

CAP. IV PRINCIPALES YACIMIENTOS

4.1 Yacimientos	46
4.1.1 Huancavelica	46
4.1.2 Yacimiento de Mercurio de Almaden.....	48
4.2. Obtención del Mercurio	49
4.2.1 Cálculos Termodinámicos	50
4.2.2 Proceso de Desmercurización	52
4.2.2.1 Cálculos Termodinámicos.....	53
4.2.2.2 Análisis de los Resultados	58

CAP. V DISEÑO Y USO DE LA RETORTA

5	Que es una Retorta	60
5.1	Construcción de la Retorta.....	61
5.1.1	Materiales	61
5.1.2	Equipos	61
5.1.3	Partes de la Retorta	61
5.2	Criterios para el Diseño de la Retorta.....	62
5.2.1	Dimensiones de la Retorta	63
5.2.2	Refrigerador	64
5.3	Modificaciones	65
5.3.1	Como Probar la Calidad de una Retorta.....	65
5.4	Descripción del Proceso de Quema	66
5.4.1	Recomendaciones	66
5.4.2	Pasos para Utilizar la Retorta	66
5.4.3	Problemas con el Uso de la Retorta	78

CAP. VI REACTIVACION DEL MERCURIO UTILIZADO EN LA RETORTA

6.1	Partes del Reactivador	84
6.2	Usos del Reactivador	85

CAP. VII TECNOLOGIA DE LA MINERIA ARTESANAL

7	Minería y Sistema de Tratamiento	87
7.1	Minería	87
7.2	Sistema de Tratamiento.....	89
7.2.1	Quimbalete	89
7.3	Descripción del Proceso Artesanal.....	90
7.3.1	Proceso de Amalgamación	92
7.4	Perdida de Mercurio	93

7.4.1	Ventajas del Método.....	93
7.5	Comparación con el Método Convencional.....	94
7.5.1	Cianuración.....	95
7.5.1.1	Percolacion	95
7.5.1.2	Tanques.....	97
7.5.1.3	Peletizacion y Percolacion.....	99

CAP. VIII PRINCIPALES AREAS MINERAS A NIVEL ARTESANAL

8	Minería Artesanal.....	101
8.1	Las Principales Áreas Mineras a Nivel Artesanal.....	102
8.1.1	Madre de Dios	104
8.1.2	Sur Medio	105
8.1.3	Puno	106
8.1.4	La Libertad.....	107

CAP. IX IMPACTO MEDIO AMBIENTAL DE LA MINERIA ARTESANAL

9.1	El Impacto Medio Ambiental	109
9.2	Contaminación Por Mercurio	110
9.3	Efectos Sobre los Suelos	112
9.4	Contaminación de los Cursos de Agua.....	113
9.5	Efectos Sobre el Ecosistema	115
9.6	Efectos Sobre el Clima	117
9.7	Efectos Sobre la Salud	118
9.7.1	En caso de Haber Tomado Mercurio	119
9.7.2	Contaminación Por Inhalación de Mercurio	120

CAP. X PRODUCCION Y MANEJO DEL MERCURIO

10.1 Obtención y Transporte del Mercurio	
Por Minera Yanacocha.....	126
10.2 Proceso de Retorteo	130
10.3 Producción e importación de Mercurio.....	130
10.4 Transporte del Mercurio.....	132
10.5 Manejo del Mercurio	135
10.6 Control del Mercurio.....	136
10.7 Proyectos Futuros	137

CAP. XI ORGANIZACIÓN SOCIAL Y PROYECTOS DE APOYO A LA MINERIA ARTESANAL

11 La Organización de los Mineros Artesanales.....	139
11.1 Organización del Trabajo Minero	139
11.2 Organización Social de los Mineros.....	143
11.2.1 Proyectos de Apoyo	144
11.2.1.1 Proyecto PAPI.....	144
11.2.1.2 proyecto MAPEM	145
11.2.1.3 Proyecto en Madre de Dios.....	147
11.2.1.4 Proyecto Gama.....	148

CAP. XII INICIATIVAS DE LOS ORGANISMOS MULTILATERALES

12.1 Programa de Eliminación del Trabajo	
Infantil (IPEC)	136
12.1.1 Grupo Colaborativo en Minería	
Artesanal y Pequeña Minería (CASM).....	137
12.2 Lecciones Aprendidas en las Iniciativas	
de Apoyo a la minería Artesanal	138

CAP. XIII IMPÁCTOS SOCIALES EN LA MINERÍA ARTESANAL

13.1 Situación Minera	156
13.1.1 Madre de Dios	156
13.1.2 Sur Medio	158
13.1.3 Tulin y Saramarca	159
13.1.4 Huanca y Jaqui	160
13.1.5 Mollehuaca y Relave	161
13.1.6 Puno	163
13.1.6.1 Ananea	163
13.1.6.2 La Rinconada y Cerro Lunar	164
13.1.7 La Libertad	165
13.2 La Seguridad y Salud Ocupacional	
Minero Artesanal	166
13.2.1 La Seguridad Minera.....	166
13.2.2 La salud Ocupacional	
del Minero Artesanal	168
13.3 El Trabajo Infantil	169
CONCLUSIONES.....	174
RECOMENDACIONES	177
BIBLIOGRAFIA.....	179
ANEXOS	181

CAPITULO I

OBJETIVOS

OBJETIVOS

1.1 OBJETIVOS GENERALES

- Cuestionar el uso del **mercurio** en la minería artesanal, utilizado en la amalgamación de oro, y los daños que este provoca al medio ambiente

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer como es el trabajo en minería artesanal, específicamente en la extracción de oro , los procesos en que se ven involucrados los mineros para poder obtener este metal noble.
- Investigar las propiedades físicas y químicas del mercurio en beneficio del procesamiento del oro a pequeña escala.
- Asimismo determinar el impacto que causa la utilización del mercurio, en los seres humanos, las enfermedades que derivan de la exposición al mercurio, y la repercusión a nivel medio ambiental.

CAPITULO II
EL MERCURIO

EL MERCURIO

2.1 Antecedentes históricos

En la antigüedad los griegos le pusieron nombre a este metal líquido, de "hidrargiro", que significa "plata líquida" y los romanos latinizaron esta expresión como "hydrargyrum" que quiere decir "plata viva".

De esta denominación procede el símbolo de Hg. y la palabra "hidrargirismo" para referirse a la intoxicación por mercurio.

Los árabes le pusieron al mercurio "Az – ZA –VQ", que derivó al español como la palabra "azogue", que ya no es utilizado en el lenguaje científico pero aún se emplea en el ámbito popular. El cinabrio, es la **MENA** del mercurio y que los incas ya conocían con el nombre de "Llampi" y lo utilizaban como pintura.

Durante la colonia se descubrió (en 1566) el asiento minero de este metal en Huancavelica, que tanto sirvió para el beneficio de la plata en aquellos tiempos pues solo en doscientos años (1571-1771) se produjo más de un millón de quintales de mercurio (1).

Huancavelica fue fundada en por los españoles en el año 1571 se encuentra a una altura de 3800 a 4400 metros sobre el nivel del mar, la roca característica del yacimiento es la caliza la mena está formado por cinabrio y la ganga es la calcita algunas zonas tiene hematita y manchas de rejalgam (2)

2.2 Emisiones de mercurio a nivel mundial

Las emisiones de mercurio a nivel mundial se podrían subdividir de la siguiente manera:

2.2.1 Emisión de mercurio por el hombre

Solo en los Estados Unidos se hallan en servicio 1140 centrales térmicas de carbón, hacia el 2010 estarán liberando 60 toneladas anuales de mercurio a la atmósfera. Estas centrales térmicas producen energía eléctrica consumiendo carbón y otras instalaciones industriales emiten grandes cantidades de mercurio a la atmósfera.

En el Perú las fuentes de liberación del mercurio se da mayormente en el sector minero, concretamente en la extracción del Oro, mediante la amalgamación.

La producción de oro, se presenta en diferentes escalas desde las grandes mineras hasta los lavaderos de oro artesanales ubicados en los diferentes puntos del país, como lo vemos en la siguiente tabla N° 1:

Tabla N° 1

Producción de Oro por estratos 1990-1999 (Kgs. Finos)

Estratos	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gran Minería	902	888	966	3588	10790	18567	26525	34204	44604	87969
Mediana Minería	6112	7115	7125	7768	10684	12101	13390	18475	24385	21204
Pequeña Minería	1365	2453	648	1517	1845	2595	2436	2200	2304	1357
Lavaderos	11800	12150	15503	17445	24480	24480	22535	22920	22560	17956
Total	26179	22606	24242	30318	47800	57744	64886	77899	94124	128486

Ministerio de Energía y Minas - Anuario de la Minería del Perú 1999

2.2.2 Emisión de mercurio por la naturaleza.

Este metal es liberado a la atmósfera por los volcanes, los incendios forestales, la combustión del carbón, etc., el mercurio puede depositarse en mares, lagos y ríos, donde se acumulará en los tejidos de los peces.

Se calcula que entre 5000 y 10,000 toneladas de mercurio que llegan anualmente a la atmósfera entre el 50 y el 75 % son debido a la actividad humana, especialmente por la combustión del carbón en las centrales eléctricas.

Según la UNEP solo en 1995 se lanzaron a la atmósfera desde diferentes fuentes (naturales y artificiales) 5500 toneladas de mercurio. la US en Environmental Protection Agency's EPA ha advertido además que los productos químicos lanzados a la atmósfera atraviesan la piel humana causando diversas enfermedades, la contaminación por mercurio supone la principal amenaza "El problema del mercurio es

Transfronterizo porque pasa de un país a otro .El mercurio expulsado a la atmósfera en Estados Unidos puede acabar en el Ártico y el que sale de Australia puede ir a parar a Sudáfrica", preciso Willis.

Este metal, una vez en la atmósfera o en el subsuelo puede infiltrarse lentamente contaminar las aguas subterráneas e intoxicar algunas especies marinas, por ejemplo, el atún puede ingerir mercurio en algún lugar del mundo y acabar en el plato de un comensal en otra parte del mundo, indicó Willis al subrayar que es un problema global que debe solucionarse de manera global.

2.3 Toxicidad del mercurio

El mercurio al contacto con microorganismos, se transforma en metil-mercurio altamente tóxico. Ni el mercurio ni el metil - mercurio son degradables. La cantidad de mercurio en una Planta o animal solo se acumula con el tiempo y nunca disminuye. Mientras mas arriba en la cadena alimenticia es más alta la concentración del mercurio.

La exposición prolongada a vapores de mercurio tiene más efectos y más graves que la exposición por una sola vez ,el mercurio ingresa a la sangre con los alimentos y es extremadamente peligroso especialmente para mujeres embarazadas y sus hijos nonatos, contaminando también la leche materna.

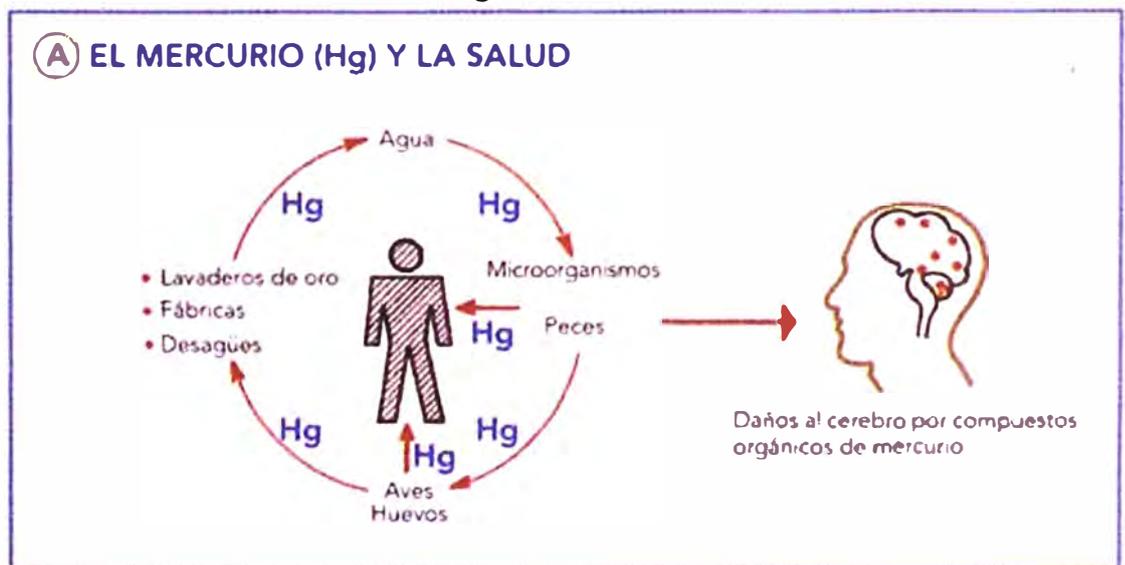
La ocurrencia más grande de envenenamiento con mercurio es la llamada “enfermedad de Minimata” en el cual a mediados de los años cincuenta se denunciaron a más de tres mil personas como víctimas del mercurio debido a que habían consumido peces de la bahía contaminados por la empresa fabricante de plásticos Chisso quién utilizaba mercurio como catalizador vertiendo 27 toneladas de compuesto de mercurio en la bahía de Minimata en Japón.

2.3.1 Enfermedades ocasionadas por el mercurio

Existen varias investigaciones que vinculan la contaminación del mercurio con diversas enfermedades neurológicas, como el alzheimer, diabetes, pérdida de la inteligencia , empobrecimiento de la capacidad del habla, pérdida de atención y habilidad en el procesamiento de información, la Physicians for Social Responsibility señala alrededor de 100 millones de norteamericanos sufren algún tipo de enfermedad crónica ,como el asma, diabetes ,cáncer ,artritis, o cardiopatías como consecuencia del contacto con sustancias químicas que contienen mercurio y que contribuyen al debilitamiento del sistema inmunológico. Este metal produce alteraciones sensoriales irreversibles en el ser humano indicaron expertos del programa de Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA), patrocinadora de la reunión. El estudio de la Universidad de Texas dirigido por el doctor Raymond Palmer detectó en

su estudio que las tasas más altas de autismo entre la población infantil se derivan del mercurio que existe en el medio ambiente lo que puede explicar que California tenga los mayores niveles de autismo ya que es el Estado Estadounidense con mayor grado de mercurio en su entorno debido a los vientos que proceden de China llegando hasta sus costas ,en China existen numerosas plantas eléctricas que generan 600 toneladas anuales de mercurio que se vierten a la atmósfera (Marta Morales de Tendencias Científicas)

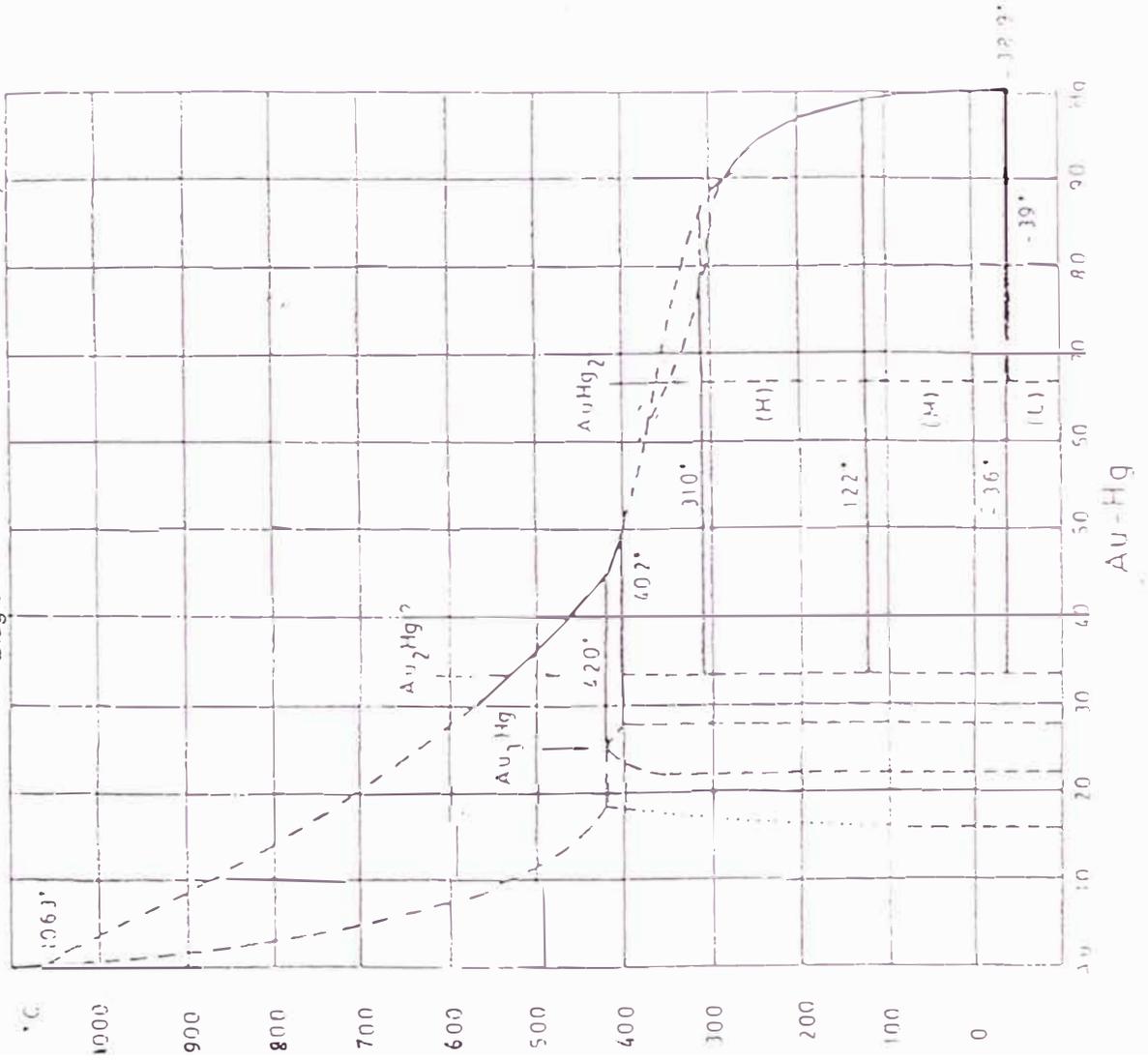
Figura N ° 1



2.4 Propiedades Físicas Y Químicas del mercurio

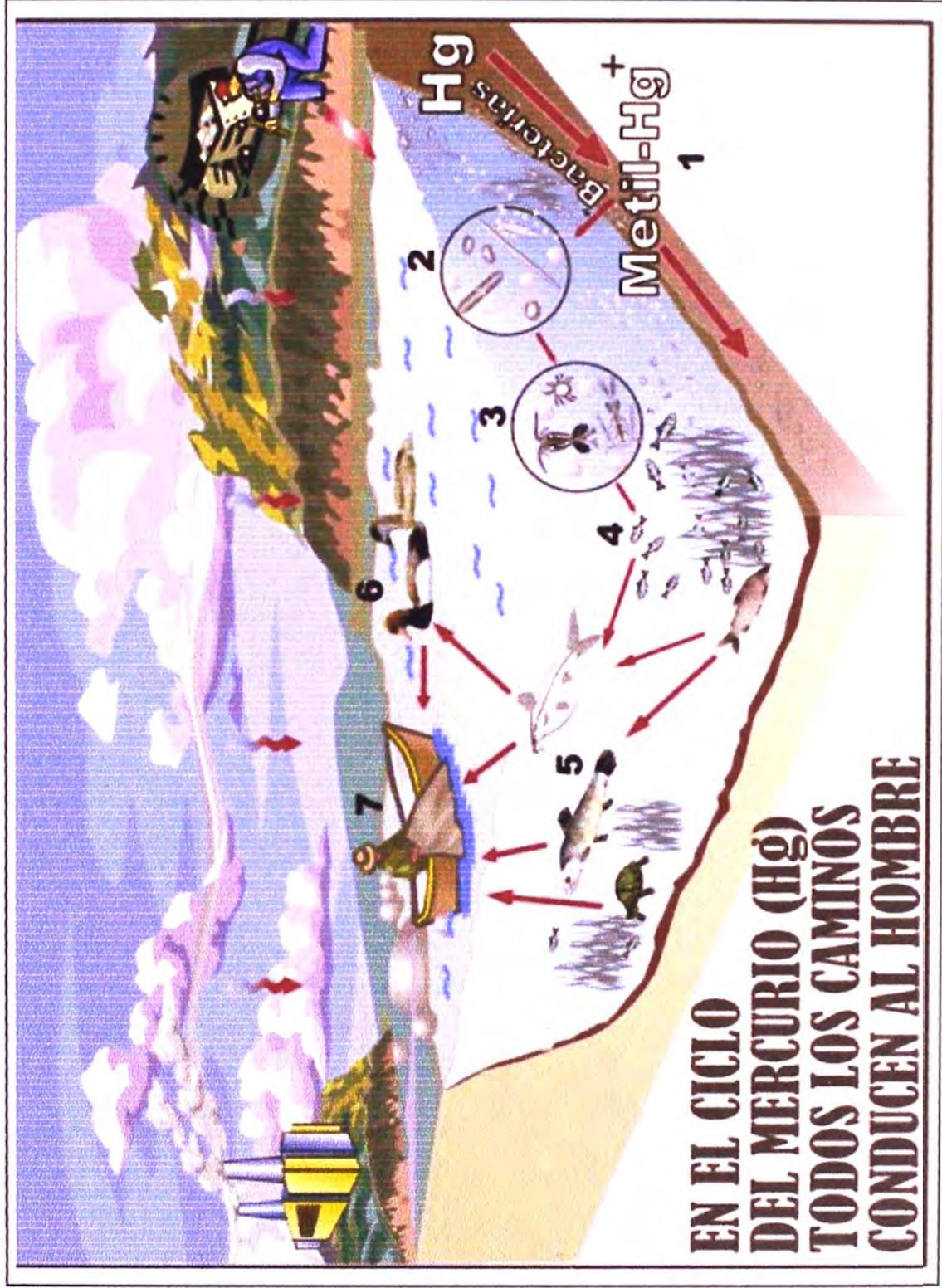
- ❖ En estado de vapor a alta temperatura conduce la electricidad (lámpara de vapor de mercurio).
- ❖ Coeficiente de dilatación uniforme entre 0° y 300 ° C: Uso en termómetros.
- ❖ Disuelve muchos metales formando amalgamas, pero no al hierro. con oro forma AuHg_2 , Au_2Hg y Au_3Hg . En la práctica la amalgama tiene 20-40% Au
- ❖ No forma amalgama con telururos de Au/Ag, como la calaverita y silvanita
- ❖ Combina con azufre y halógenos. Sales más importantes: cloruro y bicloruro de mercurio (calomel)
- ❖ Sólo se disuelve con HNO_3 diluido o concentrado, y en H_2SO_4 concentrado y caliente.
- ❖ Metal líquido y pesado, de color blanco plateado, Insoluble en agua.
- ❖ Poco compresible. Pero excelente conductor cerca de 0 ° K.
- ❖ N° atómico: 80, Peso atómico: 200.6 , Punto de fusión : - 38.9 °C
- ❖ Mal conductor de electricidad a temperatura ambiente
- ❖ Tensión superficial: 480.3 din/cm^3
- ❖ Densidad (20 °C): 13.596 g/cm^3
- ❖ Punto de ebullición: 356.7 °C

Figura N.º 2
Diagrama de Fases



CAPITULO III
CICLOS DEL MERCURIO

Figura N ° 3



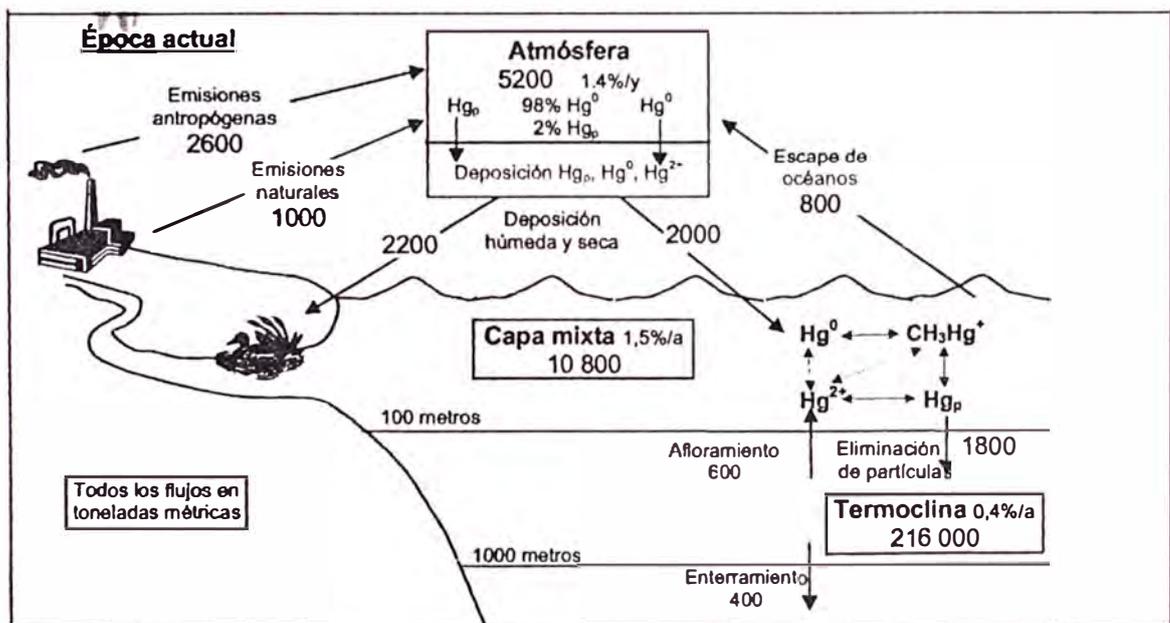
CICLOS DEL MERCURIO

El mercurio se encuentra en forma natural en el ambiente y recorre en ciclos los componentes atmosféricos acuáticos y terrestres de la tierra se estima que la emisión total global anual de mercurio a la atmósfera fluctúa entre 900 y 6200 toneladas métricas lo cual incluye tanto fuentes naturales como fuentes antropogénicas (6).

Los escapes naturales de mercurio al ambiente se producen en forma de gases (emisiones de vapor de minerales naturales), soluciones (en la lava), o partículas (en el polvo). El ciclo global del mercurio involucra el transporte atmosférico del mercurio que se ha desgasificado de la corteza terrestre y de la evasión (evaporación) del mercurio de los cuerpos de agua. Parte del vapor del mercurio elemental se oxida para formar mercurio iónico (Hg^{+2}), que luego se deposita nuevamente en la superficie de la tierra y del agua, básicamente bajo la forma de partículas. El tiempo de residencia estimado, o el tiempo promedio que se requiere para que una partícula de mercurio evaporada pase nuevamente de la atmósfera a la superficie terrestre, es de un año (Eisler 2000, Porcella 1994.) Se estima que las tasas de deposición atmosférica se han elevado en un factor de 3.7 desde 1850. De acuerdo a informes elaborados sobre

este tema, se estima que la concentración de mercurio en los sedimentos de los ríos se ha cuadruplicado, mientras que la concentración de mercurio en los sedimentos de los lagos y estuarios se ha incrementado entre dos y cinco veces desde tiempos prehistóricos. En general, el 54% de las emisiones globales anuales de Hg. corresponden a la combustión del combustible (principalmente carbón) (Hylander 2001).

Figura N° 4



Ciclos y Flujos Globales del Mercurio

Los seres humanos también liberan mercurio al ambiente a través de los procesos industriales y la minería artesanal (rudimentaria) de metales preciosos. El mercurio es utilizado en más de 2000 industrias y productos manufactureros

(Jones y Slotton 1996). Las plantas de cloro alcalino, para producir cloro y soda cáustica, son una de las más grandes emisoras industriales de mercurio. Se piensa que el 90% de las emisiones antropogénicas de Europa corresponden a las emisiones de las plantas de cloro alcalino (Hylander 2001). En América Latina, la minería artesanal de amalgamación de mercurio es una de las principales fuentes de emisión de mercurio al ambiente, con un volumen estimado de 200 toneladas de Hg.

El mercurio es explotado como un producto primario, o como un subproducto de la explotación de otros metales. En 1999, la producción de mercurio ascendió a 1,200 toneladas, siendo Algeria, Kyrgyzstan y España los más grandes productores de mercurio a nivel mundial (USGS 2000). Una sola mina, la mina española de Almadén, produjo 860 toneladas en 1997. Esta mina ha estado prácticamente en producción continua durante los últimos 2000 años y es el depósito conocido de mercurio más grande del mundo (Lindberg et al. 1979).

En forma individual, la mina Almadén emite de 0.5 a 1 Kg. de mercurio por hora a la atmósfera.

3.1 Ciclos Ambientales

El ciclo del mercurio en el ambiente es complejo. La toxicidad y movilidad del mercurio ambiental dependen en gran medida de la forma química presente. Las formas químicas primarias del mercurio en el ambiente son las siguientes: mercurio elemental (Hg^0), mercurio iónico (Hg^{+2} y Hg^{+1}), y

mercurio órgano metálico, básicamente en la forma de metilo mercurio (HgCH_3).

3.1.1 Ciclo global del Mercurio

El mercurio elemental es el tipo de mercurio más común que encontramos en el ambiente (Figura 1.2.1). Con el tiempo, una pequeña cantidad de este mercurio se oxida y se convierte en mercurio iónico Hg^{+2} , depositándose luego en los suelos y aguas superficiales. Finalmente, este mercurio depositado se convierte en mercurio esencialmente insoluble HgS (cinabrio) (Jones y Slotton 1996). El tiempo de residencia estimado del mercurio es de hasta un año en la atmósfera y 1000 años en los suelos (Eisler 2000). En medios acuáticos, el mercurio está presente predominantemente bajo la forma de iones de mercurio (Hg^{+2}), los cuales pueden adherirse firmemente a los sedimentos o, bajo condiciones apropiadas, pueden reducirse a mercurio elemental y perderse en el ambiente a través de los vapores, o también pueden convertirse microbianamente a mercurio metilado (Lorey y Driscoll 1999).

En general, el mercurio elemental es muy insoluble y las formas iónicas son sólo ligeramente más solubles (Tabla N° 2) lo cual limita la movilidad del mercurio en el ambiente.

Tabla N° 2
Solubilidad de Algunas Formas de Mercurio

Formas Químicas	Tipo de Hg.	Solubilidad (ug Hg/ ml agua)
Elemental	Hg ⁰	0.056
HgCl ₂	Hg ⁺²	74000
HgO	Hg ⁺²	51.6
HgS	Hg ⁺²	Insoluble – 0.013
Hg ₂ Cl ₂	Hg ⁺¹	2

Algunos investigadores han descubierto que si se producen grandes incrementos en las concentraciones de mercurio en los suelos, solo se producirán pequeños incrementos en las concentraciones de mercurio en los tejidos de las plantas (Patra y Sharma 2000). La cantidad limitada de mercurio que es absorbida por las plantas permanece principalmente en las raíces y no pasa a los tallos ni a las hojas que pueden ser luego masticadas por los herbívoros (por ejemplo, por el ganado) (Granato et al. 1995). La mayor inquietud que existe con respecto a la presencia de mercurio en el ambiente se refiere generalmente al metilo mercurio, debido a su mayor toxicidad y a la habilidad que tiene para acumularse, alcanzando altas concentraciones en las cadenas alimenticias acuáticas (Clarkson 1994). El metilo mercurio no es común en los suelos y

ecosistemas terrestres ya que las condiciones propicias para la metilación no están presentes en estos sistemas (Davis et al. 1997).

3.1.2 Ciclo local del Mercurio

El ciclo local se basa en la circulación hipotética de compuestos de dimetilmercurio. En este el mercurio es liberado en sus distintos estados físicos y químicos principalmente por el ser humano. Una vez en los ecosistemas acuáticos y en presencia de oxígeno, casi todas las formas del mercurio incluso el mercurio metálico, se pueden ionizar, oxidar y transformar en Hg^{+2} . Una vez ionizado el mercurio forma una gran variedad de compuestos, así el Hg^{+2} se reduce para dar mercurio metálico, reacción que llevan a cabo bacterias del género *Pseudomonas* en un ambiente carente de oxígeno (anaerobias).

La segunda reacción ocurre en aguas continentales o en litorales mediante ella se convierte el Hg^{+2} en metilmercurio y dimetilmercurio. La metilación del mercurio ocurre mediante dos vías, una anaerobia y otra aerobia.

Figura N° 5

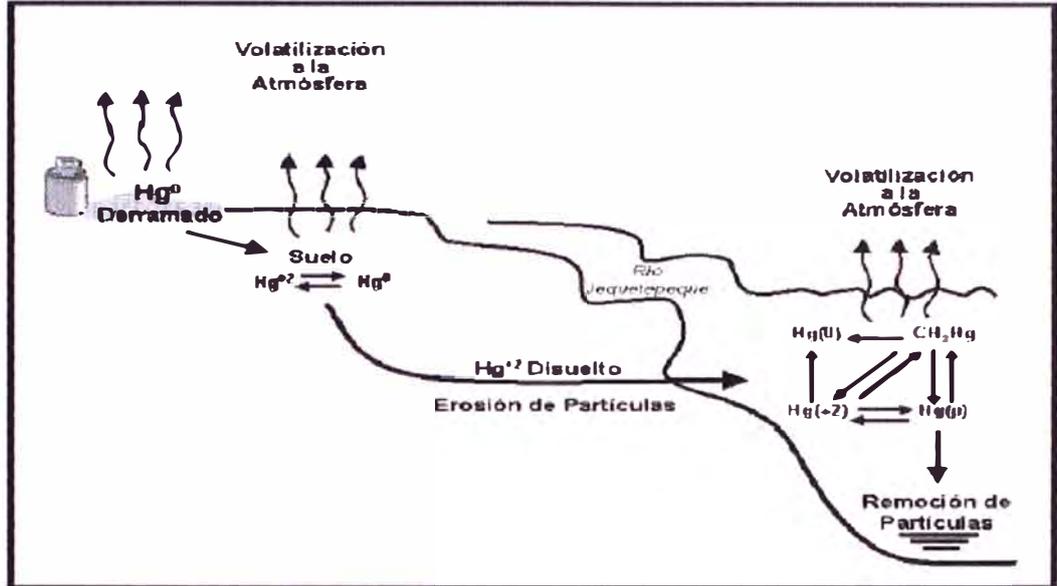
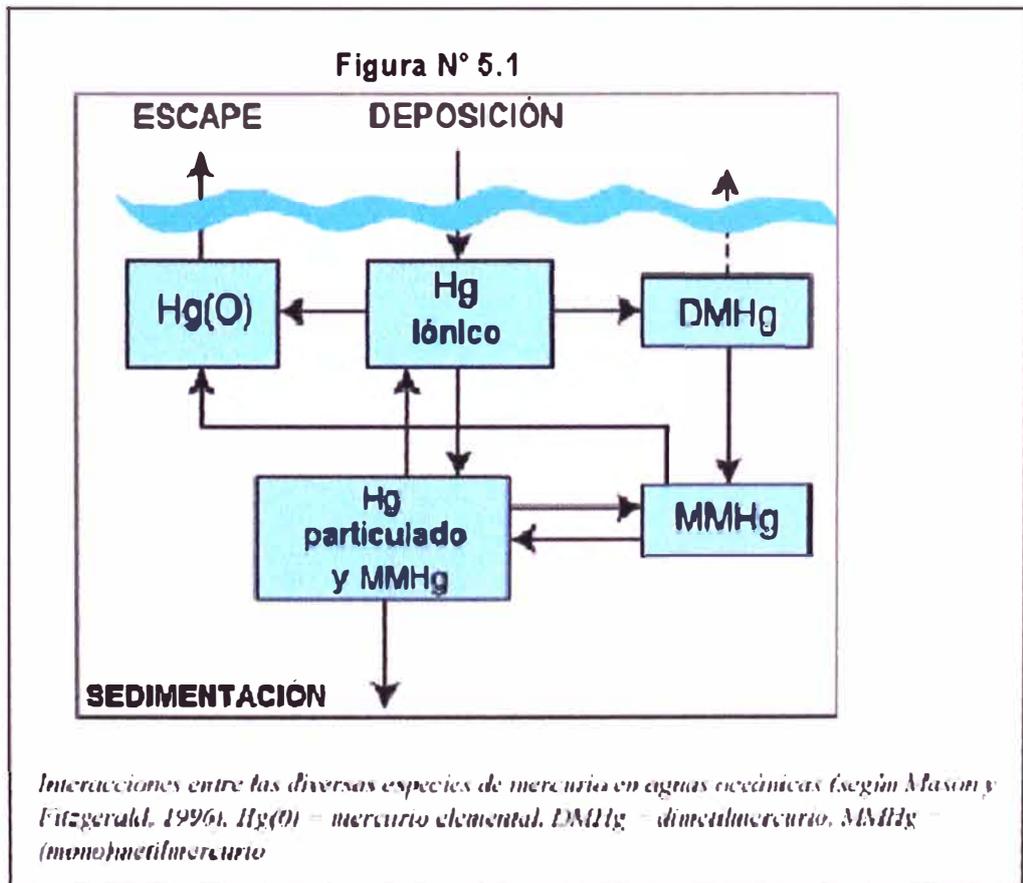


Figura N° 5.1



3.2 Procesos descontaminantes (7)

Se busca eliminar el mercurio o reducir el consumo de este a nivel mundial debido a los problemas ambientales que esta presentando por los factores ya mencionados para lo cual se esta aplicando los siguientes métodos a nivel mundial para contrarrestar la contaminación:

Las centrales térmicas alimentadas con carbón y los incineradores municipales están generalmente equipados con precipitadores electrostáticos (PE) o filtros de tejido (FT).

3.2.1 Tratamiento de gases de chimenea o técnicas de control de fin de ciclo ("end-of-pipe")

Para controlar el SO₂, los NO_X, y las MP, se está utilizando actualmente el tratamiento de gases de chimenea o técnicas de fin de ciclo ("end-of-pipe").

Para controlar el SO₂, se puede usar una variedad de depuradores secos y húmedos; los NO_X, una reducción selectiva catalítica o no catalítica, y las MP, filtros de tejido o precipitadores electrostáticos.

Se han hecho muchas pruebas de las capacidades de estos sistemas para eliminar mercurio en una amplia gama de calderas de centrales termoeléctricas de Estados Unidos. En promedio, las reducciones variaban entre 0 y 96%, dependiendo de una variedad de factores los cuales son:

a).- El rango del carbón y el contenido de cloro son factores sumamente importantes en la especiación y la captura de mercurio con diferentes tipos de tecnologías de control de la contaminación atmosférica.

En Estados Unidos, los carbones bituminosos suelen tener concentraciones relativamente altas de cloro (Cl), lo cual puede resultar en la oxidación de HgO a Hg²⁺ (principalmente HgCl₂).

El Hg²⁺ se puede adsorber sobre el carbono de cenizas volantes y capturar en precipitadores electrostáticos o filtros de tejido.

Llegándose a registrar capturas totales de mercurio que oscilan entre 20% y más de 90%.

Los niveles más altos de captura se cree que están asociados con un contenido más alto de carbono en las cenizas volantes. Sin embargo, el carbono de las cenizas volantes puede tener consecuencias negativas para su uso como subproducto en el hormigón, así como en el consumo específico de calor de la planta.

b).- Las unidades que queman carbón bituminoso y que están equipadas con depuradores de DGC secos o húmedos también registran niveles altos de captura de mercurio. En comparación, los carbones de bajo rango de Estados Unidos (carbón subbituminoso y lignita) son alcalinos, y tienen un contenido de cloro relativamente bajo y cenizas volantes con bajo contenido de carbono. El mercurio de los escapes de las plantas que queman

carbones de bajo rango suele encontrarse predominantemente en la forma HgO

3.2.1.1 Precipitadores Electroestáticos

Los precipitadores electrostáticos son particularmente eficientes para eliminar todo tipo de partículas con diámetros mayores de $0,01 \mu\text{m}$, incluyendo las que llevan mercurio tras su condensación en los gases de escape.

Las partículas que contienen elementos traza se concentran sobre todo en dos gamas de tamaño:

- 1) en torno a $0,15 \mu\text{m}$ de diámetro.
- 2) entre 2 y $8 \mu\text{m}$ de diámetro.

Se puede encontrar mercurio en partículas de ambas gamas de tamaño.

Los precipitadores electrostáticos pueden tolerar temperaturas de hasta 720 K (Pacyna y Pacyna, 2000).

Figura N° 6
Principio del Precipitador electrostatico



Fuente: Comisión Europea

3.2.1.2 Filtros de tejido

Los filtros de tejidos también se usan en centrales térmicas alimentadas con carbón. La eficiencia de recolección de partículas (que no es lo mismo que la eficiencia de recolección de mercurio) siempre es muy grande e, incluso en el caso de partículas de 0,01 μm de diámetro, excede de 99%.

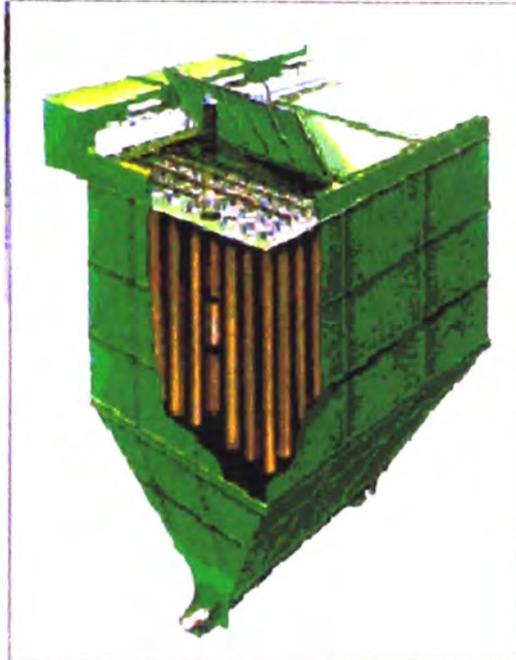
Sin embargo, la durabilidad de los FT depende mucho de la temperatura de trabajo y la resistencia de los filtros al ataque químico de elementos corrosivos presentes en los gases de escape.

La temperatura de los gases de escape a menudo supera la tolerancia del material de los filtros de tejido y, por lo tanto, limita la aplicación de éstos (Pacyna y Pacyna, 2000).

Según comentarios de Estados Unidos, ese país dispone de filtros de tejido capaces de resistir temperaturas que se dan en las calderas alimentadas con carbón.

En las calderas de servicios de electricidad se usan varias otras tecnologías de control y distintas combinaciones.

Figura N° 7
Esquema de filtro de tela



La tabla N° 3 presenta una síntesis de la mayoría de las tecnologías de control usadas más comúnmente en las calderas de los servicios de electricidad de América del Norte (centrales generadoras de electricidad) y su eficacia para reducir las emisiones de mercurio y otros contaminantes, mientras que la tabla 8.5 presenta algunas mediciones más recientes de emisiones de mercurio en Estados Unidos (US EPA, 2002).

El Gobierno de Estados Unidos, el medio académico y la industria están colaborando, con algún apoyo de Canadá, en diversos programas destinados a determinar en qué grado se puede reducir el mercurio de las centrales eléctricas de carbón de manera asequible.

Tabla N ° 3
Tecnologías de Control utilizadas en calderas de servicios de electricidad de América del Norte

Tecnología	Eficiencia para controlar el mercurio	Control de otros contaminantes	Notas sobre disponibilidad y otras cuestiones
Depurador húmedo	Hasta 90 % de eliminación de Hg. oxidado . No se elimina Hg. elemental	Eliminación de 80-90 % de SO ₂	Ya se usa para reducir SO ₂ . La eficiencia para eliminar Hg depende mucho de la mezcla de especies químicas presentes y de otros factores, entre ellos la proporción líquido gas , contenido de cloro y tipo de carbón.
Depurador seco Con precipitador electrostático o filtro de tejido	6-9% según señalado por NEG/ECP , estudios recientes de la EPA indican una eliminación promedio aprox 63 %	Eliminación de 80-90 % del SO ₂	Se usa en solo 1% de las calderas de estados unidos (la mayoría de las unidades aplican depuradores húmedos). La eficiencia de eliminación del Hg. depende de la especiación, temperatura y contenido de cloro.
Precipitador electrostático (PE)	0-82 % (PE situado del lado frío)según señalado por NEG/ECP ; la EPA observo una eficacia de 36 % para el carbón bituminoso y 3 % para el subbituminoso tabla N° 4	Eliminación de MP de > 99%	Ya se usa para eliminar partículas. La temperatura mas baja mejora el rendimiento del PE . LA US EPA observo una eficiencia de eliminación del Hg de 42-83% en calderas de fuelóleo
Filtro de Tejido (Filtro de manga)	0-73 % Según señalado por NEG/ECP, la EPA observo una eficacia de 90% para el carbón bituminoso y 72 % para el subbituminoso ver tabla N° 4	Eliminación de MP de > 99%	Al parecer, solo los filtros que ofrecen eficiencias de recolección >99% reducen cantidades significativas de Hg, pero los datos son limitados. Las temperaturas mas bajas parecen mejorar el rendimiento. Los filtros de manga son mas eficaces que los PE para controlar el Hg.
PE perfeccionados	0-50% en una unidad de prueba	Eliminación de MP de >99%	Los PE mas eficaces actualmente en desarrollo para capturar partículas mas finas pueden eliminar mas Hg . en una unidad de prueba , la eliminación de Hg aumento con temperaturas mas bajas
PE húmedos	Alrededor de 30 % en 2 estudios a escala piloto	Eliminación media de MP de 56 % en estudios piloto	Se están estudiando PE húmedos para pulir emisiones residuales de otros dispositivos de control. Pueden aumentar la eliminación de mercurio. La temperatura mas baja mejora el control del Hg.

Combinación de filtros de manga y PE	34-87% en 2 instalaciones piloto	Eliminación de MP de >99%	La combinación de tecnologías que se emplean para lograr emisiones muy bajas de MP puede aumentar la eliminación de Hg y otros tóxicos si se usa conjuntamente con carbón activado en polvo
--------------------------------------	----------------------------------	---------------------------	---

Tabla N° 4
Medidas Recientes Obtenidas con tecnologías de control de mercurio en Estados Unidos (US EPA, 2002)

Estrategia de control post-combustión	Configuración del dispositivo de control de emisiones post-combustión	Captura promedio de mercurio según la configuración de control		
		Carbón utilizado en la caldera de carbón pulverizado		
		Bituminoso	Subbituminoso	Lignita
Control de MP exclusivamente	PE-LF	36%	3%	-4%
	PE-LC	9%	6%	No ensayado
	FT	90%	72%	No ensayado
	DP	No ensayado	9%	No ensayado
Control de MP y adsorbedor de secador por automatización	ASA + PE	No ensayado	35%	No ensayado
	ASA+FT	98%	24%	0%
	ASA+FT+RCS	98%	No ensayado	No ensayado
Sistema de DGC húmedo y de control de MP (a)	DP+DGC	12%	-8%	33%
	PE-LF+DGC	74%	29%	44%
	PE-LC+DGC	50%	29%	No ensayado
	FT+DGC	98%	No ensayado	No ensayado

(a) Captura estimada por ambos dispositivos de control

PE-LF precipitador electroestático del lado frío
FT Filtro de tejido

RCS Reduccion catalítica selectiva
PE-LC Precipitador electrostático del lado caliente
DP Depurador de partículas
DGC Desulfuración de gases de

3.2.2 Eliminación del mercurio de gases de escape generados en instalaciones que no sean calderas de centrales eléctricas e Incineradores

El procesado de materias primas secundarias, como hierro y acero, también puede ser una fuente importante de emisiones de mercurio y a menudo requiere tecnologías de control de emisiones.

En este caso, el mercurio puede provenir tanto de impurezas naturales como de usos intencionales en productos/componentes (interruptores, activadores de bolsas de aire, etc.) que van a parar a depósitos de chatarra de hierro y acero.

Se han elaborado diversas técnicas para eliminar el mercurio de los gases de escape generados por industrias distintas de la producción de electricidad y calor, y durante la incineración de desechos, en particular industrias metalúrgicas.

Se ha estado utilizando un filtro de selenio en plantas tanto de acero como de metales no ferrosos. En esos procesos en seco, se ha logrado eliminar 90% del mercurio, reduciendo su concentración a menos de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Asimismo, a menudo se usa un filtro de carbón que tiene una eficiencia de eliminación de mercurio similar a la lograda con el filtro de selenio (Pacyna y Pacyna, 2000).

El proceso de sulfuro de plomo es otra técnica en seco que se usa para eliminar mercurio de gases de chimenea generados en fundiciones de metales no ferrosos. Los gases que contienen mercurio volátil pasan a través de una torre llena de bolas recubiertas de sulfuro de plomo.

Un estudio realizado en una fundición japonesa de Naoshima informa que la concentración de mercurio se redujo de los 1000–5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ presentes en la alimentación de la torre de absorción a 10-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la salida (Pacyna y Pacyna, 2000).

Los dos principales procesos en medio húmedo que se usan para eliminar mercurio de los gases de chimenea son el depurador de selenio y el llamado procedimiento de Odda con cloruro. El método del depurador es bastante similar a la técnica del filtro de selenio. Se puede lograr una reducción de mercurio de 90 a 95% (Pacyna y Pacyna, 2000).

En el método Odda de cloruro, los vapores de mercurio se oxidan para formar cloruro mercúrico, que precipita. Se recupera el mercurio y se regenera cloruro mercúrico. La concentración de mercurio de los gases tratados es de 50-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pacyna y Pacyna, 2000).

La eficacia de estas técnicas se resume en la tabla 5 y en la tabla 6 se examinan otras tecnologías comunes.

Tabla N ° 5

Eficiencia de Técnicas de Eliminación del mercurio de gases de chimenea

Técnica de Control	Eficiencia Típica de Eliminación de Hg.	Contenido de Hg medido Corriente abajo (ug/m³)
Filtro de Selenio	> 90%	< 10
Depurador de Selenio	90-95 %	200
Filtro de Carbón	90-95 %	10
Método Odda de cloruro	n.a	50-100
Proceso de Sulfuro de Plomo	90-99 %	10-50

Tabla N ° 6

Eficiencia de las tecnológicas de control del mercurio en otras industrias

Fuente de emisión y tecnologías de control	Combinación de controles , porcentaje de reducción de emisiones de mercurio, concentración final de mercurio en el efluente , etc
<p>Industria del hierro y el acero</p> <p>a).- Proceso de arco eléctrico (AE) utilizado para acero aleado especial y chatarra</p> <p>b).- Proceso de oxígeno básico BOP</p> <p>c).- Proceso de hogar abierto (HA)</p> <p>d).- Filtro de Selenio en medio seco</p> <p>e).-Proceso de filtro de carbón</p> <p>f).- Depurador de Selenio en medio húmedo</p> <p>g).- Proceso Odda de cloruro en medio húmedo</p>	<p>(a).- Emite 10 veces mas elementos traza que (b) o (C).</p> <p>(d) Logra reducir hasta un 90 % de las emisiones de mercurio , para llegar a menos de 10 ug/m³</p> <p>(e) Logra reducir hasta un 90 % de las emisiones de mercurio , para llegar a menos de 10 ug/m³</p> <p>(f) logra reducir 90-95% de las emisiones de mercurio.</p> <p>(g) Puede reducir las emisiones de mercurio a 50 -100 ug/m³</p>
<p>Procesos de fundición de metales no ferrosos</p> <p>a).- Filtro de Selenio en medio seco</p> <p>b).- Proceso de filtro de carbón</p> <p>c).- Proceso de sulfuro de plomo en medio seco</p> <p>d).- Depurador de selenio en medio húmedo</p> <p>e).- Proceso Odda de cloruro en medio húmedo</p>	<p>(a) Logra reducir hasta un 90 % de las emisiones de mercurio , para llegar a menos de 10 ug/m³</p> <p>(b) Logra reducir hasta un 90 % las emisiones de mercurio para llegar a menos de 10 ug/m³</p> <p>(c) Puede reducir las concentraciones de mercurio de 1000-5000 ug/m³ antes de entrar a la torre de absorción a 10 -50 ug/m³ de las emisiones a la salida</p>

3.2.3 Reducción de las liberaciones de mercurio provenientes de Instalaciones de cloro-álcali

En las plantas de cloro-álcali de celdas de mercurio, este metal se utiliza como cátodo líquido

La mayor parte de las liberaciones de mercurio de este proceso se desprenden con el gas hidrógeno.

Las liberaciones de mercurio de las operaciones de cloro-álcali se pueden eliminar completamente sólo si la planta se convierte a tecnologías que no utilicen mercurio, como el proceso de células de membrana.

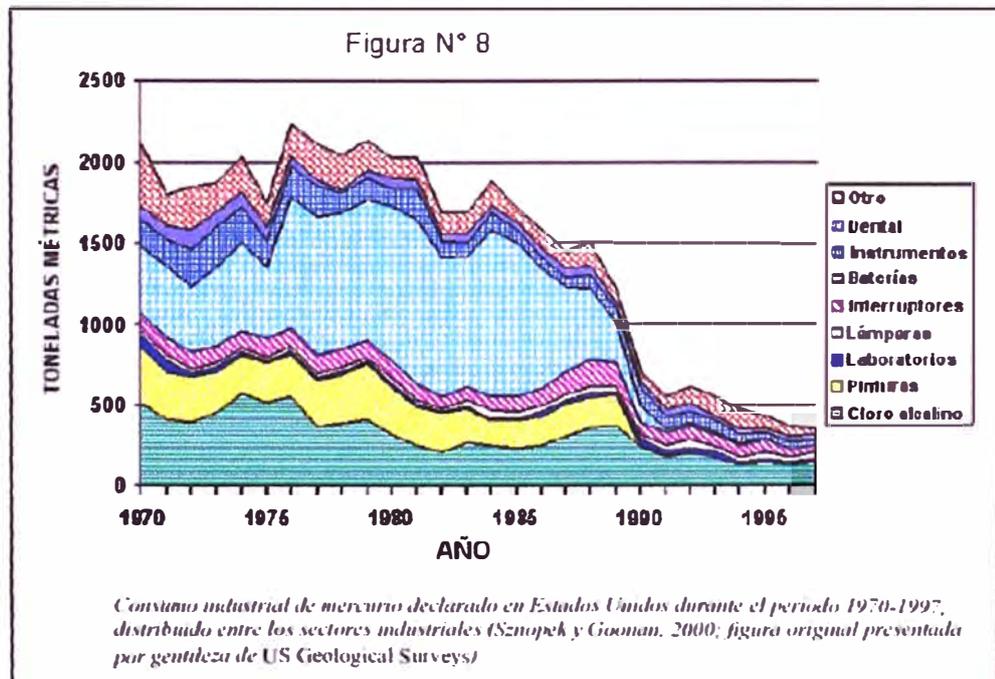
El hecho de que el método de células de membrana sea más eficaz en el uso de la energía (Fauh, 1991) es una de las varias consideraciones estratégicas y económicas que se deben tener en cuenta cuando una compañía decide desmantelar una instalación de cloro-álcali a base de mercurio y reemplazarla por tecnología de membrana.

3.2.4 Alternativas de Remoción

Otra alternativa para la limpieza de suelos contaminados por metales pesados es la fito-remediación, el uso de plantas que absorban y acumulen esos contaminantes hasta un cierto límite.

Un problema sería qué hacer con las plantas una vez han acumulado el metal. Y es que el metal pesado que la planta ha acumulado, no es tóxico para la propia planta pero sí lo sería para cualquier organismo vivo que se alimentara de ella.

En caso que los suelos agrícolas estén contaminados. En este sentido, la fito-remediación se plantea como una solución más o menos asequible para retener y controlar esos metales



CAPITULO IV
PRINCIPALES YACIMIENTOS DE MERCURIO

PRINCIPALES YACIMIENTOS DE MERCURIO

4.1 Yacimientos

Entre los principales yacimientos de mercurio podemos mencionar ,a los yacimientos de Huancavelica que tuvo gran importancia durante la colonia y los yacimientos de Almadén en España, que perdura hasta nuestros días.

4.1.1 Huancavelica

La región minera de Huancavelica adquirió fama internacional durante la época colonial por ser la principal fuente de mercurio, pero en realidad, Huancavelica es un distrito esencialmente productor de plomo – zinc - mercurio.

La columna estratigráfica que se presenta en esta región, comprende rocas desde la formación Pucará del Jurásico hasta los volcánicos cenozoicos, incluyendo calizas, areniscas, brechas y flujos volcánicos. Las rocas sedimentarias están fuertemente plegadas y complejamente falladas.

El rasgo estructural dominante es el anticlinal de Huancavelica. Un sinclinal subsidiario en la vecindad del plano axial está bordeado por fallas inversas de alto ángulo.

Los sedimentos están intruídos por stocks y diques de dacita, y por cuellos volcánicos, rellenos con material piroclástico. Yates, Kent y Fernández Concha reportan brechas cementadas por tufos riolíticos o dacíticos. La alteración está caracterizada por el cambio normal de los minerales ferromagnesianos y feldespatos, por la piritización y silificación.

Los minerales de mena llenan las fracturas y las zonas porosas de la arenisca, caliza y rocas ígneas; muchos de ellos están asociados con las fallas.

Los minerales reportados en estos depósitos, incluyen: mercurio nativo, cinabrio, cuarzo, metacinabrio, pirita, galena, escalerita, calcita, rejalgar, barita, oropimente, arsenopirita, estibina, hidrocarburos.

La mayor proporción de mercurio está como cinabrio; el mercurio nativo es abundante sólo localmente, y el metacinabrio es muy raro. Los minerales que están estrechamente asociados con el mercurio son: pirita, arsenopirita, rejalgar, oropimente, estibina, cuarzo, calcita, barita e hidrocarburos. El cinabrio reemplaza en parte al cemento silíceo y aún a los granos de cuarzo de una arenisca. La arsenopirita se encuentra en los niveles más bajos de la mina Santa Bárbara, en mayor abundancia que el cinabrio. Rejalgar y oropimente pueden haber resultado de la alteración

supérgena de la arsenopirita. Se observó en una oportunidad, la asociación del cinabrio estibina-galena-esfalerita, pero generalmente los dos últimos minerales no están estrechamente asociados con la mineralización del mercurio. La barita parece estar más estrechamente relacionada con la galena que con el cinabrio (3)

4.1.2 Yacimientos de mercurio de Almadén (4)

Los yacimientos de mercurio de Almadén son un caso único a nivel mundial debido a diversos factores:

- ◆ La gran concentración puntual de un elemento escaso como es el mercurio.
- ◆ Las diversas variedades de tipologías desde mineralizaciones típicamente estrato ligadas encajadas en rocas cuarcíticas, hasta mineralizaciones claramente discordantes, epigenéticas
- ◆ El carácter monoelemental de todos los tipos de mineralizaciones, independientemente de su tipología: en todos los casos el mercurio es el único metal que aparece concentrado, sin que existan elementos asociados, ni siquiera de entre los más afines desde el punto de vista geoquímica (As, Sb, Au, Ag...)
- ◆ Su relación espacial, y más que probablemente genética, con un volcanismo alcalino intraplaca, relación ésta entre sulfuros estratoligados y volcanismo alcalino que no es común en otros casos.

- ◆ Las mineralizaciones existentes son sin duda las estratoligadas encajadas en la denominada Cuarcita de Criadero, de edad Silúrico basal que se han explotado en las minas de Almadén
- ◆ la mineralización de cinabrio esta siempre en contacto con la denominada "roca frailesca", toba de lapilli de naturaleza basáltica, sistemáticamente muy alterada.
- ◆ Los contenidos en mercurio decrecen al alejarnos del contacto con esta roca frailesca evidenciando así su relación genética con esta roca peculiar.

4.2 OBTENCIÓN DEL MERCURIO Y CALCULOS TERMODINAMICOS

Para obtener el mercurio se realiza el proceso de tostación oxidante de la mena de cinabrio la reacción empieza a 250°C. La velocidad de la reacción es lenta a temperaturas menores de 357°C (punto de ebullición).

Reacción de Tostación Oxidante:

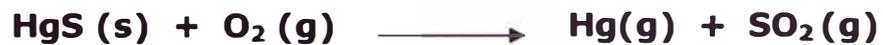


Este proceso se lleva a cabo por el quemado del cinabrio (fuego directo) o calentamiento (fuego indirecto), dentro de un rango de temperatura y exigencias suficientes.

Los gases provenientes de la tostación son enfriados en un sistema de condensación donde se obtiene el mercurio en su estado líquido.

4.2.1 Cálculos Termodinámicos

Reacción de Oxidación



Las capacidades caloríficas de estos elementos a presión constante son los sgtes:

$$C_p(\text{HgS}) = 10 + 3.65 * 10^{-3} * T \text{ cal/ } ^\circ\text{C-mol}$$

$$C_p(\text{O}_2) = 7.16 + 1 * 10^{-3} * T - 0.4 * 10^5 * T^{-2} \text{ cal/ } ^\circ\text{C-mol}$$

$$C_p(\text{Hg}) = 6.61 \text{ cal/ } ^\circ\text{C-mol}$$

$$C_p(\text{SO}_2) = 10.38 + 2.54 * 10^{-3} * T - 1.42 * 10^5 * T^{-2} \text{ cal/ } ^\circ\text{C-mol}$$

Los valores de entalpía a $T = 298^\circ \text{ K}$ será:

$$H^\circ(\text{Hgs}) = -13.90 \text{ Kcal/mol}$$

$$H^\circ(\text{O}_2) = 0 \text{ Kcal/mol}$$

$$H^\circ(\text{Hg}) = 0 \text{ Kcal/mol}$$

$$H^\circ(\text{SO}_2) = -70.95 \text{ Kcal/mol}$$

La entalpía de la reacción a 298° K será:

$$\Delta H^\circ_{298} = (H^\circ_{\text{Hg}} + H^\circ_{\text{SO}_2}) - (H^\circ_{\text{HgS}} + H^\circ_{\text{O}_2})$$

$$\Delta H^\circ_{298} = (0 - 70.95) - (-13.30 + 0)$$

$$\Delta H^{\circ}_{298} = -57.05 \text{ Kcal/mol}$$

La capacidad calorífica de la reacción será:

$$C_p(\text{Rxn}) = (C_{p\text{Hg}} + C_{p\text{SO}_2}) - (C_{p\text{HgS}} + C_{p\text{O}_2})$$

$$C_p(\text{Rxn}) = (6.61 + 10.38 + 2.54 \cdot 10^{-3} \cdot T - 1.42 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}) - (10 + 3.65 \cdot 10^{-3} \cdot T + 7.16 + 1 \cdot 10^{-3} \cdot T - 0.4 \cdot 10^5 \cdot T^2)$$

$$C_p(\text{Rxn}) = -0.17 - 2.11 \cdot 10^{-3} \cdot T - 1.02 \cdot 10^5 \cdot T^2 \text{ cal/}^{\circ}\text{C-mol}$$

a) **Entalpía :**

$$\Delta H = \int C_{p\text{Rxn}} dT + \Delta H^{\circ}$$

$$\Delta H = \int (-0.17 - 2.11 \cdot 10^{-3} \cdot T - 1.02 \cdot 10^5 \cdot T^2) dT + \Delta H^{\circ}$$

$$\Delta H_{\text{Rxn}} = \int_{298}^T (-0.17 - 2.11 \cdot 10^{-3} \cdot T - 1.02 \cdot 10^5 \cdot T^2) dT + \Delta H^{\circ}_{298}$$

$$\Delta H_{\text{Rxn}} = -0.17T - 1.06 \cdot 10^{-3} T^2 + 1.02 \cdot 10^5 T^{-1} - 57050.0 \text{ cal/}^{\circ}\text{C-mol}$$

b) **Entropía :**

Los valores de entropía a 298 °K son:

$$S^{\circ}(\text{SO}_2) = 59.25 \text{ cal / mol }^{\circ}\text{C}$$

$$S^{\circ}(\text{HgS}) = 19.50 \text{ cal / mol }^{\circ}\text{C}$$

$$S^{\circ}(\text{O}_2) = 49.02 \text{ cal / mol }^{\circ}\text{C}$$

$$S^{\circ}(\text{Hg}) = 18.20 \text{ cal / mol }^{\circ}\text{C}$$

La Entropía de la Reacción a 298 °K será:

$$\Delta S^{\circ} = (S^{\circ}_{\text{Hg}} + S^{\circ}_{\text{SO}_2}) - (S^{\circ}_{\text{HgS}} + S^{\circ}_{\text{O}_2})$$

$$\Delta S^{\circ} = (18.20 + 59.25) - (19.50 + 49.02)$$

$$\Delta S^\circ = 8.93 \text{ cal / mol } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta S_{Rxn} = \int_{298}^T \frac{C_p}{T} dT + \Delta S_{298}$$

$$\Delta S_{Rxn} = \int_{298}^T \frac{-0.17 - 2.11 \cdot 10^{-3} \cdot T - 1.02 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}}{T} dT + \Delta S_{298}$$

$$\Delta S_{Rxn} = -0.17 \cdot \ln T - 2.11 \cdot 10^{-3} \cdot T + (0.51 \cdot 10^5) / T^2 + 8.93 \text{ cal / mol } ^\circ\text{C}$$

c) Energía Libre

Hallando la Energía Libre:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Reemplazando datos

$$\Delta G_{Rxn} = -0.17T - 1.06 \cdot 10^{-3} T^2 + 1.02 \cdot 10^5 \cdot T^{-1} - 57050.0 -$$

$$T(-0.17 \cdot \ln T - 2.11 \cdot 10^{-3} \cdot T + (0.51 \cdot 10^5) / T^2 + 8.93)$$

$$\Delta G_{Rxn} = -9.1T + 1.05 \cdot 10^{-3} T^2 + 0.51 \cdot 10^5 \cdot T^{-1} - 57050.0 + 0.17 \cdot T \cdot \ln T \text{ cal / mol } ^\circ\text{C}$$

4.2.2 Proceso de desmercurización o Tostación Reductora

Al recuperar los concentrados de PbS, ZnS los contenidos de mercurio son un problema para las compañías porque reciben castigos los concentrados al momento de realizar la venta por lo que requieren pasar por un proceso de desmercurización o tostación reductora que no requiere la adición de aire, solo la atmósfera del horno debe ser controlada (P=1mmH₂O)

Las reacciones de desmercurizantes son:



La última reacción se conoce como reacción de sublimación

4.2.2.1 Cálculos Termodinámicos

Reacción de Sublimación

a) calor necesario para llegar al punto de coexistencia:



El valor de la capacidad calorífica del mercurio es:

$$C_p = 6.61 \text{ Cal /mol } ^\circ\text{C} \quad (298 - 623 \text{ } ^\circ\text{K})$$

$$\Delta H_{298}^\circ = 0 \text{ cal/mol}$$

$$\Delta H_{298} = \int_0^{298} 6.61 dT + \Delta H_0$$

$$\Delta H_1 = 6.61 * T + \Delta H_0$$

$$\Delta H_1 = 6.61 * T = 1969.80$$

b) Calor Especifico para volatilizar el Hg :

$$L_v = 550 \text{ cal/mol}$$

c).- Calor para vaporizar:

$$\Delta H_2 = \int_{630}^T 4.97 dT + \Delta H_0$$

$$\Delta H_2 = 4.97 * T + \Delta H_0$$

El calor de la capacidad calorífica es:

$$C_p = 4.97 \text{ cal/mol } ^\circ\text{C} \quad (630 - 3000 \text{ } ^\circ\text{K})$$

$$\Delta H_0 = 18600$$

Luego la ecuación será:

$$\Delta H_2 = 4.97 * T + 15\ 468.3$$

La entalpia total sera:

$$\Delta H_T = \Delta H_1 + L_v + \Delta H_2$$

$$\Delta H_T = 11.58 * T + 14\ 049.1$$

Entropía

a).- Calor por unidad de tiempo

$$\Delta S_1 = \int_{298}^T \frac{6.61}{T} dT + \Delta S_0$$

$$\Delta S^\circ(\text{Hg}) = 18.2 \text{ cal/mol } ^\circ\text{C} \quad (298^\circ\text{K})$$

La ecuación general será

$$\Delta S_1 = 6.61 \ln T - 19.5$$

b).- Entropía Especifica Reversible

$$S = \frac{Q_{rev}}{T}$$

C).- Entropía de Sublimación :

$$\Delta S_2 = \int \frac{4.97}{T} dT + \Delta S_0$$

$$\Delta S^\circ(\text{Hg}) = 30 \quad \text{a } 630^\circ\text{K}$$

$$\Delta S_2 = 4.97 \cdot \ln T - 2.04$$

La entropía Total es:

$$\Delta S_T = \Delta S_1 + S_e + \Delta S_2 = 11.58 \cdot \ln T - 21.5 + 550/T$$

La Energía Libre Total

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = 11.58 \cdot T + 14\,049.1 - T(11.58 \cdot \ln T - 21.5 + 550/T)$$

$$\Delta G = 13499.1 - T \cdot \ln T + 21.5 \cdot T$$

➤ **Tabla de Cálculos**

a) Reacción de Oxidación



$$\Delta H^\circ_{298} = -57050 \text{ cal/mol}$$

$$\Delta H_{\text{Rxn}} = -0.17T - 1.06 \cdot 10^{-3} T^2 + 1.02 \cdot 10^5 T^{-1} - 57050.0 \text{ cal/ }^\circ\text{C-mol}$$

$$\Delta S_{\text{Rxn}} = -0.17 \cdot \ln T - 2.11 \cdot 10^{-3} T + (0.51 \cdot 10^5) / T^2 + 8.93 \text{ cal/ }^\circ\text{C-mol}$$

$$\Delta G_{\text{Rxn}} = -9.1T + 1.05 \cdot 10^{-3} T^2 + 0.51 \cdot 10^5 T^{-1} - 57050.0 + 0.17 \cdot T \cdot \ln T \text{ cal/ }^\circ\text{C-mol}$$

Tabla N° 7

T (°C)	T (°K)	ΔG_{Rxn} (Kcal/mol)	ΔS_{Rxn} (Cal/mol·°C)	ΔH_{Rxn} (Kcal/mol)
25	298	-59.21	7.91	56.75
30	303	-59.25	7.87	56.76
90	363	-59.71	7.55	56.85
100	373	-59.79	7.5	56.86
250	523	-60.87	6.95	57.06
312	585	-61.29	6.76	57.14
357	630	-61.59	6.63	57.2
420	693	-62.01	6.46	57.29
550	823	-62.83	6.13	57.5
600	873	-63.13	6	57.59
700	973	-63.72	5.76	57.78
800	1073	-64.28	5.52	57.99

b) Reacción de Sublimación

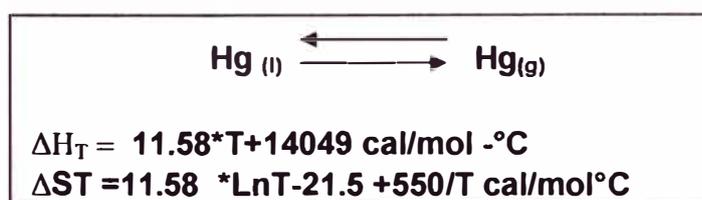
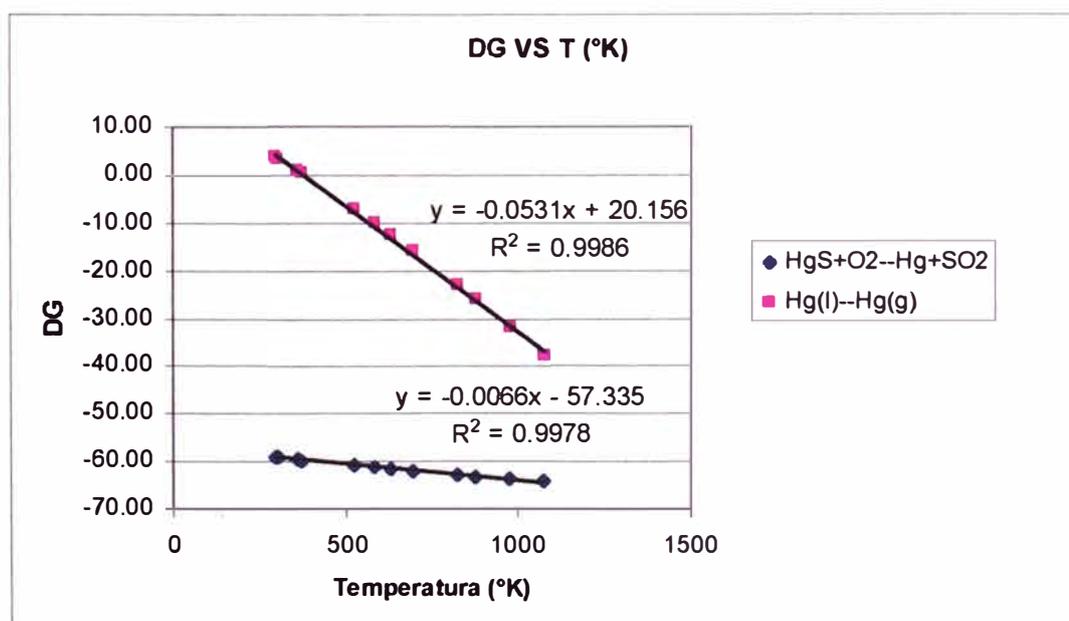


Tabla N° 8

T (°C)	T (°K)	ΔG_{Rxn} (Kcal/mol)	ΔS_{Rxn} (Cal/mol-°C)	ΔH_{Rxn} (Kcal/mol)
25	298	3.7	46.32	17.5
30	303	3.47	46.48	17.56
90	363	0.73	48.27	18.25
100	373	0.26	48.55	18.37
250	523	-7.11	52.04	20.11
312	585	-10.31	53.22	20.82
357	630	-12.68	54.01	21.34
420	693	-16.07	55.04	22.07
550	823	-23.25	56.9	23.58
600	873	-26.08	57.55	24.16
700	973	-31.84	58.74	25.32
800	1073	-37.71	59.82	26.47

Figura N° 9



4.2.2.2 Análisis de los Resultados

➤ **Del Grafico ΔG Vs T (°K)**

1. La reacción de cinabrio es la primera en ocurrir comparado con la reacción de sublimación del mercurio
2. Con respecto a los gases formados durante las reacciones de oxidación el SO_2 se formara durante todo el proceso de desmercurizacion .

➤ **De las Reacciones**

1. La sublimación del mercurio es una reacción endotérmica y la oxidación del mercurio es una reacción exotérmica.
2. Los valores de entropía son mayores para la reacción de sublimación.

CAPITULO V
DISEÑOS Y USOS DE LA RETORTA

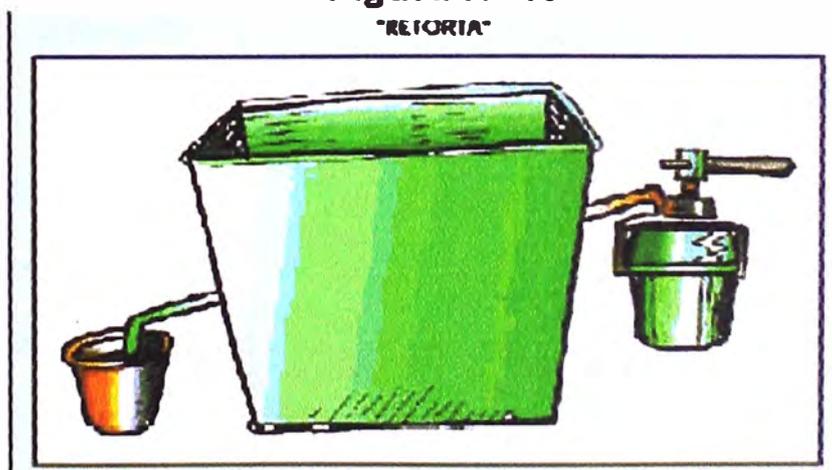
DISEÑOS Y USOS DE LA RETORTA

5 Qué es una retorta (9)

Una retorta es un aparato bien sencillo que se utiliza para separar el oro, del mercurio que conforman la amalgama, y que evita que los vapores del mercurio se expandan al ambiente y a las personas involucradas dicho proceso.

Consiste básicamente de un crisol cerrado herméticamente, donde se coloca la amalgama y al cual se le aplica una fuente calorífica; un tubo de destilación que atraviesa una tina de refrigeración y un recipiente para el mercurio condensado. (Ver gráfico N° 10)

Figura N° 10
"RETORTA"



5.1 Construcción de La Retorta

5.1.1 Materiales

1. Un trozo de eje de acero, de 3 pulgadas , para el crisol
2. Un trozo de eje de acero ,de 3 pulgadas , para tornearse la tapa del crisol
3. Plancha de calamina para formar la caja de agua o refrigerador
4. Tubo de acero inoxidable $\frac{3}{4}$ " con 25 cm de largo.

5.1.2 Equipos

- a. Torno, perforadora y dobladora de tubos.
- b. Equipos de soldadura eléctrica para soldar las piezas

Precauciones

El torneado y soldado de las piezas debe hacerse con precisión a fin de que el vapor de mercurio al calentarse la amalgama en la retorta no escape al aire y pase este vapor por el tubo de acero inoxidable del sistema de refrigeración.

5.1.3 Partes de la Retorta

1. Crisol de acero ó fierro, con cierre hermético
2. Fuente de calor
3. Tubo de destilación
4. Tina de refrigeración
5. Recipiente para el mercurio condensado

5.2 Criterios para el diseño de la retorta:

- ❖ El refrigerador es un recipiente abierto con suficiente volumen de agua para enfriar los gases durante el proceso de la quema
- ❖ Como mecanismo de cierre de la retorta se utiliza una cuña, la cual puede ser apretada o suelta con un martillo.
- ❖ El material del tubo de condensación del refrigerador es de acero inoxidable, el cual garantiza una buena calidad del mercurio recuperado, porque el mercurio sucio no es apto para ser reutilizado en la amalgamación.
- ❖ El recipiente del refrigerador es hecho de lata galvanizada, lo que impide su rápido deterioro.
- ❖ El crisol y la tapa son torneados de acero. Esto permite, que la pared sea más delgada, que la pared de crisoles fundidos. En consecuencia el tiempo requerido para la quema se reduce significativamente. Opcionalmente para incrementar la vida útil de la retorta, el crisol y la tapa pueden también ser fabricados de acero inoxidable.
- ❖ La unión entre el crisol y la tapa debe ser elaborada con precisión. Esto es clave para un cierre hermético.

5.2.1 Dimensiones de la Retorta

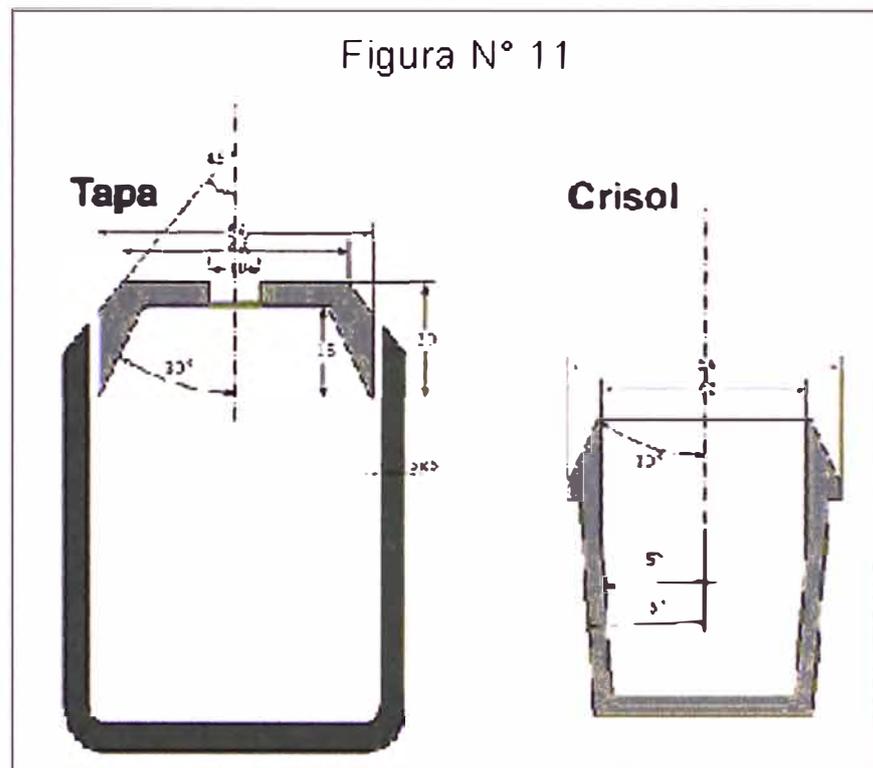
Las retortas son elaboradas de diferentes tamaños, según la cantidad de amalgama que se quema habitualmente. Se recomienda los siguientes diámetros del crisol:

Tabla N° 9

Pequeño	6.5 cm. diámetro	Hasta 300 g de Amalgama
Mediano	7.5 cm. diámetro	para 1500-2000 g de Amalgama
Grande	10.2 cm. diámetro	Para un máx. de 10 Kg de amalgama

Si se utiliza una retorta demasiado grande para una pequeña cantidad de amalgama, habrá un escape de gas de mercurio al abrir la retorta .

Es aconsejable mejor quemar mas de una vez en una retorta pequeña que refogar poca amalgama en una retorta grande y perder el mercurio en forma de gas sin poder recuperarlo.



5.2.2 Refrigerador

El refrigerador es hecho de lata galvanizada, y tiene en el caso de la retorta pequeña las medidas: alto 28 cm, largo 28 cm y ancho 10 cm.

De esta forma su volumen es de 7 litros de agua, lo cual es suficiente para enfriar unos 150 gramos de mercurio sin mayor calentamiento.

La distancia entre el crisol y el refrigerador debe ser alrededor de 5 cm.

El tubo de refrigeración entra al refrigerador a una distancia de 2 cm de su borde superior.

5.3 Modificaciones

Todas las posibles modificaciones son perfectamente compatibles con el diseño, siempre y cuando el taller puede garantizar el cierre hermético de la retorta a largo plazo.

Se recomienda verificar el cierre hermético a largo plazo con un ejemplar de retorta a través de un ensayo de 50 ciclos de calentamiento-enfriamiento, porque el crisol y la tapa pueden sufrir deformaciones con el calor.

5.3.1 Como probar la calidad de una Retorta:

- ❖ El tubo de enfriamiento del gas de mercurio debe ser de Acero Inoxidable, lo que asegura, que el azogue recuperado no se ensucia. Esto se puede comprobar con un Imán. Un Imán no se pega al tubo de acero inoxidable.

- ❖ La retorta debe cerrarse herméticamente. Esto se puede comprobar soplando con la boca por la salida del tubo. Si no escapa aire por la tapa, la retorta esta bien.

5.4 Descripción del Proceso de Quema

La "quema" de amalgama tiene como objetivo la separación del oro y del mercurio sin contaminar el medio ambiente y complementariamente el uso de los reactivadores de mercurio.

5.4.1 Recomendaciones

- Antes del quemado , lavar bien la amalgama con detergente o jugo de limón
- Un segundo lavado con HCl diluido para mejorar los resultados
- Envolver la amalgama con papel periódico para que el oro no se pegue a la retorta.

5.4.2 Pasos para utilizar la retorta

- a) Realizar bien la limpieza del crisol para evitar contaminar la amalgama
- b) Colocar la amalgama envuelta en papel periódico en el crisol presionándola hacia el fondo para que tenga mejor contacto con el calor.
- c) Cerrar herméticamente el crisol, usando la cuña o el tornillo para evitar fugas de vapor de mercurio.
- d) Llenar de agua fría la caja del "refrigerador" para que se condensen los gases del mercurio en el tubo.

- e) Colocar un recipiente, con agua a la salida del tubo, donde caerán las gotas de mercurio líquido.
- f) El quemado de la amalgama con el soplete debe hacerse al aire libre, para evitar accidentes.
- g) Cuando el crisol se pone al rojo, por el calor del soplete, a los pocos minutos comienza a salir el mercurio de la retorta, se enfría en el tubo y caen las primeras gotas en el depósito con agua.
- h) Cuando ya no sale más mercurio, hay que mantener el fuego del soplete unos 5 ó 10 minutos más, para asegurarse de que todo el gas ha salido por lo que ya se puede retirar el depósito del agua con el mercurio recuperado .
- i) Cuando la retorta se ha enfriado, se abre la tapa y se golpea suavemente el tubo, para que salgan las últimas “perlas” de mercurio.
- j) La “esponja” de oro queda en el fondo del crisol. Si el oro presenta aspectos sucio se puede lavar con ácido nítrico diluido y luego agua además de darle un ligero quemado adicional en el digestor.

Nota

Cuando se usa por primera vez la retorta, se debe curar el crisol, calentando al rojo vivo con soplete.

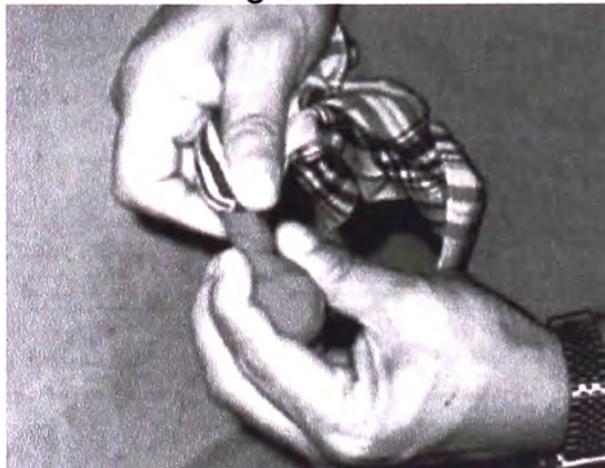
➤ **Procedimiento Antes de Utilizar la retorta (10)**

Figura N° 12



Una vez que se ha amalgamado (azogado) el oro, se debe proceder a lavarlo con la ayuda de los aditamentos que comúnmente usa en el lavado; como son panela, limón, azúcar, otros. Además se debe lavar bien la amalgama para liberarla de partículas de arena fina, restos de hierro y otras suciedades.

Figura N° 13

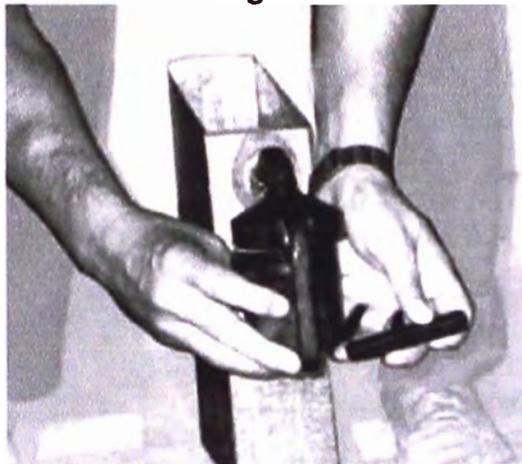


Luego de haberse lavado la amalgama, se exprime fuertemente y proceder a hacer bolitas de amalgama. Las bolitas se hacen dependiendo de la cantidad

total de amalgama; especialmente cuando se va a quemar más de trescientos gramos.

Uso de la Retorta

Figura N° 14



Sacar el crisol de la retorta, retirando para esto la cuña de la parte inferior.

Figura N° 15



Limpiar el interior del crisol de restos de oxido y pequeñas partículas; con ayuda de papel higiénico.

Figura N° 16



Si hay mas de 300 gramos, las bolitas de amalgama deben colocarse de tal forma que entre ellas queden espacios, los cuales al calentar la retorta permiten un escape efectivo de los gases de mercurio o azogue.

Figura N° 17



Luego colocar el crisol en el soporte de la retorta, cerrar herméticamente, colocar en la base del crisol la cuña. La misma que inicialmente se debe ir apretando poco a poco.

Figura N° 18



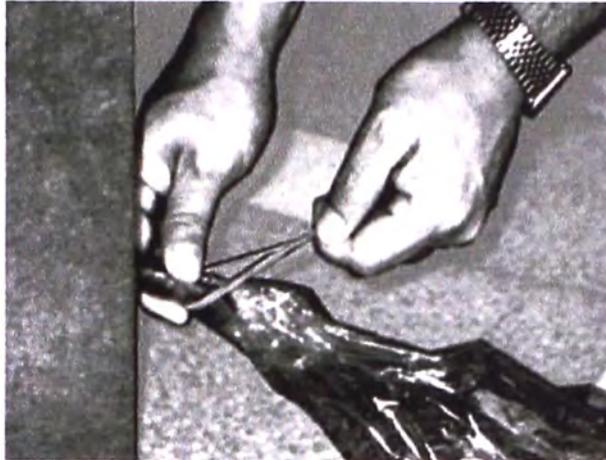
Si el crisol y la cuña está bien colocado, apretar más fuertemente la cuña;

Figura N° 19



Para verificar que la retorta ha quedado herméticamente cerrada, por el otro extremo de la tubería soplar aire con la boca. Si este no escapa por la tapa de la retorta, significa que esta bien cerrado, en caso contrario volver a chequear si el crisol y la cuña están bien colocados.

Figura N° 20



Una vez que ha quedado bien cerrada la retorta (crisol), proceder a colocar una pequeña funda plástica transparente en el otro extremo del tubo. Luego con la ayuda de una liga plástica cerrar lo más herméticamente posible la funda contra el tubo. (No se olvide de desalojar el aire del interior de la funda).

Figura N° 21



Luego que el crisol y la funda plástica está bien colocados, poner la retorta en un lugar firme, y fuera de la casa.

La funda plástica colocar dentro de un recipiente de plástico con agua fría.

Figura N° 22



Seguidamente proceder a llenar el recipiente cuadrado o refrigerador de la retorta con agua fría hasta el tope.
con agua fría hasta el tope.

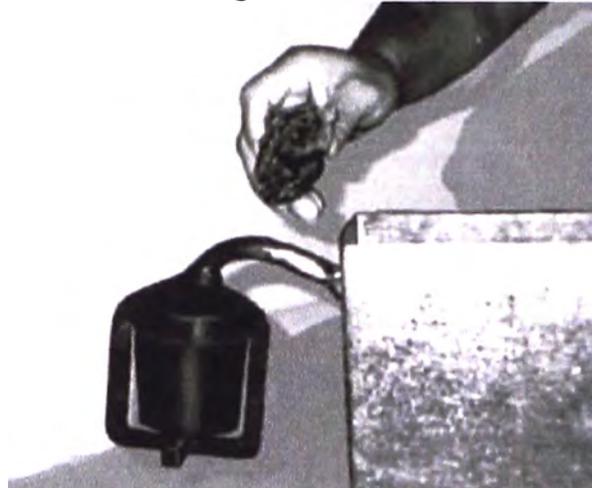
Figura N° 23



Una vez que todo está en regla, prender el soplete y comenzar con fuego lento desde los costados a calentar el crisol, evitando siempre que el fuego del soplete caliente el refrigerador lleno de agua. En pocos minutos se comenzara a observar que el mercurio que se evapora al calentar el crisol, se ha condensado y comienza a acumularse gota a gota en la funda de plástico. Luego poco a poco

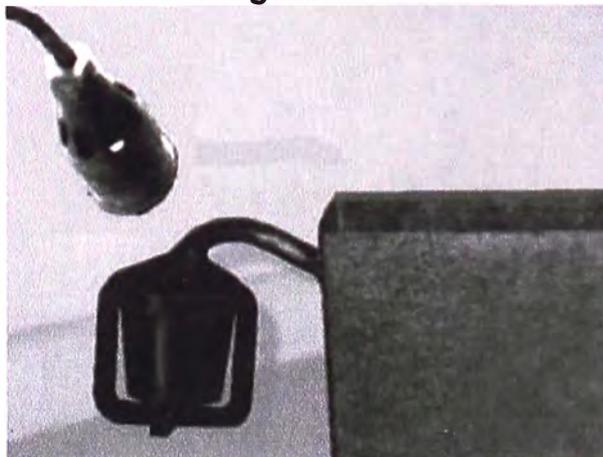
incrementar el fuego, sin que este sea demasiado fuerte. El tiempo de calentamiento puede variar siendo siempre este mayor a los 10 minutos.

Figura N° 24



Cuando ya no cae mercurio en la funda plástica, significa que el oro está casi listo, o sea quemado y sin azogue. Sin embargo se recomienda golpear el tubo levemente con un pedazo de hierro para que el último poco de mercurio que se ha evaporado caiga en la funda.

Figura N° 25



Antes de finalizar el proceso se recomienda calentar la tapa de la retorta y la tubería sobre la tapa, todo esto con la finalidad de eliminar las últimas trazas de azogue (mercurio) que quedan dentro de la retorta.

Figura N° 26



Cuando se observe que no cae mas azogue en la funda plástica, proceder a apagar el soplete y dejar enfriar lentamente la retorta, se puede también rociar gotas de agua sobre el crisol para enfriarlo lentamente.

Figura N° 27



Cuando se haya enfriado el crisol, descargar cuidadosamente el agua del refrigerador en un recipiente

Figura N° 28



Proceder antes de abrir la retorta a golpear la tubería para que caiga el último restante de azogue en la funda.

Figura N° 29



Retirar cuidadosamente la funda de plástico con azogue.

Figura N° 30



Luego destapar el Crisol, retirando la cuña con algunos golpecitos.

Figura N° 31



Retirar el Crisol del soporte de la retorta.

Figura N° 32



Figura N° 33



¡Felicitaciones!

Ha obtenido oro, sin provocar daño a la salud, a la familia, cuidando el medio ambiente.

5.4.3 Problemas con el uso de la Retorta (9)

Un buen equipo para la recuperar el mercurio es la "Retorta". Con este equipo se logra una recuperación de más de 99% del mercurio. Sin embargo existen condiciones en que el uso de la retorta presenta problemas y las posibilidades de difusión de este equipo se ven limitados por las costumbres y creencias de los mineros artesanales.

Las principales razones son las siguientes:

- a. **Deterioro de la calidad del oro por la presencia de coloraciones oscuras o negras:** Esto ocurre principalmente por la presencia de partículas finas de sulfuros que no ha sido eliminado durante la

amalgamación y por la presencia de mercurio formando el sulfuro de mercurio de color negro. Al momento de quemar la amalgama al aire libre, estos sulfuros oxidan formando SO_2 ; sin embargo en un ambiente cerrado sin excedente de oxígeno (como es el caso en el interior de la retorta), el azufre reacciona con plata, formando sulfuro de plata de color pardo en la superficie de la bola de oro. Los compradores de oro frecuentemente utilizan este fenómeno para cotizar menos del precio del oro.

- b. El tiempo de quema se prolonga según la cantidad de amalgama:** las retortas tienen capacidad limitada según su tamaño y muchas veces el minero tiene que realizar la quema por partes. Por la impaciencia que caracteriza al minero, prefiere llevar la amalgama a la casa o quemarlo al aire libre.
- c. La desconfianza del minero cuando tiene que encerrar la amalgama dentro del crisol:** los mineros artesanales, que alquilan plantas de molienda, y que no disponen de herramientas propias, tienen un temor de "encerrar" su oro en un aparato del dueño del molino. Creen que su oro se pierde en algún lugar del equipo para beneficio del propietario.

5.4.4 Soluciones en caso:

➤ **Si el oro presenta coloraciones oscuras:**

- a. Lavar bien la amalgama antes de quemarla.
- b. Limpiar las coloraciones oscuras en la superficie de la bola de oro con ácido nítrico.
- c. Preparar en el interior del crisol un lecho de ceniza de huesos (que se utiliza para la preparación de copelas) o de copelas molidas, y colocar la bola de amalgama encima de este lecho.

➤ **Si el oro se pega a la retorta:**

- a. Bajar la temperatura durante la quema, evitando que el oro se funda en la superficie.
- b. Envolver la amalgama en papel higiénico antes de colocarla en el crisol (esto tiene la desventaja de luego tener que limpiar la superficie del oro de la ceniza).
- c. Colocar la amalgama en el crisol sobre un lecho de arena (o mejor ceniza de hueso)

5.4.5 Recomendaciones

- a) En una retorta demasiado grande, al quemar una bola de amalgama muy pequeña, se queda gas de mercurio, que puede escaparse al abrir la retorta

- b) En caso de duda sobre el modelo correcto, siempre es aconsejable comprar la retorta más pequeña. ¡Es mejor quemar dos veces, que perder azogue!

CAPITULO VI
REACTIVACION DEL MERCURIO UTILIZADO EN LA RETORTA

REACTIVACION DEL MERCURIO UTILIZADO EN LA RETORTA

La reactivación del mercurio consiste en la limpieza que se le hace para eliminar las grasas, los aceites y los elementos extraños que pueda tener.

Los procesos más comunes son:

- a) Pasando el mercurio por una tela, con el fin de eliminar los elementos extraños sólidos que pueda contener.
- b) Lavando el mercurio con ceniza de madera y agua o con un detergente para disolver las grasas y las sustancias grasosas que pueda contener.
- c) Lavando el mercurio con ácido clorhídrico diluido (ácido muriático) y abundante agua.
- d) Cada vez que se destila el mercurio en la retorta se está obteniendo mercurio químicamente puro.
- e) Existe un procedimiento electroquímico para reactivar el mercurio que consiste lo siguiente: de un recipiente de PVC, que tiene insertados dos carbones que corresponden a los electrodos positivo y negativo, y que se conectan a los respectivos bornes de una batería de 12 voltios.

Este equipo de reactivación, que actúa por electrólisis permite volver a utilizar el mercurio, libre de impurezas y con toda su potencia, después de varios usos.

Figura N° 34
Mercurio Reactivado



6.1 Partes del Reactivador de Mercurio

Las partes del reactivador son:

- Recipiente de PVC u otro material que no sea conductor eléctrico.
- Dos carbones (electrodos) insertados al recipiente, uno al fondo (-) y otro cerca del borde superior del recipiente (+).
- Dos cables eléctricos que unen estos carbones con los respectivos polos de una batería de 12 voltios.

6.2 Uso del reactivador de mercurio

La manera de realizar el uso del reactivador del mercurio es:

- a) El mercurio “sucio” se coloca en el recipiente en contacto con el electrodo negativo. Se le agrega solución de sal común al 10-15%, que debe alcanzar el nivel del electrodo positivo.
- b) Los alambres que salen de los electrodos se colocan a los respectivos bordes de una batería de 12 voltios por espacio de 12 minutos y luego de desconectado se espera unos 10 minutos, para que se produzca la reactivación.
- c) Se produce una “nata” de suciedad.
- d) Se filtra, quedando mercurio reactivado, que permite “atrapar” con más fuerza las partículas de oro. Es un equipo simple que sirve para recuperar las propiedades físico-químicas del mercurio usado, mediante un proceso electrolítico.

Figura N° 35
Reactivador de Mercurio



CAPITULO VII
TECNOLOGÍA DE LA MINERÍA ARTESANAL

TECNOLOGÍA DE LA MINERÍA ARTESANAL

7. Minería y Sistema de Tratamiento (12)

La explotación de oro a nivel artesanal y convencional se desarrolla en la zona costera de los departamentos de Ica, Arequipa, Ayacucho y actualmente en Canta. Este estudio tiene mayor incidencia en la explotación de oro, considerando que se realiza en forma diseminada a lo largo de los departamentos de Ica, Arequipa y Ayacucho; utilizando métodos artesanales (quimbaletes) y convencionales (carbón en pulpa). Actualmente los mineros de estas zonas han emigrado a Lima a la zona de Canta por la fiebre del oro creándose además pequeñas plantas artesanales de molienda y amalgamación con quimbaletes.

7.1 Minería

Una de las características de la minería artesanal es ser amplia en mano de obra y emplear la mínima cantidad de equipos, desarrollando filones o vetas de espesor reducido y alta ley. Las vetas generalmente tienen 1 a 10 cm de ancho y leyes que varían de 1 a 80 Oz/TM de oro. El desarrollo de

las vetas se debe a que el oro se encuentra en rocas estériles o con contenidos muy bajos de oro.

Los mineros extraen selectivamente el filón, obviando la etapa de concentración que normalmente prosigue a la etapa de minado, reduciendo considerablemente el costo de procesamiento.

El método empleado es de circado (minado selectivo) consta de perforación, voladura y extracción de la roca que se encuentra debajo de la veta (en caso de las vetas manteadas) y extracción de la roca del lado adyacente (en caso de las vetas verticales).

La perforación, disparo y extracción de la roca caja de encima de la veta (roca techo) se hace para conservar la accesibilidad y continuar el avance.

La disposición del desmonte se hace en el exterior.

El minero artesanal obtiene un producto con alrededor de 2 gr/lata donde la lata tiene un peso de 30 a 40 Kg de mineral pues prefiere extraer algo de la caja que dejar material valioso en ella. El filón es extraído con un pico, con mucho cuidado y sin explosivos, colocando el mineral sobre una manta.

Se puede afirmar que la minería informal dista de ser una operación simple y rudimentaria, por el contrario, constituye una de las pocas técnicas eficientes para la explotación de este tipo de yacimientos. Esta técnica es susceptible de ser mejorada con asesoría profesional adecuada.

7.2 Sistema De Tratamiento

El tratamiento del mineral empieza con el "pallaqueo", que consiste en seleccionar manualmente el material con mayor ley antes de ser procesado o comercializado, aumentando las ganancias por la calidad del material y la reducción en el costo de transporte y procesamiento.

7.2.1 Quimbalete

El quimbalete es un tipo de mortero de gran tamaño, compuesto por una piedra cincelada a pulso para darle una forma ligeramente ovalada en su base, que permita un movimiento de vaivén con un mínimo esfuerzo. Las dimensiones del mortero son generalmente 70 cm. por 35 cm. de sección y 50 cm de alto, y en la parte superior del mismo se fija un tablón horizontal para sostener al operador.

La base del quimbalete o mesa es una roca plana en su parte superior, que ha sido tallada también a pulso. Utilizando cemento y rocas se construye una pared perimétrica para formar la taza del quimbalete. Un tubo empotrado en la parte inferior de la pared frontal permitirá la descarga controlada de la pulpa al final de la operación.

El costo de construcción de un quimbalete es de aproximadamente 300 dólares, sin incluir el transporte de las piedras al lugar de destino.

7.3 Descripción del proceso Artesanal

Después que el mineral es traído de la mina a las pequeñas plantas artesanales de molienda y amalgamación en sacos de yute se procede a efectuar la molienda ,en los molinos tipo batch, de 200 a 400 Kg. (7 a 15 latas) de capacidad y accionados por motores independientes o acoplados al eje de tracción de tractores agrícolas o motores tipo coaster.

La molienda se hace por lo general en seco, pero no con el propósito de ahorrar agua, sino para facilitar su descarga y manipuleo, y especialmente para evitar que parte del mineral se puede quedar pegado a las paredes y bolas del molino, pues el mismo molino es usado por diferentes mineros el mismo día.

Este mineral molido luego es llevado a los quimbaletes donde es Remolido y amalgamado por una persona.

Figura N° 36

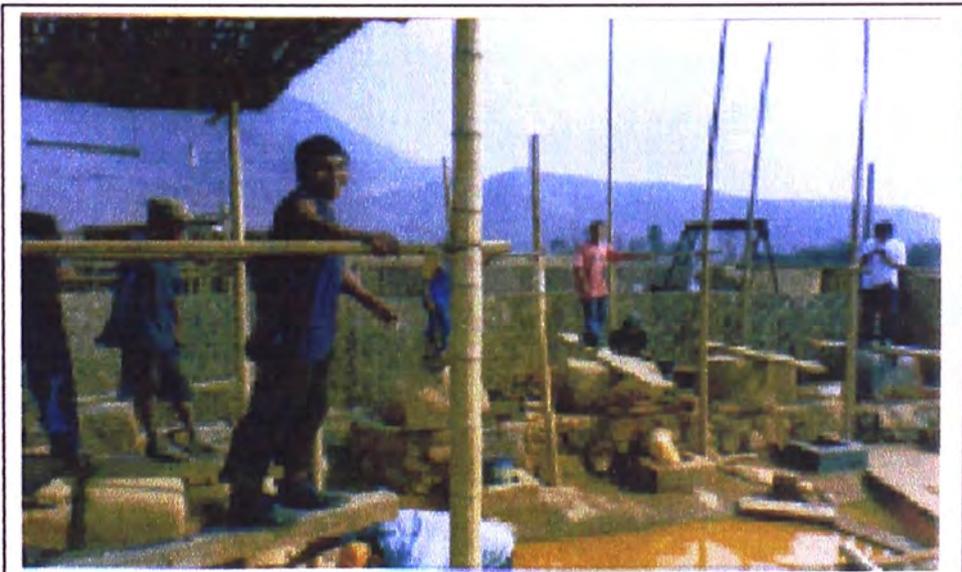


MOLINO TIPO BATCH

Figura Nº 37
Molienda en Seco



Figura Nº 38
Proceso de Amalgamación en Quimbaletes



7.3.1 PROCESO DE AMALGAMACION

Después que ha sido molido el mineral en el molino este se lleva al quimbaleta donde se realiza el proceso de remolienda para luego amalgamar utilizando para ello 2 Kg de mercurio por $\frac{1}{2}$ lata de mineral con un tiempo total de 2 horas hasta el proceso de exprimido .

Si el mineral no fue molido en el molino este recibe el nombre de mineral crudo que puede ser del tamaño de 1" y se tenga que moler con el quimbaleta directamente hasta amalgamar este proceso dura 6 horas promedio hasta el exprimido del azogue.

Figura 38.2



Figura 38.3



Figura 38.4
Exprimido del azogue



Figura 38.5
Oro Amalgamado



7.4 Pérdida de Mercurio (13)

Durante la amalgamación se pierde de 20 a 400 g de mercurio por lata de mineral, con un promedio de 65 g/lata, lo que equivale a 2.2 kg/TM o 0.22%. Esta cantidad de mercurio perdido va a parar a los relaves de los quimbaletes.

La pérdida de mercurio durante la amalgamación ocurre por las siguientes razones:

- Contenido de pirita en el mineral.
- Contenido de minerales oxidados de cobre y sales solubles.
- Cantidad y calidad de agua.
- Cantidad de lamas.
- pH y Eh de la pulpa.
- Calidad de mercurio empleado.
- Adición o presencia de agentes químicos.
- Tiempo de contacto.

La mayoría de estos factores no son tomados en cuenta por los mineros o son desconocidos para ellos, no teniendo ningún cuidado en tratar de controlarlos.

7.4.1 Ventajas del Método

Mediante el proceso del quimbalete se basa en el hecho que el mercurio líquido engulle a metales libres como el oro y la plata (también el cobre cuando está presente). La gran densidad de la amalgama (mayor que

15g/cc) y la del propio mercurio (13.6 g/cc) permite que los mismos se sienten al fondo del quimbaleta u otro recipiente y puedan separarse del resto del mineral que permanece inalterable en la pulpa.

Luego la amalgama formada por oro y plata es recojida por los mineros artesanales con esponja y echado a una tina con agua para luego quemar en la retorta la amalgama y finalmente obtener el oro ver graficos

La utilización del quimbaleta es ventajosa para los mineros informales por las siguientes razones:

- Procesamiento de inmediato y cerca a las labores mineras, acelerando la rotación del dinero y ahorrando en transporte.
- Posibilidad de trabajar pequeñas cantidades de mineral, no siendo necesario acumular mineral.
- Posibilidad de trabajar minerales con leyes bajas sin ningún problema

7.5 Comparación con el Método Convencional

Para obtener un kilogramo de oro por el método del quimbaleta se emplea 18 m³ de agua, mientras que para obtener un kilogramo por el método convencional se emplea 300 m³. Este ahorro de agua permite que se desarrolle la agricultura, donde sea posible, en forma paralela; ya que se está reduciendo en gran medida el consumo de agua que podría afectar a las labores agrícolas.

Al igual que permite un considerable ahorro de agua, también ahorra petróleo, pues para producir un gramo de oro se necesita 0.31 galones de petróleo, mientras que por el método convencional se necesita 2.37 galones.

Se estima que la producción de oro de la actividad minera informal en Ica y Arequipa es de 9 TM anuales.

7.5.1 Cianuración

La técnica de utilización del cianuro para la extracción del oro se practica en tres maneras. Cianuración en tanques, cianuración por percolación directa y peletización-percolación. En los tres sistemas se recupera el oro con carbón activado.

7.5.1.1 Percolación

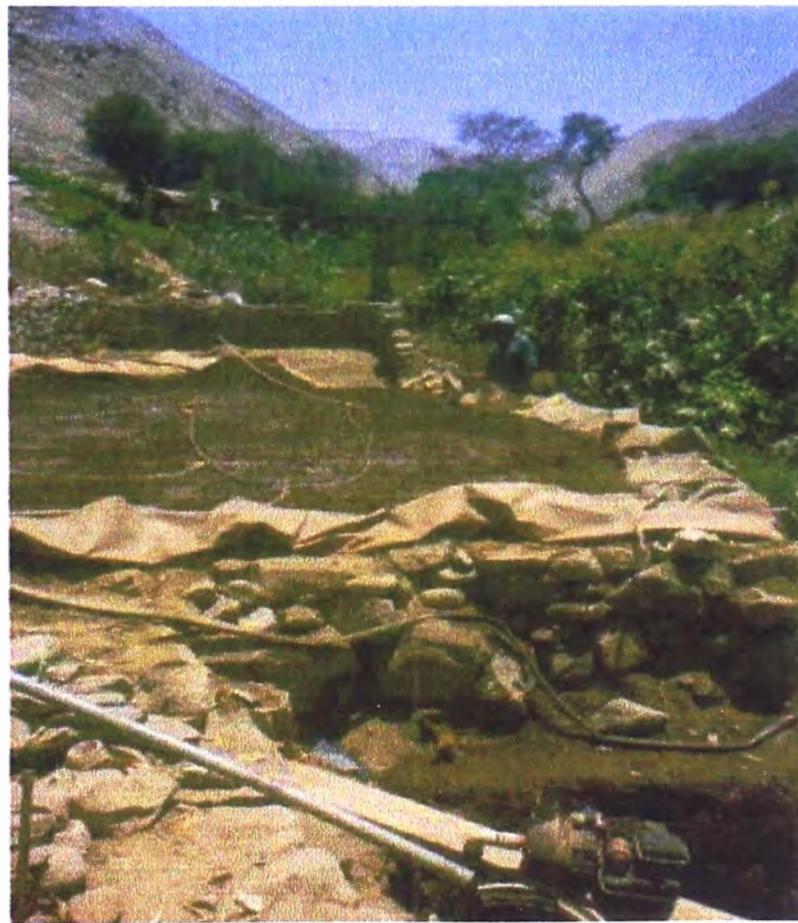
La cianuración por percolación, aplicada directamente al mineral, no se practica a nivel artesanal, aunque ha habido varios intentos para implementar el método. El inconveniente que se presentó fue que el mineral utilizado era de muy alta ley y de granulometría gruesa, no pudiéndose obtener muy buenos resultados.

Otros aspectos, como seguridad y manejo adecuado del cianuro para evitar la intoxicación y envenenamiento, requieren de entrenamiento por personal calificado.

Otros aspectos, como seguridad y manejo adecuado del cianuro para evitar la intoxicación y envenenamiento, requieren de entrenamiento por personal calificado.

Pero actualmente se usa este método para minerales de bajas leyes de oro y partículas finas donde se obtiene buenos resultados mediante el método de aspersión por las zonas de Huamachuco, Arequipa, Chala, Chaparra.

Figura N° 39
Cianuración Por Percolación



7.5.1.2 Tanques

El otro sistema de cianuración utilizando tanques y carbón activado es bastante utilizado para el procesamiento de los relaves de quimbaletes. Estas plantas tienen alimentación manual, sistema discontinuo, simplicidad y capacidad reducida, alcanzando como máximo 100 TM/día.

Figura N° 40
Tanque de Agitación



7.5.1.3 Peletización y Percolación

Este proceso no está muy difundido pese a que ofrece algunas ventajas sobre el proceso de CIP. Las ventajas son las siguientes:

- Mucho menor costo de inversión y operación.
- Mucho menor requerimiento de energía.
- Menor consumo de agua, carbón y cianuro.
- Posibilidad de obtener el oro directamente.
- Menor costo de mantenimiento.
- Mayor simplicidad y menor supervisión.
- Menor contaminación.

El peletizado lo realizan manualmente los pequeños mineros utilizando para ello 1 saco de cemento por tonelada de mineral aproximadamente y con un curado de 0.08 % de cianuro al momento de realizar el peletizado para obtener mejores resultados en la adsorción del oro en el carbón activado.

Figura N ° 41
Peletización y Percolación



CAPITULO VIII
PRINCIPALES AREAS MINERAS A NIVEL ARTESANAL

PRINCIPALES AREAS MINERAS A NIVEL ARTESANAL

8. Minería artesanal

La minería artesanal es un fenómeno importante en muchas partes del mundo desde las explotaciones de carbón en la China a los lavaderos de oro en distintas partes de Sudamérica se estima que da empleo a más de 13 millones de personas (OIT 1999).

En el Perú, la minería artesanal se ha expandido por una combinación de supervivencia y oportunidad, es un tipo de minería que se dedica a explotar exclusivamente oro

Las operaciones artesanales se ubican en áreas que tradicionalmente han sido explotadas de manera tradicional, también se practica en minas que han sido abandonadas por empresas tal es el caso de las minas de la Libertad y algunas del Sur Medio y finalmente abundan en aquellos yacimientos que a pesar de tener altos contenidos de oro, sus reservas no son suficientes como para recuperar la alta inversión que requiere la preparación y desarrollo.

8.1 Las principales áreas mineras a nivel artesanal

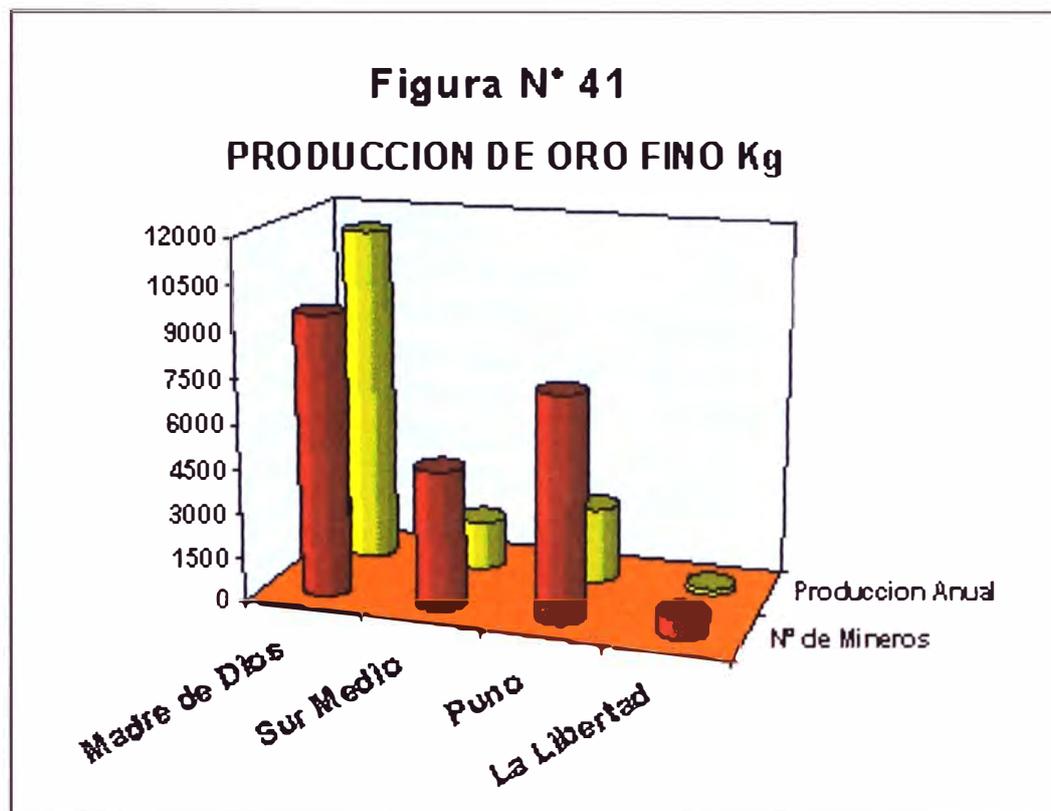
La minería artesanal de oro se realiza en diferentes áreas geográficas del país, pero son cuatro las áreas estudiadas que concentran la mayor cantidad de los mineros artesanales. Como se aprecia en la tabla N° 10, las estimaciones del **Ministerio de Energía y Minas**¹ indican que en Madre de Dios se produce un poco más del 70% del oro producido en el país por medios artesanales o informales y que en este departamento trabajan casi la mitad de los mineros artesanales. Madre de Dios posee la mayor productividad de todas las regiones (1.20 Kg. por minero al año) debido, a la mecanización de buena parte de sus operaciones. La segunda área minera en importancia es Puno con alrededor del 17% de la producción de oro, 33% de los mineros y una productividad media de 0.34. En el mismo cuadro se aprecia que la producción artesanal de oro equivale al 17% de la producción total del oro. Antes de la entrada en funcionamiento de las grandes minas productoras de oro como Yanacocha y Pierina a mediados de los noventa, la minería artesanal representaba alrededor del 50% de la producción de oro (12,000 de 20,000 Kg. de oro fino en 1990 y 24,500 de 48,000 en 1994). Asimismo, la minería artesanal añade 22 mil trabajadores mineros a los 60,000 contratados en la minería formal, es decir, más de la tercera parte del empleo minero. El Sur Medio², por su parte, ocupa el tercer lugar por su

concentración de la producción y de los mineros que trabajan en esa área. Sin embargo, su productividad media es algo mayor a la de Puno (0.36 Kg. por minero al año). Finalmente, en La Libertad, la minería artesanal ocupa a alrededor de 700 personas y se producen 191 Kg. al año, con una productividad menor que en las otras áreas mineras (0.27).

Tabla N° 10
Producción estimada de oro fino (Kg.)

Área minera	N° de mineros	Producción Anual	Productividad media
Madre de Dios	9,480	11,419	1.20
Sur Medio	4,690	1,665	0.36
Puno	7,562	2,536	0.34
La Libertad	700	191	0.27
Total Artesanal	22,432	15,811	0.70
Total nacional	60,465	93,982	

No incluye a los empleados en minería artesanal
Fuente: Ministerio de Energía y Minas(1998)



8.1.1 Madre de Dios

Los lavaderos de oro de Madre de Dios son explotados desde la época de la Colonia. Sin embargo, es desde 1977 que se explotan los cauces antiguos de los ríos o, también llamados, terrazas de los bosques. Los lavaderos se encuentran ubicados en los cauces de los ríos Huaypetuhe, Madre de Dios y del Malinowski.

La cuenca del río Huaypetuhe es la más explotada por los mineros artesanales e informales. Esta es la zona de pie de monte en la cual abundan los placeres aluviales. A esta zona, que concentra el 80% de la población y de la producción aurífera del departamento, se llega vía

Puerto Maldonado o vía Cuzco. El tramo comprendido entre la boca del río Colorado y la ciudad de Puerto Maldonado es el más atractivo para los mineros artesanales. Cuenta con varios centros poblados importantes en los que la mayoría de la población se dedica a la minería aurífera.

8.1.2 Sur Medio

El Sur Medio es la zona minera que comprende la parte Sur del departamento de Ica, la parte occidental del departamento de Ayacucho y la parte norte del departamento de Arequipa. En el Sur Medio existen más de 60 caseríos mineros que se ubican en las provincias de Nazca y Palpa (Ica); Lucanas y Sancos (Ayacucho) Caravelí, Condesuyos y La Joya (Arequipa) (ver tabla N° 11). Esta área minera es accesible por vía terrestre a través de la carretera Panamericana y de trochas carrozables para ingresar a los asentamientos mineros.

En la zona del Sur Medio, las minas se encuentran en la parte alta de las cuencas, muchas de ellas que resultan ser zonas más bien áridas, por lo cual los mineros tienen que abastecerse de agua y alimentos desde otras localidades. Mientras que las instalaciones de procesamiento, tanto los quimbaletes las plantas de beneficio, se ubican en las partes bajas donde es posible encontrar agua, ya sea en los ríos o en zonas donde la napa freática es superficial.

Tabla N° 11
Principales Áreas Mineras Artesanales en el Sur Medio (2000)

Departamento	Provincia	Asentamientos mineros
Ica	Nazca	El Ingenio-Tulin
		Sol de Oro
		Vista Alegre
	Palpa	Samarca
		Pampa Blanca
		Río Grande
Arequipa	Caravelí	Huanu-Huanu
		Mollehuaca
		Chaparra
		Quicacha
	Condesuyos-Acari	Acari
		Eugenia
		Cerro Rico
	La Joya	La Joya
		Los Incas
Ayacucho	Sancos	Pullo
		Relave
		Santa Filomena
		San Luis
		Santa Ana
		Santa Rosa
		Millonaria
		Santa Rita
		Convento
		Jaqui
		Filomena
		Lucanas
	Otoca-Chavincha	

8.1.3 Puno

Las provincias en donde se concentran las labores mineras artesanales son San Antonio de Putina, en donde se localizan las áreas mineras de Ananea, La Rinconada, Cerro Lunar y Ancoccala. Muchas de estas áreas mineras se encuentran ubicadas sobre los 4,000 m.s.n.m., por lo que la minería artesanal se torna en una actividad sumamente dura.

8.1.4 La Libertad

La explotación minera en La Libertad se concentra en la provincia de Pataz, al extremo Este del departamento. Debido a la presencia de la Cordillera Occidental, la provincia de Pataz tiene un terreno accidentado y hay zonas en las que la altitud sobrepasa los 3,000 m.s.n.m.

Actualmente, la actividad artesanal se concentra en los pueblos de Pataz, Retamas, Parcoy y Buldibuyo.

CAPITULO IX
IMPACTO MEDIO AMBIENTAL DE LA MINERIA
ARTESANAL

IMPACTO MEDIO AMBIENTAL DE LA MINERÍA ARTESANAL

9.1 El impacto medioambiental de la minería artesanal

Uno de los principales impactos negativos de la minería en general es el que tiene sobre el medio ambiente. El gran movimiento de tierras que ocasiona la extracción de los recursos mineros altera la topología de la zona en donde se realiza la explotación. Por otro lado, los procesos de beneficiación de los minerales producen residuos altamente tóxicos, ya sea por los insumos utilizados o por la liberación de sustancias químicas.

En primer lugar, hay una total falta de información por parte de los mineros artesanales sobre tecnologías apropiadas y parámetros técnicos que puedan incidir en la disminución de los impactos ambientales.

Ejemplo de esto, es el desconocimiento de métodos como la cianuración como alternativa para el procesamiento del mineral aurífero y de los parámetros técnicos que podrían hacerla más eficiente a la amalgamación.

9.2 Contaminación por mercurio

La contaminación por mercurio es el principal problema ambiental que ocasiona la minería artesanal. El uso indiscriminado e ineficiente del mercurio para amalgamar el oro ocasiona que grandes cantidades de esta sustancia se pierdan y se viertan al medioambiente en forma líquida o se emanen sus gases libremente. Se estima que cada año se pierden alrededor de 70 toneladas anuales de mercurio líquido en la zona del Sur Medio y alrededor de 15 toneladas en la zona de Puno (Mosquera, Trillo, y Luján, 1999).

Tabla N° 12
Mollehuaca : Exposición ambiental de la población a mercurio
(Febrero 1996)

Lugares	Concentración de mercurio (ug Hg/m ³ aire)	
	Resultados	Limite recomendado
Comité 1	3.412	10
Comité 2	16.6614	10
Comités 3-4	9.7334	10
Comités 5-6	3.859	10
Comités 7-8	56.288	10

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (1996) "Informe del estudio evaluativo realizado a trabajadores de la minería artesanal de extracción de oro en la localidad de Mollehuaca –Caravelí. Arequipa.mimeo DIGESA – Ministerio de Salud .Lima

La pérdida de mercurio líquido se produce principalmente durante amalgamación del oro **12.**, la amalgamación del oro se produce en los quimbaletes. Una vez lograda la separación del oro, la solución acuosa que queda en el relave tiene alto contenido de mercurio y de oro (de 0.4

a 1.2 onzas de Au/TM). El contenido de esta sustancia será mayor si el mercurio utilizado es reciclado, ya que pierde su poder de amalgamación. Ante esto, los mineros suelen añadir más mercurio, agravando aún más la contaminación.

La contaminación con mercurio gaseoso ocurre durante el proceso de refogado, produciéndose la evaporación y liberación del mercurio. Se estima que cada año se libera 20 toneladas de mercurio: 10 liberadas en el Sur Medio y las otras 10 en Puno. Además, se sabe que alrededor de 50% del mercurio liberado luego se precipita y cae en los alrededores del lugar donde se efectuó el refogado.

De hecho, en diferentes estudios efectuados, se ha encontrado altos niveles de mercurio en la sangre en todos los miembros de las familias que habitan en las casas donde se quema la amalgama.

Por lo anterior, la pérdida total de mercurio asciende a 105 toneladas al año. Las principales áreas afectadas por este tipo de contaminación son las cuencas de los ríos Grande, Acarí, Yauca, Chala, Cháparra, Atico, Caravelí y Ocoña en el Sur Medio. Mientras que en la zona de Puno, la contaminación se concentra en la cuenca del río Carabaya. Es importante resaltar que el Ministerio de Energía y Minas y algunas organizaciones no gubernamentales han estado promocionando el uso de retortas para maximizar la recuperación del mercurio durante la quema de la amalgama.

Figura N° 42
Contaminación por Gases de Mercurio



9.3 Efectos sobre los suelos

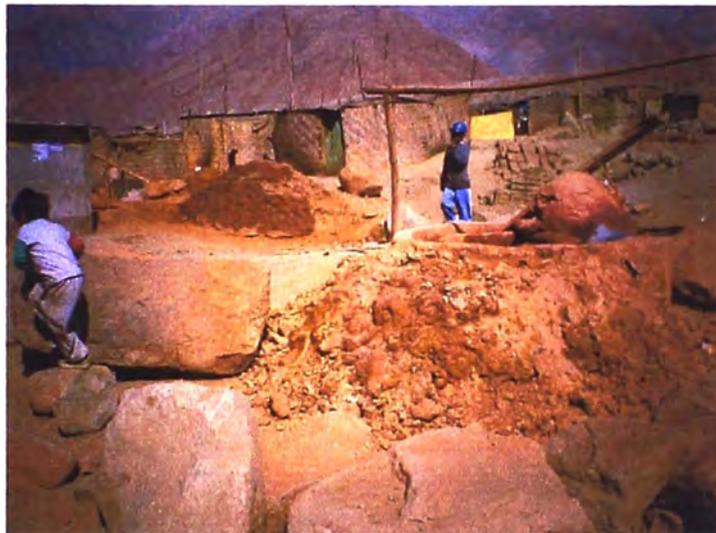
El movimiento de tierras que se efectúa durante la extracción de minerales puede llegar a convertirse en un serio problema por las alteraciones que genera en la topografía de una zona y en la capacidad de regeneración de la flora y fauna.

En Madre de Dios, por ejemplo, la minería artesanal está ocasionando un alarmante aumento de la erosión producto de la tala y quema de

bosques, así como el gran volumen de movimiento de tierra que tiene que efectuarse para explotar los placeres auríferos. a esto habría que añadirle la contaminación de lubricantes y combustibles.

En las zonas del Sur Medio y de La Libertad, la explotación minera genera poca contaminación sobre los suelos.

Figura N ° 43
Efectos sobre los Suelos



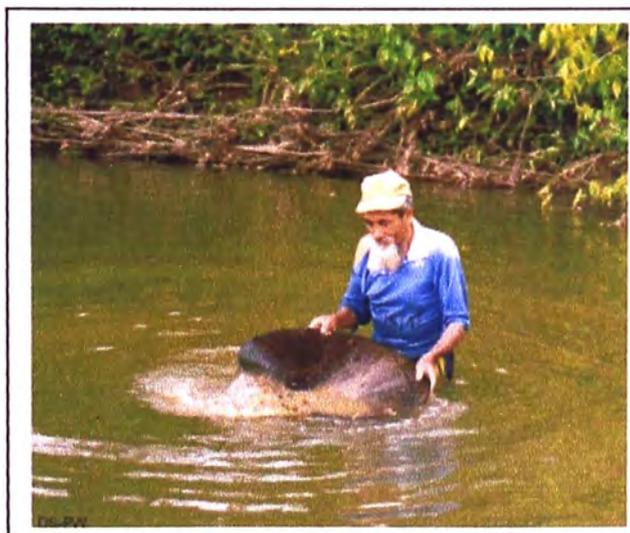
9.4 Contaminación de los cursos de agua

La contaminación de los cursos de agua es más evidente en aquellas zonas donde los depósitos son aluviales. En Madre de Dios, por ejemplo, el lavado de la grava aurífera a través de las canaletas genera que se aumente la turbulencia de los cauces de ríos. Esta turbidez se debe a la gran cantidad de finos en suspensión que antes de sedimentarse viajan con el cauce durante grandes distancias. El agua turbia impide que los

rayos solares lleguen al fondo del río imposibilitando el desarrollo de plancton y otras plantas acuáticas, asimismo dificulta la difusión de moléculas de oxígeno a través de las branquias de los peces. Algo similar ocurre en la zona de Ananea (Puno) al explotar las morrenas.

La contaminación de los cursos de agua en el Sur Medio es limitada. Sin embargo, hay zonas como Otoa en donde los quimbaletes están ubicados en la ribera del río y los relaves son arrastrados hacia el río durante los meses de lluvia. Algo similar ocurre en Chala y Atico donde los quimbaletes se ubican a sólo 100 metros del mar. Debido a la falta de agua en el Sur Medio, muchas veces la agricultura se convierte en el medio de transmisión de contaminación hacia el hombre. El caso extremo es el de Caravelí, en el que los quimbaletes se ubican en huertos para poder aprovechar el agua.

Figura N° 44
Minero artesanal amalgamando a orillas del río



9. 5 Efectos sobre el ecosistema

La minería artesanal, al tener un efecto adverso para los cursos de agua, también tiene serias repercusiones en el ecosistema.

En Madre de Dios, Aparte de la desaparición de la flora y del ruido que generan las explotaciones mecanizadas, los animales que habitan en estos bosques tienen que migrar hacia zonas que no estén siendo explotadas, limitándose así su capacidad de supervivencia., el acelerado ritmo de erosión impide que el ecosistema se pueda regenerar., la acción de las lluvias que podrían trasladar material orgánico para cubrir las zonas erosionadas se ve limitada por el grado de erosión alcanzado la excesiva turbidez de los ríos limita la vida de las plantas acuáticas que sirven de sustento para las especies animales que suelen migrar a aguas más cristalinas, la contaminación de las aguas con mercurio y otros contaminantes químicos se traslada hacia las especies vivas con la consecuencia de que aún éstas migren hacia zonas más limpias llevan el mercurio en sus cuerpos.

También en Puno se aprecia una disminución de la cobertura vegetal en las orillas de los ríos Inambari y Tambopata.

Asimismo, la vegetación es afectada al hacer los socavones la descarga de sustancias químicas en agua y suelos en donde los animales suelen alimentarse hacen que éstos también se contaminen. Al respecto, algunos camélidos (una fuente importante de proteínas para los

habitantes de la zona) se alimentan en bofedales contaminados con mercurio y otros químicos, debido a su característica desértica, el Sur Medio es la zona en la que el ecosistema se ha visto menos afectado.

La fauna es la típica en zonas desérticas, es decir, insectos y arácnidos, reptiles y roedores. Debido a la escasez de lluvias, el efecto de drenaje ácido se ve limitado y, por lo tanto, la contaminación de la flora y fauna también es limitada.

Figura N° 45
Posible pez contaminado con mercurio



9.6 Efectos sobre el clima

En aquellos pueblos de la provincia de San Antonio de Putina, la mayor concentración de población en la zona cercana a los nevados está ocasionando un deshielo intenso y continuo. Adicionalmente, el quemado de basura (producto de la mayor población) y de hidrocarburos (producto de la misma actividad minera) están agravando esta situación al incrementar el contenido de anhídrido carbónico en la atmósfera, lo que contribuye aún más a su calentamiento (Lázaro, *et al.*, 1995a).

Figura N° 46
Deshielo de los nevados



9.7 Efectos sobre la salud

Todas las formas del mercurio son potencialmente tóxicas pero las toxicidades varían considerablemente. Los menos tóxicos son los compuestos de mercurio inorgánicos. No son absorbidos con rapidez a partir del tracto intestinal. Una vez que han sido absorbidos pueden acumularse en el hígado y en el riñón, pero de ordinario son excretados con rapidez en la orina. Hay que mencionar también que la amalgama de mercurio ha sido usada durante mucho tiempo por los dentistas para rellenar los dientes sin que hayan observado efectos tóxicos incluso a todo lo largo del lapso vital humano. El vapor de mercurio es la más peligrosa de las formas inorgánicas, dado que puede difundirse a través de los pulmones hasta la sangre y luego hasta el cerebro donde puede causar daños severos. Los compuestos arilmercuriales no son mucho más tóxicos que las formas inorgánicas, puesto que son rápidamente degradados a derivados inorgánicos en los tejidos. Los compuestos alquimercuriales son los compuestos más tóxicos de mercurio que hasta aquí se han estudiado. Son bastante estables y presentan tiempos de retención largos en los tejidos. Por consiguiente se acumulan con rapidez alcanzando grandes concentraciones. Su solubilidad en los lípidos hace que tengan afinidad por el tejido nervioso, lo cual explica muchos de sus efectos dañinos. Además se ha observado que causan anomalías en la

división celular y aumentan la frecuencia de la rotura de los cromosomas. Algunas de estas anormalidades pueden ser debidas a la combinación de los compuestos mercuriales con grupos sulfhídrico.

Se ha demostrado la inhibición de los enzimas de esta manera con frecuencia.

Hasta ahora no ha podido desarrollarse un tratamiento eficaz del envenamiento producido por el mercurio, aunque BAL o el **etilen-diamin-tetraacetato de calcio puede ejercer un efecto mitigador.**

9.7.1 En caso de haber tomado mercurio se procederá a : (8)

- a) Ingerir abundante agua y hacer que vomite (lavado gástrico).
- b) Hacerle ingerir huevos crudos y leche.
- c) Llevar al trabajador al centro asistencial más próximo donde se le hará análisis de sangre, orina y cabello.
- d) En casos graves o muy severos se hará hemodiálisis cuando declina la función renal.

➤ **Síntomas Por Tomar Mercurio**

Si la intoxicación es aguda se presenta lo sgte:

1. Gastroenteritis aguda
2. Dolor en la boca del estómago
3. Vómitos (con sangre)
4. Diarrea, deshidratación
5. Cólicos
6. Inflamación e hinchazón de encías
7. Sabor metálico
8. Pueden caerse los dientes

9.7.2 Contaminación por Inhalación de mercurio (8)

Si la contaminación es en forma gaseosa del mercurio se procederá a tomar las siguientes previsiones:

- a) Interrupción inmediata a la exposición del mercurio.
- b) Trasladar a la víctima a un área ventilada, aflojar la correa la camisa y hacerlo respirar hondo.

➤ **Síntomas de envenenamiento por inhalaciones de mercurio**

Los síntomas por inhalación de mercurio son:

1. Dolor de pecho , dificultad para respirar , tos
2. Gingivitis y nefritis (insuficiencia renal)
3. Dolores musculares, ataxia
4. Dolor de cabeza, Depresión
5. Dolor abdominal
6. Sabor metálico
7. náusea
8. Diarrea

Previsiones a Tomar:

Si se continua en ese ambiente y en estados más avanzados de Intoxicación se presentarán problemas en el sistema nervioso, apareciendo trastornos psíquicos tales como irritabilidad, ansiedad, pérdida de memoria, fotofobia y el gran síntoma del hidrargirismo que es el temblor y descontrol de funciones motoras.

Hidrargirismo

Es una enfermedad ocupacional ocasionada por el uso incorrecto del mercurio.

Se adquiere por contacto directo de la piel con el mercurio y principalmente por la inhalación de vapor de mercurio al momento de refogar o quemar la amalgama de mercurio - oro.

El no dar importancia al uso de la retorta, así como a las demás recomendaciones sobre el uso correcto del mercurio, implica estar expuesto a contraer esta enfermedad cuya secuela es irreversible.

Figura N ° 47

Hidrargirismo



Figura N° 48
Proceso Realizado a Nivel Artesanal

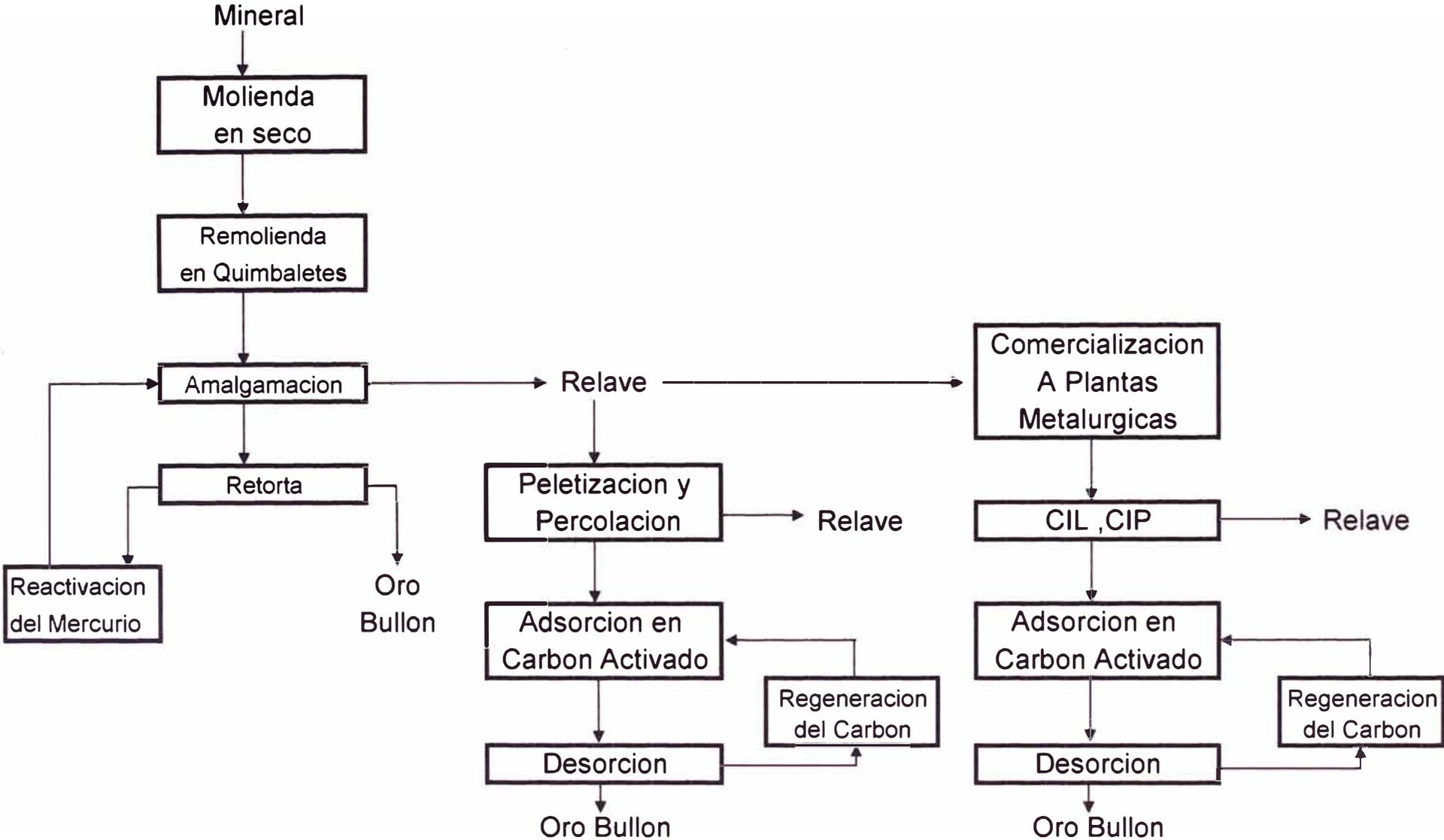
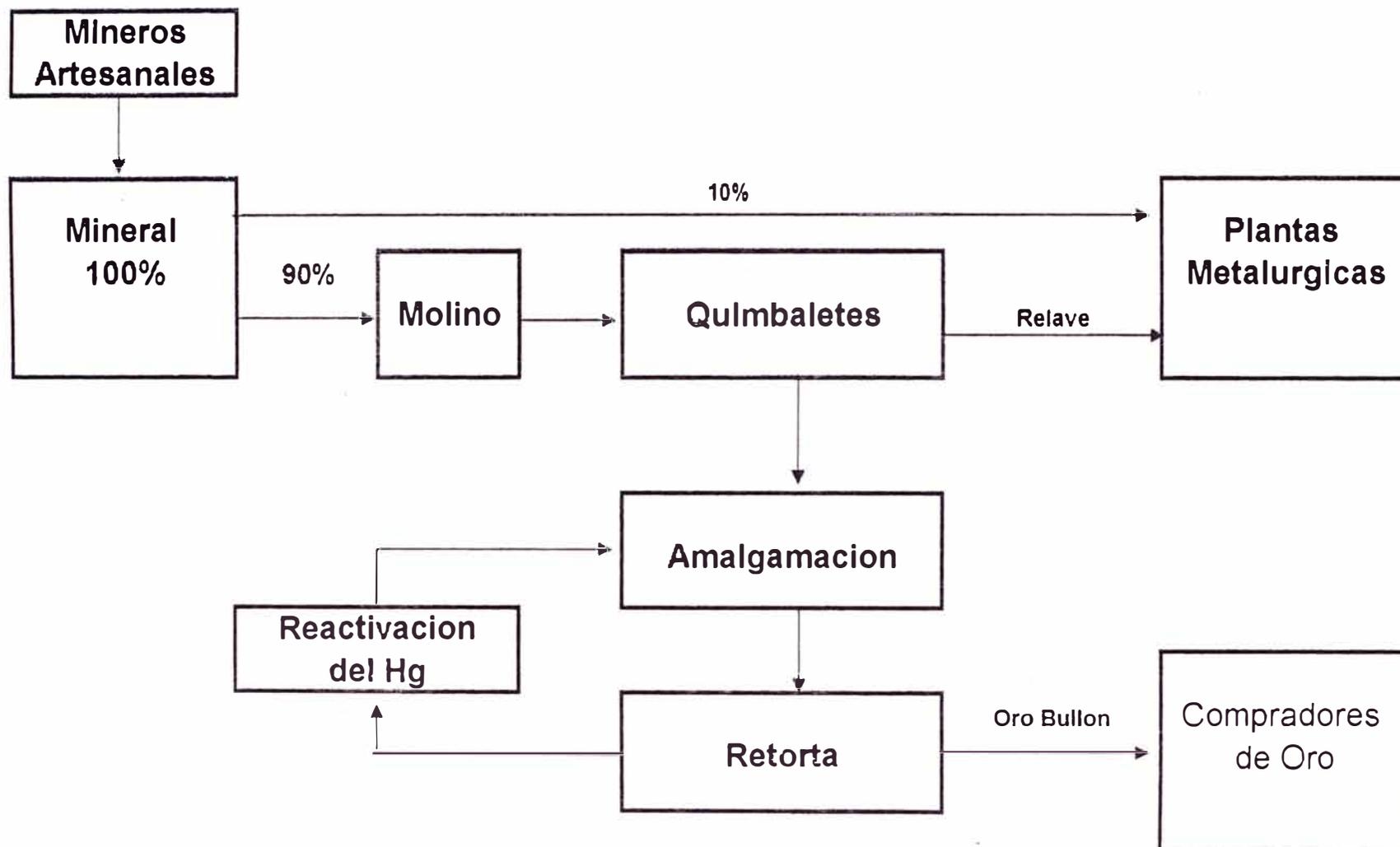


Figura N° 48.1
PRODUCCION - COMERCIALIZACION
TRADICIONAL

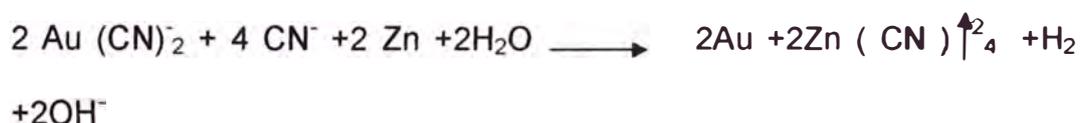


CAPITULO X
PRODUCCION Y MANEJO DEL MERCURIO

PRODUCCION Y MANEJO DEL MERCURIO

10.1 OBTENCIÓN Y TRANSPORTE DEL MERCURIO POR MINERA YANACOCHA

Después del proceso de precipitación del oro mediante el polvo de Zinc o proceso conocido como Merrill - Crowe en una solución carente de oxígeno según la siguiente reacción.



Similar reacción ocurre para la plata.

En ellas se pueden diferenciar las etapas de reemplazamiento electroquímico del oro y la plata por el zinc:



Y la disolución del Zinc por acción del cianuro:

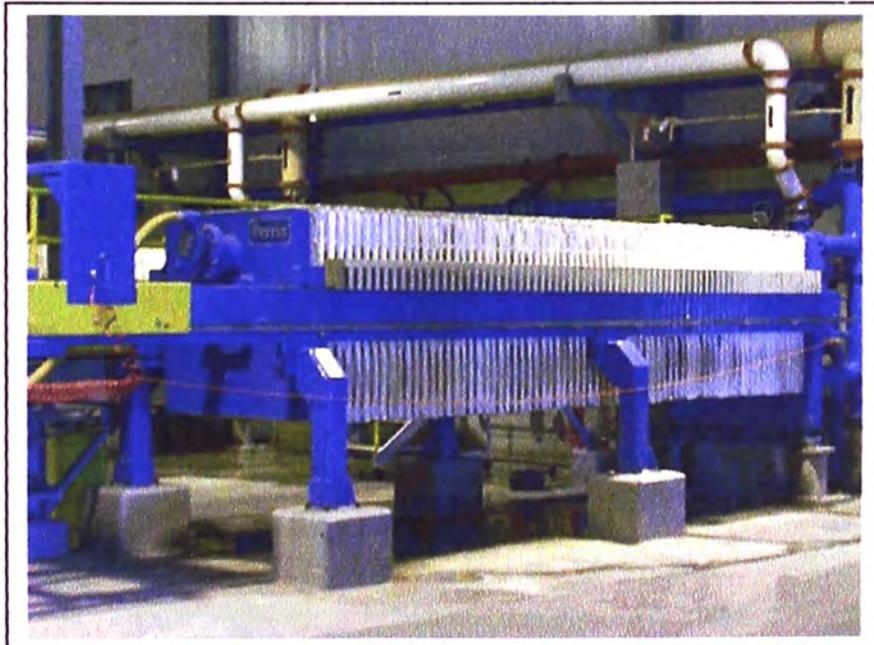


También se obtienen impurezas tales como el mercurio, debido a que el compuesto **cianuro de mercurio II** ($\text{Hg} (\text{CN})_2$) al interactuar con el zinc este pasa a su estado de mercurio metálico o Hg^0 igual ocurre para el

cobre y otras impurezas que podría haber en la solución entre ellas el zinc residual.

Este precipitado pasa a los filtros prensa que posteriormente es trasladado a las retortas para efectuarse el secado del precipitado y obtener como subproducto el Hg. según el sgte Flow-Sheet, para luego realizar el proceso de fundición.

Figura N° 49
FILTROS PRENSA



La función principal del proceso de retorteo es la eliminación de agua y mercurio contenidos en el precipitado húmedo.

Proceso productivo en la refinería

• Diagrama de flujo: Planta Pampalarga

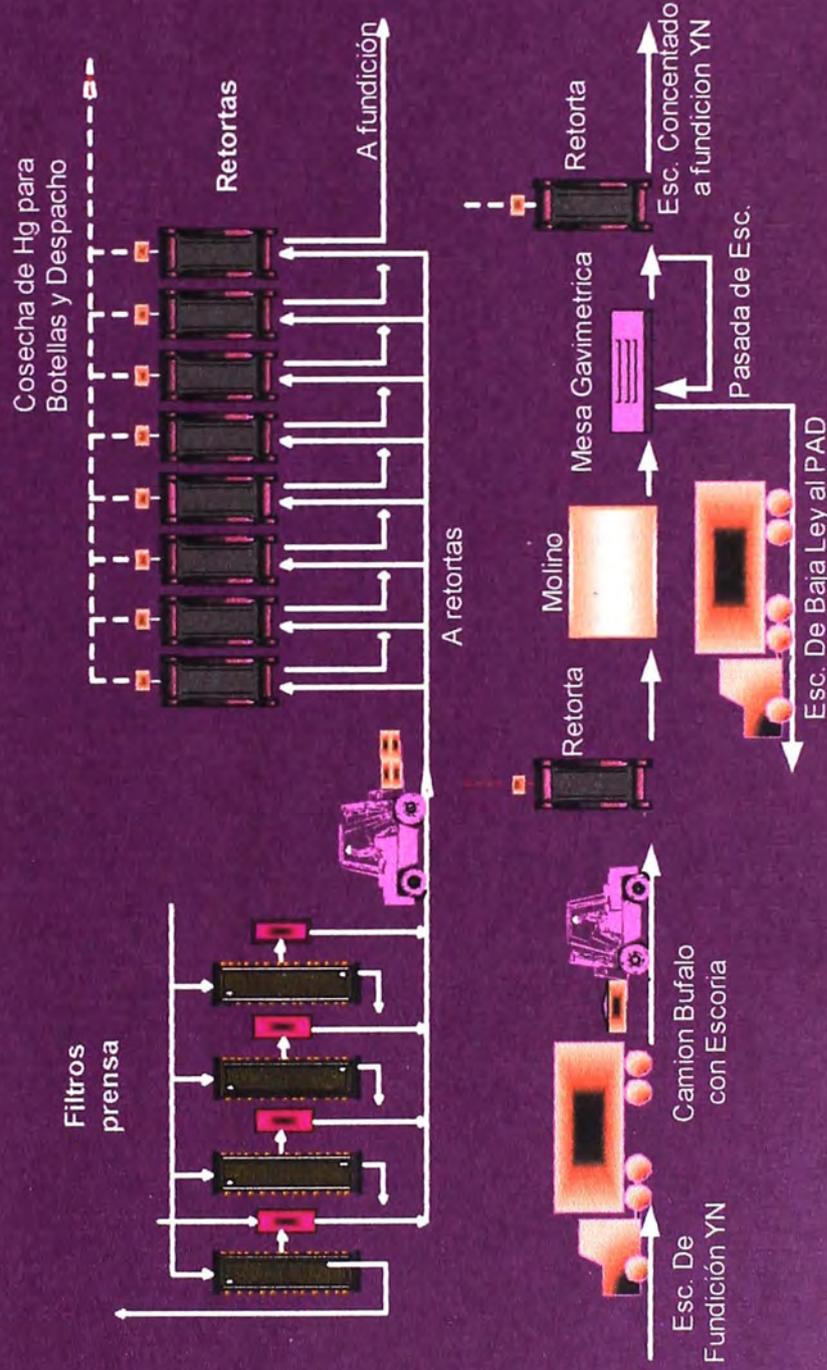
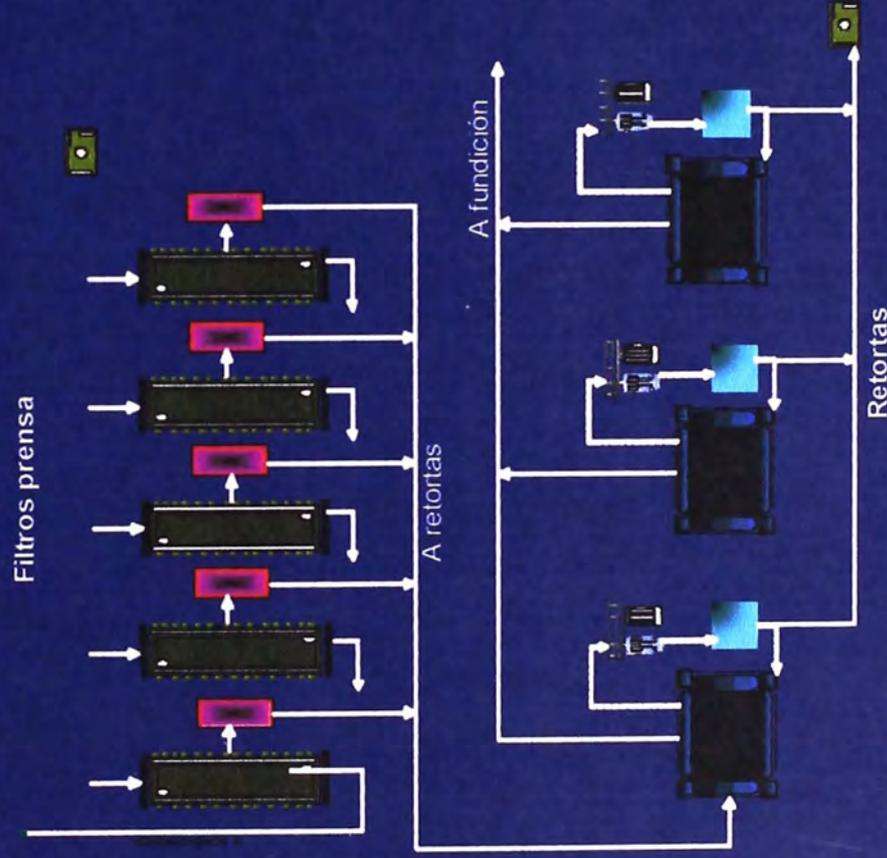




Figura N° 50.1

Proceso productivo en la refinería

- Diagrama de flujo: Planta Yanacocha Norte



10.2 Proceso de Retorteo

De acuerdo a la calidad del precipitado (contenido de mercurio) se establecen las curvas de calentamiento y operación de la retorta, así como también el tiempo necesario de proceso.

10.3 Producción e Importación de Mercurio

Durante el proceso de retorteo el mercurio es eliminado de los precipitados en forma de vapor.

Las retortas tienen un sistema auxiliar de recuperación de mercurio

- ✓ Condensadores en serie
- ✓ Filtros de carbón activado

La producción promedio mensual de mercurio líquido en MYSRL es de 5,700 Kg., los cuales son comercializados como tal

**Figura N ° 51
RETORTAS**



En el Perú se encuentran minas de Hg., las cuales se encuentran inoperativas, existen pequeñas explotaciones que no representan recursos minerales cuantificables para la Economía del País.

Las pequeñas explotaciones se refieren a la producción del Hg como subproductos de la explotación del Oro. A continuación se muestra datos de producción de la empresa minera de oro más importante del país:

Tabla N ° 13

Producción de Hg en empresa minera

Año	Hg (kg)
1994	3639
1995	13394
1996	13088
1997	11238
1998	19195
1999	33266
2000	48000

Fuente: Corporación Financiera Internacional

Con respecto a la importación de mercurio en nuestro país se tiene compuestos de mercurio y productos que utilizan como materia prima el mercurio se dispone de la siguiente información

Tabla N ° 14

Importación de Hg. en el Perú (Peso Neto en Kg.)

Año	Mercurio	Óxidos de Hg.	Sulfatos de Hg.
1993	27654.89		500.05
1994	73084.07		75.54
1995	31137.61		832.61
1996	25729.82		113.55
1997	41911.44		504.9
1998	45375.24	2.4	0.05
1999	42257.28	2.95	4.88
2000	31041.26	3.8	6.98

Fuente Aduanas

Tabla N° 15

Importación de Productos que utilizan mercurio como materia prima en el Perú (peso neto en kg)

Productos	1998	1999	2000
Pilas y baterías de pilas eléctricas de óxido de mercurio de "botón"	2.4	9.71	18
Lámparas de vapor de mercurio o sodio; lámparas de halogenuro metálico	62250.88	53765.69	15877.62
Pilas y baterías de pilas eléctricas de óxido de mercurio, cilíndricas	9445.48	49.24	3602.26
Las demás pilas y baterías de pilas eléctricas de óxido de mercurio	3332.54	10181.65	23152.01

Fuente: Aduanas

10.4 TRANSPORTE DEL MERCURIO

El mercurio es embotellado en botellas metálicas de 34.0 Kg. de capacidad. Las Botellas presenta dos certificaciones de calidad, una realizada en USA después de su fabricación y otra en Perú previo a llenado .

Las botellas, una vez llenas, son cerradas mediante el uso de una tapa roscante, selladas con silicona, sometidas a un torque de seguridad y precintadas para evitar manipulación durante la etapa de transporte

- El sistema de manejo y transporte de mercurio es bastante riguroso
- Las botellas dispuestas en porta botellas metálicos con capacidad de 28 botellas cada uno

- Los Porta botellas son certificados y sometidos a pruebas hidrostáticas
- Las botellas llenas, selladas y dispuestas en los porta botellas son certificadas y autorizadas para transporte
- El transporte se da en un convoy de 3 camiones que llevan cada uno un contenedor de 20 pies de largo, cada contenedor esta acondicionado para transportar 4 porta botellas
- El Convoy es planteado desde la mina hasta el puerto del Callao, viajando en la tripulación un supervisor de Refinería, experto en manipulación de mercurio

Figura N° 52
Botellas de Mercurio



Figura N ° 53
Caja con contenido de botellas de Hg



En el caso de puertos, la empresa que administra la mayor parte de los terminales portuarios en el Perú, indica que el transporte de mercurio sigue los procedimientos señalados en el Código Internacional para el Transporte Marítimo de mercancías Peligrosas de la Organización Internacional Marítima (OMI o IMO) y la Guía de Respuestas recomendada por la autoridad competente de los Estados Unidos..

Asimismo, el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, tiene elaborado un Proyecto de Reglamento para el Transporte de Residuos Peligrosos, que si bien no es específico respecto al Mercurio, lo involucra. Asimismo este Ministerio, está elaborando un documento Estudio

Base para el Reglamento de Transporte de Sustancias o de Mercancías Peligrosas, que también involucra al mercurio.

10.5 Manejo del Mercurio (8)

Para manipular el mercurio se deben tomar las normas de seguridad respectivas:

- a) No utilizar el mercurio en caños empedrados, canaletas y sluices.
- b) Utilizar guantes de jebe al laborar con Mercurio.
- c) Utilizar la Retorta al Realizar el Refogado.
- d) Guardar el Mercurio en recipientes con agua. porque al evaporarse se puede respirar.
- e) Realizar las operaciones de amalgamación, restringiéndola a circuitos cerrados.
- f) No ingerir alimentos, ni fumar cuando se manipule el mercurio.
- g) No usar recipientes que hayan contenido mercurio, para guardar alimentos o bebidas.
- h) La gota más pequeña de mercurio que se derrama, desprende vapor; para evitar riesgos no guardar mercurio en la vivienda. (Lavarse bien las manos antes de comer).
- i) Los vapores de mercurio atacan con mayor fuerza a los niños y a las mujeres embarazadas, por esta razón el mercurio debe estar lejos de ellos.

- j) En caso de sentir dolor de cabeza y molestias estomacales permanentes, probablemente esté intoxicado con mercurio, acuda a un centro médico.

10.6 CONTROL DEL MERCURIO (8)

- a) Se debe utilizar la retorta para el refogado de la amalgama, de esta forma se evita la pérdida del mercurio y la contaminación directa de los operadores por inhalación.
- b) Los relaves de amalgamación deben mantenerse siempre húmedos o cubiertos hasta su traslado a las plantas de cianuración evitando así las emanaciones de éste hacia la atmósfera.
- c) Se debe llevar un control estricto de las pérdidas de mercurio durante el proceso de amalgamación. Mayormente el mercurio se pierde en los relaves por un mal manipuleo al momento de vaciar los quimbaletes y retirar la amalgama.
- d).- Al realizar el quemado del mercurio utilizar una buena retorta que permita recuperar todo el mercurio, para volver a utilizar.
- e).- Por precaución, cuando se queme en retorta, asegurarse de hacerlo lejos de las viviendas y al aire libre.

10.7 PROYECTOS FUTUROS

- Planta de solidificación de mercurio
- Minera Yanacocha SRL adquirió la licencia de la tecnología desarrollada por Brookhaven Scientific Associates, perteneciente a la DOE Brookhaven National Laboratory, Long Island, New Lloré Proceso Brookhaven de Estabilización y Encapsulamiento de Mercurio
 - Convierte mercurio líquido en sulfuro de mercurio
 - Físicamente es micro encapsulado en un sólido monolítico permanente en el tiempo y de baja permeabilidad.
 - Puede ser dispuesto en canchas de almacenamiento sin riesgo alguno de descomposición y/o contaminación.

CAPÍTULO XI

ORGANIZACIÓN SOCIAL Y PROYECTOS DE APOYO A LA MINERÍA ARTESANAL

ORGANIZACIÓN SOCIAL Y PROYECTOS DE APOYO A LA MINERÍA ARTESANAL

11.- La organización de los mineros artesanales

Los mineros artesanales reconocen a la falta de organización como uno de los principales problemas que los aquejan y que tiene un impacto negativo en sus posibilidades futuras de desarrollo¹⁵. Ellos reconocen que el trabajar en concesiones que pertenecen a terceros o, si el área se encuentra libre, no tener derechos de propiedad, los ubica en una situación muy débil. Ellos saben que para proseguir trabajando tienen que establecer acuerdos con los titulares de las concesiones o deben actuar de acuerdo a la "ley de la selva". También saben que su posición individual es muy débil y que tienen que unirse para mejorar su capacidad de negociación.

11.1 Organización del trabajo minero

La típica cadena de valor minero en el Sur Medio se inicia con el minado del material aurífero que lo realizan en su totalidad los mineros artesanales. Alrededor del 90% del mineral es llevado por los mineros al molino y a los quimbaletes, en donde se inicia el proceso de

beneficiación. Parte de este mineral puede ser separado como pago a los titulares de la concesión si es que esto se hubiese acordado entre las partes. Por su parte, los dueños de quimbaletes muchas veces han actuado como proveedores de capital de trabajo para los mineros, ya sea en dinero o en especie (alimentos, agua, explosivos, etc.). Una vez obtenida la amalgama y su posterior refogado, el minero vende el oro a los diferentes compradores de oro de la zona. El relave obtenido del proceso de beneficiación, que tiene altos contenidos de oro y mercurio, es conservado por los dueños de los quimbaletes quienes lo venden a las plantas de cianuración.

Como se aprecia, el minero tiene que hacer dos pagos, ya sea en mineral o en dinero, a los titulares de la concesión y a los quimbaleteros. Al mismo tiempo, que deja de percibir los ingresos resultantes de la venta de los relaves.

Por otro lado, sólo una pequeña parte de los mineros vende su mineral directamente a las plantas metalúrgicas. Esta alternativa no está exenta de pérdidas para el minero ya que muchas veces las plantas no pagan el precio justo por el mineral.

Si bien el esquema descrito anteriormente refleja la realidad del Sur Medio, en otras zonas mineras también se dan situaciones desfavorables para los mineros.

En Puno, por ejemplo, los mineros suelen trabajar mediante la modalidad del “cachorro”. Es decir, acuerdan con un contratista explotar una mina y como pago reciben la opción de extraer mineral para ellos durante dos o tres días al mes. Esta es una forma de sobre-explotación ya que los mineros trabajarán mucho más durante esos días libres y obligarán a sus familiares a que les ayuden.

En cuanto a la venta de oro en Puno, ésta se hace de manera informal. Los acopiadores no entregan liquidaciones de venta. Una parte de la venta del oro se hace a través del trueque a cambio de alimentos u otros insumos. La mayoría de los comercializadores infringen la ley al no estar inscritos en el Registro Público de Minería. Las transacciones de oro deben estar sujetas al pago del Impuesto General a las Ventas, pero esto eleva los costos. Para evitar el pago de este tributo, el oro transado figura como oro para exportación, el cual está exonerado a este tributo.

En Madre de Dios, los mineros trabajan bajo la modalidad del “enganche”. Es decir, los mineros son contratados verbalmente desde su lugar de origen y son trasladados por los contratistas hasta el yacimiento. Para evitar que los trabajadores cambien de trabajo una vez llegados al yacimiento y el contratista pierda su inversión, se les engancha con un contrato de trabajo a tres meses y el pago se hace al final del periodo.

En La Libertad, parte de los mineros artesanales trabajan en los terrenos de la Empresa Minera La Poderosa quien les compra el mineral extraído. La empresa les cobra el costo de maquila.

Al parecer, este cobro resulta excesivo y se ha estimado que la empresa termina subvaluando el contenido de oro en alrededor del 50%. Por esta razón, casi el 80% de los mineros artesanales procesan el mineral de manera independiente. Otra parte de los mineros trabajan en áreas no explotadas por la empresa y venden el mineral a acopiadores. La empresa no se preocupa por esta explotación ilegal puesto que saben que los mineros no pueden hacer socavones profundos y que la empresa podrá explotar estas áreas con maquinaria pesada.

Finalmente, hay pequeños mineros con denuncios propios que trabajan directamente su propiedad o contratan peones.

Todas las situaciones muestran la débil ubicación del trabajador minero en esta cadena de valor, lo que perpetúa su pobreza e incide en la necesidad de que otros miembros de su familia como las mujeres y niños intervengan en el proceso minero. El mantenimiento de estos esquemas de inserción limita las posibilidades de que las generaciones jóvenes aspiren a una vida mejor

11.2 Organización social de los mineros

Por otro lado, la situación de informalidad en la que se encuentran trabajando muchos mineros ha originado que se den una serie de iniciativas, propias o apoyadas por el gobierno y otras instituciones, para crear organizaciones que los representen y les permitan expresar sus necesidades y exigir sus derechos.

Los resultados favorables de las organizaciones de mineros artesanales, que han tomado la forma de cooperativas en Puno y de empresas en el Sur Medio, se han reflejado en mejores condiciones en los acuerdos establecidos con los titulares de los denuncios y en la obtención de sus propias concesiones.

Sin embargo, cuando el interés por asociarse está basado simplemente en la obtención de los beneficios, sin aceptar que también hay obligaciones que cumplir, se presenta un tema sobre lo cual se tiene que trabajar. Una queja común de los dirigentes mineros es que sus bases no les prestan suficiente apoyo. Estos dirigentes saben que tienen una responsabilidad con sus representados pero los costos asociados con esta labor son asumidos directamente por ellos ya que los asociados no colaboran en cubrirlos¹⁶. La perpetuación de este tipo de esquemas pone en peligro la efectividad de dichas organizaciones porque, por un lado, desgasta a los líderes y los puede hacer abandonar su rol como tales. Por otro lado, la percepción de que el liderazgo implica sólo costos

puede generar una actitud muy pasiva en los mineros y la permanencia indefinida de los dirigentes actuales lo que puede, eventualmente, generar situaciones de corrupción.

Las dos zonas mineras más organizadas son el Sur Medio y Puno. En la primera, los mineros artesanales han optado por tramitar sus propias concesiones.

11.2.1 Proyectos de apoyo a la minería artesanal

Se han efectuado diversos proyectos de apoyo a la minería artesanal siendo pionera la iglesia católica después del terremoto que asoló a Arequipa, El estado peruano con ayuda económica de otros países a presentado diversos proyectos para que se desarrolle la minería artesanal.

11.2.1.1 El Proyecto Análisis, Planeamiento y Ejecución de Políticas (PAPI)

El gobierno peruano con el apoyo financiero de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos, contrató entre 1994 y 1995 estudios detallados sobre las cuatro zonas mineras en donde se concentra la minería artesanal. Estos estudios permitieron obtener un estado del arte de este sector que sirviese como base para proyectos futuros. Estos estudios no sólo enfocaron los principales problemas técnicos sino que también prestaron atención a las características socio-

económicas de cada una de las zonas. Estos estudios también sugirieron líneas de acción y de intervención en cada una de las zonas mineras.

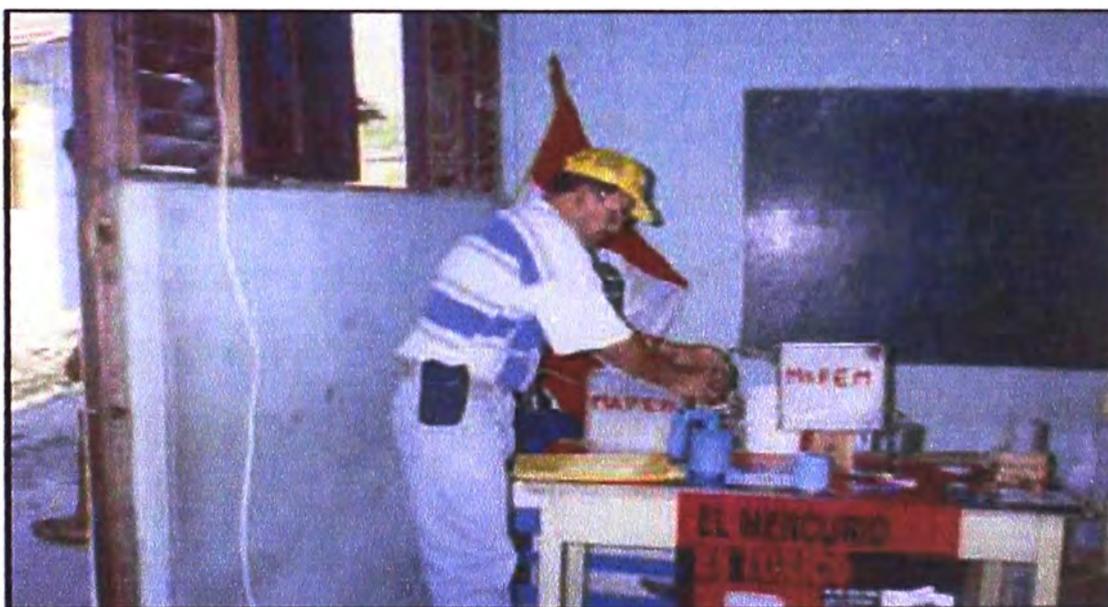
11.2.1.2 El proyecto Minería Artesanal y Pequeña Minería (MAPEM)

Este proyecto, ejecutado por el Ministerio de Energía y Minas, inició sus actividades en Enero de 1996. A pesar de que su ámbito geográfico cubría las zonas de Madre de Dios, Puno, Ica -Ayacucho- Arequipa y La Libertad, sus actividades se centraron en Madre de Dios. El objetivo principal del MAPEM fue de "contribuir al desarrollo ordenado y eficiente de la minería artesanal y pequeña minería en armonía con el medio ambiente y con estándares adecuados de seguridad e higiene minera". Los objetivos específicos fueron:

- (a) propulsar el ordenamiento legal y gradual de la formalización de la actividad minera informal, incorporándola a unidades de operación de mayor escala;
- (b) evitar o atenuar los impactos sociales, ambientales y de seguridad e higiene minera que generen la actividad minera artesanal o informal;
- (c) capacitar en aspectos normativos y tecnológicos básicos, ambientales y de seguridad y de higiene minera" (Medina, 2000).

El proyecto MAPEM contribuyó a la formalización del 80% de las operaciones mineras en Madre de Dios, para ello su principal instrumento fue la promulgación del Decreto Ley No. 851 que otorgó el derecho preferencial para la formulación de petitorios mineros a mineros informales que se encontraban explotando en áreas libres. Asimismo, contribuyó a la sensibilización ambiental para el uso adecuado de mercurio, mediante la demostración y distribución de más de 1,500 recuperadores (retortas) y reactivadores de mercurio.

Figura N° 54



Apoyo del Proyecto MAPEM

11.2.1.3 Proyecto Minimización de Impactos Ambientales en Madre de Dios

Como consecuencia de una de las líneas de trabajo del proyecto MAPEM, el Ministerio de Energía y Minas diseña el proyecto Minimización de Impactos Ambientales Originados por las Operaciones Auríferas en el departamento de Madre de Dios. Este proyecto cuenta con el apoyo del Instituto

Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania (BGR) y de la Agencia Alemana de Cooperación para el Desarrollo (GTZ) y al Ministerio de Energía y Minas.

El objetivo de este proyecto es contribuir al desarrollo sostenible de la región de Madre de Dios, específicamente en la zona de Huaypetuhe y Caychive y otras zonas priorizadas cercanas a Puerto Maldonado.

Este proyecto se encuentra en ejecución y su primera fase tendrá una duración de 3 años.

11.2.1.4 El Proyecto GAMA

El proyecto Gestión Ambiental en Minería Artesanal (GAMA) es una iniciativa financiada por la Agencia Suiza para el Desarrollo y Cooperación (COSUDE) y por el Ministerio de Energía y Minas.

El objetivo del proyecto GAMA es mejorar la situación ambiental de la minería artesanal en las zonas de Puno, Ica, Arequipa y Ayacucho. Para ello, GAMA contempla cuatro ejes de acción: el técnico ambiental, el de salud ambiental, el económico organizativo y el legal administrativo.

El eje técnico ambiental tiene como objetivos mitigar la contaminación ambiental producida en la beneficiación de los minerales, mejorar las condiciones de trabajo de los mineros y mejorar la sustentabilidad de las actividades mineras.

El eje salud ambiental se propone disminuir el impacto del trabajo minero artesanal y de la población afectada, mejorar las condiciones de salud y medio ambiente y la coordinación interinstitucional a este respecto y gestionar sistemas adecuados de saneamiento ambiental y de atención primaria de salud.

El eje económico organizativo es contribuir a la mejora de las capacidades de gestión de las organizaciones productivas y lograr que las organizaciones más capaces impulsen procesos sostenibles

de mejoramiento de la situación ambiental y de la calidad de vida de las comunidades mineras artesanales.

El eje legal administrativo busca proponer condiciones legales y administrativas para una minería artesanal sostenible, incrementar la formalización de las operaciones mineras artesanales y promover normas ambientales, mecanismos de control y fiscalización para la minería artesanal (Mosquera, *et al.*, 1999).

CAPITULO XII

INICIATIVAS DE LOS ORGANISMOS MULTILATERALES

INICIATIVAS DE LOS ORGANISMOS MULTILATERALES

12.1 Programa de Eliminación del Trabajo Infantil (IPEC)

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) a través de su programa de eliminación de trabajo infantil ha estado, en una primera etapa, financiando proyectos de una serie de organizaciones no gubernamentales en diferentes poblados mineros del Sur Medio. Estas instituciones han efectuado una importante labor de sensibilización de los adultos frente al problema del trabajo infantil.

- ❖ Los niños trabajan principalmente porque los ingresos de los padres son insuficientes para mantener a la familia. Por esta razón, es necesario que para atacar el problema del trabajo infantil se mejore la tecnología utilizada por los mineros y que se generen actividades productivas para las mujeres, entre otros.
- ❖ Es necesario que se implemente una política contra la pobreza por parte de las autoridades municipales.

- ❖ Es necesario el involucramiento de todos los estamentos del estado. Es así, que se requiere un monitoreo y fiscalización regular del Ministerio de Trabajo, así como la intervención de los Ministerios de Salud y Educación para resolver problemas propios a estos sectores y que tienen un impacto en la decisión de que los niños trabajen o no.
- ❖ En cuarto lugar, se requiere de la formación de redes de instituciones para poder aumentar la eficiencia de la participación de diferentes instituciones.
- ❖ Finalmente, es imprescindible la participación comunitaria. Los pobladores mismos deben convertirse en agentes de cambio en sus propias comunidades, de esta manera, se evita caer en el asistencialismo y se genera el aumento de capacidades de la población.

12.1.1 Grupo Colaborativo en Minería Artesanal y Pequeña Minería (CASM)

El Banco Mundial formo el Grupo Colaborativo en minería artesanal y pequeña minería cuyo objetivo fue reducir la pobreza mediante el apoyo al desarrollo sustentable de las comunidades afectadas o involucradas en minería artesanal o pequeña minería. Esta iniciativa constará de tres actividades principales: la coordinación y establecimiento de redes entre diferentes actores, el intercambio de información sobre experiencias y la identificación de fuentes de

financiamiento para proyectos y propuestas.

12.2 Lecciones aprendidas en las iniciativas de apoyo a la minería

Artesanal

Las iniciativas de apoyo a la minería artesanal en poblaciones mineras peruanas se inician a mediados de los noventa. La mayoría de estas iniciativas se han realizado en poblaciones del Sur Medio la iglesia católica inició una serie de actividades asistenciales luego del terremoto de 1996 que azotó esta zona. Este trabajo de la iglesia abrió el camino para que otras instituciones se interesasen por estas poblaciones. En particular, la Organización Internacional del Trabajo a través de su programa de Erradicación del Trabajo Infantil brindó un importante apoyo a las instituciones que trabajaron en estas poblaciones. Por esta razón, en los poblados del Sur Medio es en donde se aprecia un mayor avance desde el punto de vista de organización de la población, de mejoramiento en la infraestructura, de erradicación del trabajo infantil y en la provisión de servicios sociales, entre otros.

Las lecciones aprendidas en esta década son:

- ❖ La problemática de la minería artesanal engloba aspectos técnicos, sociales y económicos por lo que se requieren enfoques multidisciplinarios en su solución.
- ❖ La formulación de los proyectos de intervención debe tener en cuenta el entorno y a todos los agentes que intervienen en las cadenas de valor locales, ya que éstos pueden convertirse en serios obstáculos para alcanzar los objetivos de los proyectos e, incluso, frenar avances que se hayan hecho en la organización de estas poblaciones.
- ❖ La participación comunitaria debe ser la piedra angular en cualquier proyecto.
- ❖ En tercer lugar, hay un acuerdo por parte de las organizaciones que trabajan en estos poblados de que es necesario pasar de esfuerzos localizados a esfuerzos más globales.

CAPITULO XIII

IMPACTOS SOCIALES EN LA MINERIA ARTESANAL

IMPACTOS SOCIALES EN LA MINERIA ARTESANAL

13.1 Situación Minera

Se menciona diferentes puntos de nuestro país la forma como viven , las necesidades del pueblo, el tipo de educación , los problemas sociales

13.1.1 Madre de Dios

Las viviendas son de madera con techo de calamina asentadas sobre pilares de madera. Cuentan con energía eléctrica durante 4 horas diarias, de 6pm a 10pm. Hay servicio telefónico restringido y antenas parabólicas. En las quebradas, las viviendas son de ramas de palmera recubiertas de plástico.

No hay agua ni desagüe. La energía eléctrica se obtiene mediante generadores. Estos campamentos son temporales.

Hay un solo centro de educación inicial, dos escuelas y un colegio secundario. El 40% de los alumnos trabaja en minería durante los fines de semana. Hay una alta tasa de deserción escolar. En la secundaria sólo 30% de los alumnos son hijos de mineros, el resto son hijos de

comerciantes. Esta poca cobertura educativa se debe al carácter temporal de los asentamientos mineros.

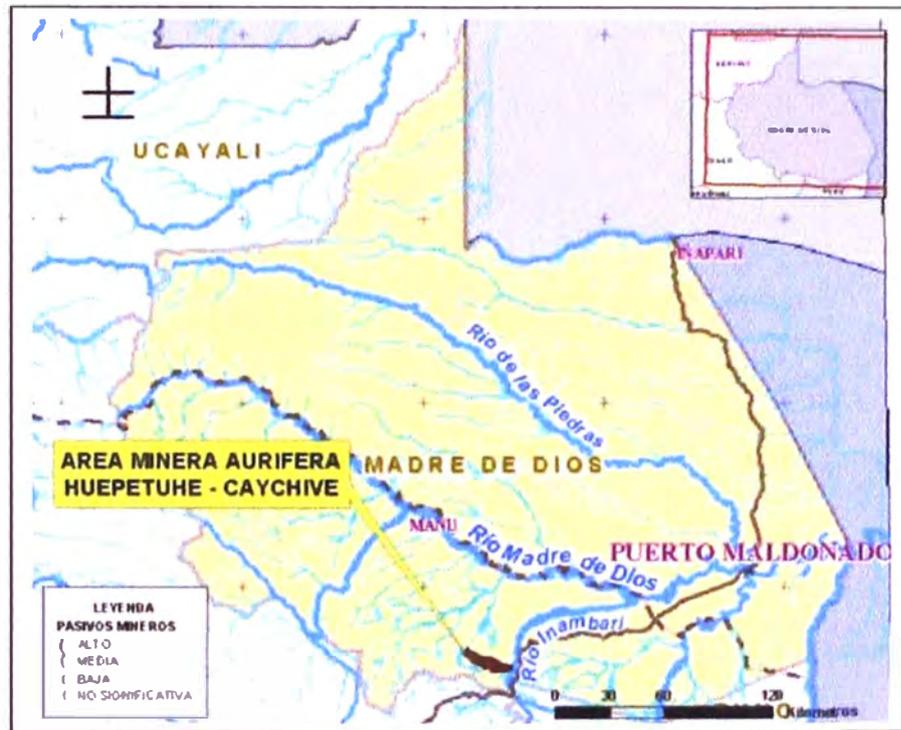
Los bares y cantinas que han proliferado en el pueblo han generado la prostitución de adolescentes. A lo anterior hay que añadir elevados índices de delincuencia y violencia callejera (violaciones de mujeres y menores), violencia familiar, robo y usurpación. No hay suficientes efectivos policiales y los pocos no ingresan a los campamentos.

En la cuenca del río Madre de Dios, las viviendas son de madera y material rústico. En los poblados de Laberinto y San Juan las viviendas tienen techos de calamina, mientras que en Tres Islas y otras localidades son de hoja de chapaja y yarina. No hay un sistema público de agua ni desagüe y sólo hay energía eléctrica en Laberinto y San Juan. En otras localidades se proveen de energía eléctrica a través de generadores.

Laberinto cuenta con un colegio secundario, pero los niveles de deserción escolar son altos ya que los adolescentes suelen trabajar en minería. El resto de las localidades sólo tienen escuelas primarias. Además cuenta con un centro de salud

Al igual que en el caso de Huaypetuhe, la proliferación de cantinas y la falta de protección policial hacen de Laberinto un lugar sumamente violento en donde son frecuentes los asaltos y los homicidios.

Figura N° 55



13.1.2 Sur Medio

En el Sur medio existen mas de 60 caseríos mineros que ha sido receptora de una importante cantidad de pobladores de los departamentos más pobres del Perú, es decir, Ayacucho, Huancavelica y Apurímac. (Zevallos, 1994)

Finalmente, durante 1980-1994, el motivo de la migración ya no es buscar mejores oportunidades de trabajo sino es un éxodo debido a la violencia terrorista que se desarrolló en los departamentos serranos, principalmente en Ayacucho. La migración se torna desordenada y de

supervivencia. Muchas familias tuvieron que abandonar todos sus activos y empezar desde cero en las áreas a donde llegaban.

En este sentido, la minería artesanal se convierte en una actividad de refugio para estas familias que han perdido todo.

13.1.3 Tulín y Saramarca

Tulín es un poblado que ha crecido mucho en los últimos años y sin mayor planificación. Los quimbaletes se encuentran ubicados en el mismo pueblo por lo que la población está pidiendo su reubicación en las afueras para preservar la salud de la población. En la actualidad, hay un alto grado de desocupación de los jóvenes que ha incrementado los problemas de alcoholismo y la violencia familiar.

La población denuncia algunos abusos de la policía por la apropiación su mineral y el cobro de cupos. Esto se da porque los mineros son informales y explotan las concesiones de terceros.

Al igual que Tulín, en Saramarca se está buscando la reubicación de los quimbaletes fuera del pueblo.

También tienen un problema de alcoholismo entre los jóvenes que se encuentran desocupados.

Debido a la baja de la ley, el poblado quisiera que se implementasen programas de apoyo a la agricultura u otras actividades productivas.

13.1.4 Huanca y Jaquí

A Huanca se accede por un camino muy accidentado. Las viviendas de los comuneros (agricultores) están hechas de adobe, quincha y eternit. Un canal provee de agua a estas viviendas. Otro tipo de vivienda más modesta es la que ocupan los mineros. Estas son de material más inestable, de esteras y cañas. Esto se debe a que la mayoría de los mineros no viven permanentemente en Huanca.

Un tercer tipo de vivienda, con revestimiento de cemento y techos de eternit, son las que ocupan los comerciantes (mayormente puneños). El pueblo cuenta con energía eléctrica que abastece al 80% de los hogares y 30% de ellos están conectados a la red de agua.

Hay un PRONOEI (17 niños), un CEI (20 niños) y una escuela primaria (108 niños).

El 95% de los alumnos son hijos de mineros. Se estima que el 80% de los alumnos trabaja en minería, servicios, labores agrícolas y pecuarias. Hay un puesto de salud con limitados medicamentos que carece de equipos para atención de emergencias y que es atendido por dos técnicas en enfermería.

El 90% de los jefes de hogares se dedica a la minería, pero en Huanca también se desarrolla la agricultura y la actividad pecuaria en pequeña escala. Hay posibilidades de desarrollo de acuicultura (crianza de truchas y camarones) en el río Acarí.

Por otro lado, en Jaquí, la mina principal es Santa Filomena que congrega en sus alrededores a una población de alrededor de 1,700 habitantes provenientes del Sur Medio.

Santa Filomena tiene un centro de educación inicial, una escuela primaria y desde el 2000 se está impartiendo educación secundaria a través de un proyecto de desarrollo de una organización no gubernamental. Santa Filomena cuenta con un club de madres y un taller de costura y tejidos que fue creado con el apoyo de una ONG con el financiamiento de la OIT. También hay un comedor popular. No hay una capilla en el poblado y, por lo tanto, no hay servicios religiosos. Sin embargo, la secta de los israelitas está presente.

Se está incrementando la actividad comercial en la zona también gracias a proyectos de ONGs. Por la aridez de la zona, los terrenos carecen de valor agrícola.

13.1.5 Mollehuaca y Relave

Según un censo efectuado en 1997, Mollehuaca tenía una población de 1,154 habitantes, mayormente migrante (85%) proveniente de 62 provincias de la costa y sierra peruana. Más del 70% de la población ocupada (451 personas) se dedicaba a actividades relacionadas con la minería artesanal (Martínez, 1999).

Casi la mitad de las viviendas de Mollehuaca son de adobe y la otra mitad son de esteras y madera con techo recubierto de plástico. Con el financiamiento del Programa IPEC la OIT se ha instalado una red de agua que beneficia al 70% de las familias.

En 1990 se construyó un centro educativo primario y un centro de educación inicial. La cobertura de educación primaria es de sólo 30% de las familias (considerando 1 niño por familia). En este año se ha abierto un colegio secundario, por lo que los chicos que deciden continuar con sus estudios ya no tendrán que trasladar a pie hasta el colegio secundario de Relave (6 Km.).

Hay un centro de salud construido por iniciativa de la comunidad, con el apoyo inicial del Programa de Salud Primaria de la Prelatura de Caravelí,

En Relave, las viviendas que en un inicio fueron de esteras y plásticos han pasado a adobe recubierto por cemento y techo de calamina.

Hay un centro de educación inicial, con escuela primaria y colegio secundario. Los locales educativos han sido construidos con faenas comunitarias y al inicio los profesores han sido contratados por el propio pueblo. La mayoría de los adolescentes no estudio porque se ven obligados a trabajar en la mina.

La minería artesanal es la única actividad que se lleva a cabo en esta comunidad. Todos los suministros, tanto para la vida cotidiana como

para la actividad minera, son traídos de otras comunidades. Hay un circuito de tiendas y se da una feria los días domingos. Hay un servicio de transporte diario entre Chala y Relave.

13.1.6 Puno

Se caracteriza por tener tres asentamientos mineros artesanales importantes los cuales son:

- 1.- Ananea
- 2.- La Rincónada
- 3.- Cerro Lunar

13.1.6.1 Ananea

Hay un centro educativo inicial, escuela primaria y colegio secundario estatales con atención para 290 niños en primaria y 170 en secundaria. La cobertura es de sólo el 57.5%. Debido a la fuerte incidencia de trabajo infantil, las escuelas funcionan hasta la 1pm. después de esa hora los niños trabajan en minería (50% primaria y 90% secundaria) (Piazza, 2000).

Ananea cuenta con un centro de salud que es atendido por un médico, una obstetrix y una técnica en enfermería. Este centro de salud también administra un programa de complemento nutricional para los niños en alto riesgo de desnutrición. Al igual que en otras zonas mineras, no existe ningún programa de salud ocupacional en la zona.

En las partes más altas de Ananea, las comunidades se dedican a la crianza de alpacas. En el mismo pueblo, la actividad comercial es limitada.

13.1.6.2 La Rinconada y Cerro Lunar

La Rinconada y Cerro Lunar son dos asentamientos contiguos que se construyeron en torno a la actividad minera. Su población conjunta es de 8,000 familias: 5,000 en La Rinconada y 3,000 en Cerro Lunar, las cuales se dedican mayoritariamente a la minería artesanal. Para estos poblados se tiene conocimiento de que hay por lo menos 800 mujeres trabajando en minería artesanal debido a que pertenecen a una asociación de "pallaqueras", sin embargo, esta cifra debe subestimar largamente la verdadera participación femenina en las labores mineras. Las viviendas en estos poblados son más precarias que las de Ananea, con paredes y techos de calamina.

No hay agua potable: los pobladores compran agua clorificada o usan agua de deshielo.

A pesar de que la demanda por servicios educativos es de por lo menos 10,000 niños, sólo hay una escuela primaria que atiende 500 niños en dos turnos, un colegio secundario que atiende a 170 niños, dos PRONOEIs con atención a 140 niños, un centro de educación inicial para 60 niños y 3 colegios privados que atienden a 252 niños. Es decir, que sólo se atiende a 6.7% de la población en edad de estudiar.

Estos poblados tienen problemas de violencia callejera, alcoholismo, delincuencia y prostitución.

13.1.7 La Libertad

El pueblo de Pataz se encuentra en la provincia del mismo nombre. En total, alberga a alrededor de 1,350 familias que están distribuidas en el centro poblado principal y 13 anexos. Las familias que se dedican principalmente a la minería son alrededor de 830 en tres anexos: Campamento, Pueblo Nuevo y Zarumilla. Si bien la población de Pataz no es estrictamente del pueblo, sí proceden de zonas aledañas.

Pataz cuenta con un CEI y una escuela estatales. También hay en el pueblo un colegio secundario privado y un Instituto Superior Técnico de Minas.

Hay un centro de salud que brinda servicios de medicina general, obstetricia, enfermería, farmacia y laboratorio.

Si bien la minería artesanal es la principal actividad, también el comercio y la agricultura son ocupaciones importantes. Hay tiendas de abarrotes y artefactos eléctricos, además de ferias agrícolas durante los fines de semana.

13.2 La seguridad y salud ocupacional del minero artesanal

Si bien la minería artesanal brinda la oportunidad a entre 20,000 y 30,000 personas de generar su sustento, también es cierto que el dedicarse a esta actividad puede significar exponerse a un deterioro irreparable en la salud y eventualmente a accidentes que pueden resultar fatales.

13.2.1 La seguridad minera

La falta de recursos, el desconocimiento o incumplimiento de reglamentos en materia de seguridad, la falta de información y los equipos insuficientes utilizados en la minería artesanal influyen para que la probabilidad de que haya accidentes de trabajo sea muy alta.

Por estudios internacionales, se sabe que las cinco principales causas de accidentes en minas pequeñas son:

- (a) La caída de rocas y el hundimiento de tierras;
- (b) La falta de ventilación;
- (c) La mala utilización de explosivos;
- (d) La falta de conocimiento, información e infracción de los reglamentos;
- (e) El uso de equipo anticuado y mantenimiento deficiente (OIT 1999).

De hecho, los mineros artesanales se ven expuestos a cada uno de estos peligros especialmente en las operaciones de socavón. Las

galerías que se construyen para acceder a la veta son muy estrechas (0.70 x 0.70 cm.) y no siguen un plan determinado, sino que toman diversas direcciones y gradientes.

La estrechez de las galerías hace que la ventilación sea muy deficiente.

Si se utiliza explosivos para la voladura, se incrementa la posibilidad de que el minero no pueda salir a tiempo antes de que se produzca la explosión.

Si a estos se añade que la mayoría de los mineros no utiliza implementos de seguridad como cascos, botines con punta de acero, entre otros; las posibilidades de un accidente fatal son enormes. En el caso de los yacimientos aluviales, la explotación de morrenas o de placeres bajo los métodos de monitoreo puede producir derrumbes ya que muchas veces la insuficiente presión de agua del monitor obliga al minero a acercarse demasiado al frente de explotación, aumentando las posibilidades de que se vea afectado por un derrumbe. Por otro lado, las explotaciones en las playas y los lechos de los ríos exponen al buzo que acciona los ductos de succión a que sean sepultados por derrumbes bajo el agua. Asimismo, la falta de mantenimiento de equipos, como las compresoras, puede ocasionar que el oxígeno que llega a los buzos contenga partículas de aceite.

La eventualidad de que un accidente se convierta en una fatalidad se acrecienta por la poca accesibilidad a centros de atención médica. En

la mayoría de los casos, el difícil acceso a los centros mineros hace que sea prácticamente imposible llevar al accidentado a un centro de salud más completo, ocasionando daños irreparables.

13.2.2 La salud ocupacional del minero artesanal

De acuerdo con un informe de la OIT, los cinco principales riesgos para la salud en las operaciones mineras de pequeña escala son:

- (a) la exposición al polvo (neumoconiosis);
- (b) exposición al mercurio y a otras sustancias químicas;
- (c) efectos del ruido y las vibraciones;
- (d) efectos de una ventilación deficiente;
- (e) efectos del exceso de esfuerzo, espacio insuficiente de trabajo y equipo inapropiado (Oficina Internacional del Trabajo, 1999).

En el beneficio, el principal peligro es el contacto e inhalación de mercurio. El riesgo de envenenamiento no sólo afecta al minero artesanal o a los quimbaleteros, Un estudio en la comunidad de Mollehuaca reveló que el 62% de 102 pobladores estudiados tenía valores de mercurio que superaban los valores normales (Dirección General de Salud Ambiental, 1996). las concentraciones de mercurio exceden los límites máximos permisibles en todos los lugares de trabajo. En estos pueblos mineros del Sur Medio es común encontrar síntomas crónicos como alta sensibilidad a la luz, encías sangrantes,

cólicos, vómitos, dolores en los riñones y uretra. Asimismo, también se encuentran personas que tras una exposición prolongada al mercurio, sufren de convulsiones, tienen dificultades al hablar y falta de concentración.

Tabla N° 16
Mollehuaca: Exposición ocupacional al mercurio (febrero 1996)

Comités	Lugares de trabajo	Concentraciones de mercurio (mg. Hg/m ³ aire)	
		Resultados	Límites permisibles
Comité 1	Quimbalete	0.01297	0.01
Comité 2	Quimbalete	1.0264	0.01
Comités 3-4	Quimbalete	0.04498	0.01
Comité 5	Quimbalete	1.0907	0.01
Comité 6	Quimbalete	0.034	0.01
Comité 7	Quimbalete	0.02577	0.01
Comité 8	Quimbalete	0.02773	0.01

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (1996). *Informe del estudio evaluativo realizado a trabajadores de la minería artesanal de extracción de oro en la localidad de Mollehuaca, Caraveli, Arequipa. * mismo DIGESA - Ministerio de Salud, Lima.

13.3 El trabajo infantil

El trabajo infantil es un hecho común en las zonas mineras artesanales. Las principales causas que obligan a los niños a participar en las faenas mineras

son, en primer lugar, que los ingresos de los padres resultan insuficientes para cubrir las necesidades de la familia.

En segundo lugar, las familias mineras conservan patrones culturales que justifican el trabajo de los niños. Finalmente, los poblados mineros usualmente carecen de una infraestructura educativa adecuada, lo que

favorece la disponibilidad de los niños a trabajar (COOPERACION, 2000).

Se estima que 50,000 niños trabajan en actividades mineras que cubren casi todas las etapas del proceso minero (Piazza, 2000). En la perforación, ya sea mecánica o a pulso, se ha detectado que niños entre 12 a 14 años ayudan a hacer los taladros en operaciones de minería en superficie. En la voladura, los niños suelen preparar los explosivos. Luego de la voladura, los niños sacan la roca que queda para liberar al mineral. Los niños desde los ocho años suelen apoyar al acarreo del desmonte hacia la superficie. Posteriormente, junto con las mujeres se dedican a pallaquear el desmonte en busca de material valioso. Asimismo, los niños acarrean el mineral hasta la superficie: los menores llevan media lata y los mayores de 12 años llevan una lata de 35 kilos. También ayudan en la clasificación del mineral y en su chancado. A partir de los 11 o 12 años, los niños llenan en latas el mineral molido. Los niños también participan en la molienda y amalgamación en quimbaletes y molinos trabajando en turnos variados que van desde 1 a 8 horas. Asimismo, participan en la descarga del relave de quimbalete. Si bien los niños no realizan la quema de la amalgama directamente, sí acompañan a los mayores en esta labor. Finalmente, es factible encontrar niños que venden el oro que encuentran durante el pallaqueo (COOPERACION, 1999a).

Como es de suponer, al participar los niños en casi todas las etapas del proceso minero también se ven expuestos a sufrir de las mismas afecciones ocupacionales que sufren los adultos con la agravante de que sus cuerpos están en plena formación. Así, varias de las labores que realizan, como el acarreo de desmonte o mineral, exigen fuerzas superiores a las que un niño puede ejercer causándoles serios daños ergonómicos que se manifiestan en dolores en la espalda, rodillas, codos, hombros y muñecas, entre otros. De acuerdo con el registro de algunas cifras sobre las atenciones más comúnmente tratadas por el centro de salud de Laberinto en Madre de Dios, el 28% de los atendidos fueron por infecciones respiratorias agudas, el 21% por infecciones diarreicas agudas, 24.4% por enfermedades de la piel y el 15% por heridas y fracturas. Por su parte, en Huanca se registró durante el 2000, un 37% de las atenciones en infecciones respiratorias agudas, 28% en enfermedades de la piel, 26% en enfermedades intestinales, 4% en heridas, 2% en quemaduras y 1% en tuberculosis (Piazza, 2000). A estas cifras se suman los cuadros de anemia y desnutrición que afectan a estos niños, lo que pone en peligro su desarrollo físico e intelectual. Finalmente, los niños también se encuentran expuestos al mercurio. En Santa Filomena, se encontró que 6 de 11 niños analizados tenían concentraciones de mercurio en la orina de entre 40 y 90 ug por litro (COOPERACION, 2000).

Una consecuencia directa de la participación de los niños en las faenas mineras es su baja tasa de escolaridad que es agravada por la falta de una adecuada infraestructura educativa en los pueblos mineros. Asimismo, los niños que trabajan y estudian al mismo tiempo tienen un bajo rendimiento escolar ya sea porque tienen poco tiempo para estudiar en casa, porque se sienten cansados o porque suelen faltar a clases.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- ❖ No exponerse a los vapores de mercurio porque al ser inhalado los tejidos pulmonares absorberán el mercurio gaseoso para luego pasar a la sangre y continuar al cerebro donde ocasionara problemas nerviosos irreversibles.
- ❖ No existe un medicamento que permita eliminar el mercurio del cuerpo solo se conoce hasta el momento al BAL o el Etilen-diamin tetraacetato de calcio que según se conoce causa un efecto mitigador de los metales pesados.
- ❖ Hasta el momento solo se sabe que el mercurio solo provoca problemas cerebrales o nerviosos se han hecho pruebas y no se considera cancerígeno
- ❖ El mercurio es más nocivo en las mujeres embarazadas ya que estas pueden llegar a transmitir a sus hijos nonatos ocasionándoles un retraso mental.
- ❖ Se debe usar las retortas obligatoriamente al momento de realizar el quemado de la amalgama para evitar los problemas laborales como el hidrargirismo y la contaminación al medio ambiente

- ❖ Con respecto al transporte de carga y descarga, almacenamiento control y manipulación del mercurio se ha elaborado los lineamientos de planes de contingencia en las actividades minero metalúrgicas según resolución directoral N° 134-2000- EM/DGM.
- ❖ Se conocen cuadros de producción de mercurio de empresas grandes pero lo que no se puede conocer es la producción a nivel artesanal del mercurio, ni el mal uso que se hace de este metal líquido al contaminar el medio ambiente, pero se puede estimar que el daño es mayor respecto al campo de minería artesanal comparado con otras fuentes de emisión antropogénicas.
- ❖ En los últimos años se ha reducido notablemente el consumo de mercurio en los países europeos así como se busca el reemplazo de este metal líquido para no seguir contaminando el medio ambiente.
- ❖ Hasta el momento no se ha producido el reemplazo total del mercurio de las lámparas incandescentes debido a que generan poca luz.
- ❖ No son tan rentables para una planta hacer el cambio de los cátodos de mercurio por otro material como el proceso de células de membrana para producir soda cáustica o cloro alcali.
- ❖ En la medicina se ha disminuido las vacunas que llevan en su composición mercurio, así como se ha tomado más conciencia al momento de realizar las amalgamas dentales por el colegio odontológico.

- ❖ El mercurio se seguirá utilizando definitivamente durante muchos años mas, solo queda tomar las precauciones necesarias para no seguir contaminado nuestro medio ambiente ya que es una tarea titánica erradicar totalmente a este metal y no ver los beneficios que este produce
- ❖ Los proyectos de apoyo y la capacitación de los mineros artesanales son importantes para que se desarrollen y a la vez no afecten de una manera incontrolable el medio ambiente.
- ❖ El ministerio de Energía y Minas debería exigir a los mineros artesanales en especial a los dueños de los quimbaletes poseer las retortas de amalgamación (propio o comunal) y el uso correcto de este para poder obtener su estudio de impacto ambiental.
- ❖ La minería artesanal se ha convertido en una fuente de trabajo e ingresos para diversas familias que lo han perdido todo así como para aquellos que se han aventurado a este tipo de negocio.
- ❖ El estado debería brindar mayor apoyo en los campos de salud, educación a los mineros artesanales que viven alejados de la ciudad.
- ❖ En Lima existen plantas de desorción, fundición y refinación, que brindan servicios a los mineros artesanales que traen de diferentes lugares del Perú como Trujillo, Arequipa, Nasca, Barranca, producto de los procesos de lixiviación y adsorción en carbón activado procesados en tanques de agitación , peletización y percolación en geomembranas.

RECOMENDACIONES

- ❖ Guardar el mercurio siempre con una cierta cantidad de agua para evitar que se vaporice el mercurio (metil mercurio) altamente toxico.
- ❖ Usar guantes de seguridad al momento de manipular el mercurio para evitar la absorción de mercurio por la piel, evitar comer durante el trabajo de amalgamación
- ❖ Al laborar con el mercurio en la minería artesanal hacerlo en circuitos cerrados. Usar retortas al momento de realizar el refogado o quema de mercurio.
- ❖ Si se tuviese almacenado relave o mineral con mercurio tapar estas acumulaciones con plástico para evitar la vaporización o el arrastre del viento.
- ❖ No usar los recipientes que almacenaron mercurio para alimentos o bebidas.
- ❖ Mantener los frascos de mercurio alejado de los niños o la manipulación inadecuada de estos.
- ❖ Realizar programas sociales por parte del estado o el apoyo de instituciones para apoyar a los niños de los mineros artesanales de las zonas más pobres.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- (1) Química inorgánica, Lima.1- Perú, Editorial OFFCET 1970,168p.
- (2) INGEMMET, archivo técnico código 6998, Banco Minero del Perú, archivo Central, informe "Camarada" –Cinabrio Huancavelica.
- (3) MARIO SAMAME BOGGIO, Génesis de los Depósitos Minerales en los Andes del Perú Central de la TESIS DEL DR. ULRICH PETERSEN, Del Perú Minero Del Tomo IV, 52pp
- (4) <http://www.uclm.es/users/higuera/yymm/YM11.html#T11TipolErupc>
- (5) Hong Yong y Milton E. Wadsworth , Cinética de los procesos de la Metalurgia Extractiva, Primera Edición 1986
Tesis de San Marcos
- (6) http://www.yanacocha.com.pe/pdf/fr_espanol.pdf, Sheperd Miller, Informe Final de Evaluación de riesgos del derrame del mercurio ocurrido en el Norte del Perú, Lima27-Perú,
- (7) Programa de las Naciones Unidas (PNUMA), Evaluación Mundial sobre el Mercurio, Ginebra Suiza Diciembre 2002 ,

- (8) Publicación del Ministerio de Energía y Minas, Manual del Pequeño Minero , Lima - Perú
- (9) Ministerio de Energía y minas , Manual del Uso de la retorta, Industrial Grafica S.A , Lima - Perú, Junio 1997
- (10) http://www.servigema.com/manual/moa_5_3_3_2_3_1.html , félix hruschka felix.hruschka@ibm.net , carlos salinas salinas1@geocities.com , **manual de operación ambiental de pequeña minería**
- (11) Ministerio de Energía y Minas, Ing°Guillermo Cruz, Utilización de Retortas y Recuperadores de Mercurio, tercera Edición 2001, Lima Perú
- (12) Publicación del Ministerio de Energía y Minas, Manual del Pequeño Minero, Lima - Perú
- (13) Juana R. Kuramoto, La minería artesanal e informal en el Perú , Grupo de Análisis para el Desarrollo 2001.

Ministerio de Energía y Minas, Guías mineras 2005, Uso y manejo del Mercurio, Lima –Perú, 2005
- (14) V. Berrio B, Nueva legislación de Normas de Minería, Editorial "BERRIO"., Lima7-Perú, 2004,383pp

ANEXOS

Resumen de Sustitutos para los Principales Usos del Mercurio

Producto o Aplicación	Alternativas	Costo general en relación con la tecnología de Mercurio
Amalgamas dentales	Existen en los últimos años (plata en frío, galio, cerámica, porcelana, polímeros, materiales compuestos, ionómeros de vidrio, etc.) sin embargo la Comisión Nacional de la Salud de Dinamarca no considera que esos productos puedan reemplazar completamente la amalgama de mercurio.	Los sustitutos son más o menos costosos o más o menos fáciles de aplicar que las amalgamas de mercurio.
Pilas botón de óxido mercurio y mercurio-zinc (medicas)	Aunque muchos fabricantes ya no producen pilas de óxido mercurio y mercurio zinc, estas siguen siendo un problema en el flujo de desechos municipales de la mayoría de los países	El costo de los sustitutos a menudo puede ser más alto que las pilas de óxido de mercurio y mercurio de zinc, pero las municipalidades pueden ahorrarse costosos sistemas de recolección y eliminación
Termómetros Médicos	Existen muchos sustitutos para los termómetros clínicos de mercurio entre ellos eléctricos y electrónicos desechables y los de aleación Ga/In/Sn/ etc.	Los costos son más altos comparados con los termómetros de mercurio pero con el tiempo tiende a disminuir e igualar en precio al termómetro de mercurio
Lámparas de bajo consumo energético	Actualmente no existe en el mercado lámparas de alto rendimiento energético que no tenga mercurio	Las lámparas con bajo contenido de mercurio son ligeramente más costosas que las que tienen más mercurio

ANEXO 1

**LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACION DE PLANES DE
CONTINGENCIA A EMPLEARSE EN ACTIVIDADES MINERO
METALURGICAS RELACIONADAS CON LA MANIPULACION DE CIANURO
Y OTRAS SUSTANCIAS TOXICAS O PELIGROSAS**

RESOLUCION DIRECTORAL N° 134-2000 – EM/DGM

Lima, 25 de Agosto del 2000

Considerando:

Que mediante resolución Directoral N° 113-2000 –EM/DGM del 27 de Julio del 2000 , se dispuso que los titulares de actividad minera presentaran ante la Dirección General de Minería los manuales de procedimientos que se emplean para el transporte , carga descarga , almacenamiento control y manipuleo de cianuro y otras sustancias toxicas o peligrosas correspondientes a sus procesos minero metalúrgicos , así como los respectivos planes de contingencias a emplear en caso de ocurrencias que puedan poner en riesgo la salud y el medio ambiente

De conformidad con lo dispuesto en el inciso w) del artículo 101° del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM.

SE RESUELVE

Artículo 1°.- Aprobar los lineamientos a seguir en la elaboración de los Planes de Contingencias que se deben emplear en las actividades minero metalúrgicas relacionadas con el transporte, carga, descarga, almacenamiento, control y manipuleo de cianuro y otras sustancias tóxicas o peligrosas, conforme se detalla en el **Anexo I** que forma parte de la presente resolución.

Artículo 2 ° .- Aprobar el listado de las sustancias que se consideran de riesgo potencial para la salud y el medio ambiente, conforme se detalla en el **Anexo II** que forma parte de la presente resolución.

Los titulares de actividad de minera deberán incorporar otras sustancias tóxicas o peligrosas que sean aplicables a sus operaciones mineras, luego de realizar el análisis de riesgo correspondiente.

Artículo 3 °.- Los titulares de actividad minera podrán elaborar los Planes de Contingencias consolidados en un solo documento, el mismo que deberá contener rubros específicos para cada sustancia.

Artículo 4 °.- Ampliar el plazo para la presentación de los Planes de Contingencias hasta el 02 de Octubre del 2000.

A partir del 02 de Enero del 2001, la implementación de los planes de contingencias y de los manuales de procedimientos, serán fiscalizados según disponga la autoridad minera.

Los manuales de procedimientos quedaran a disposición de la autoridad minera o de quien realice la fiscalización, en el área de las operaciones al que corresponda el procedimiento.

Artículo 5°.- La utilización de explosivos y conexos están regulados en el D.L N° 25707, su reglamento aprobado por D.S N° 086-92-PCM y por el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera aprobado por Decreto Supremo N ° 023-92-EM.

Regístrese y publíquese

FERNANDO GALA SOLDEVILLA
Director General de Minería.

ANEXO I

**LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACION DE PLANES DE
CONTINGENCIA PARA ACTIVIDADES MINERO METALURGICAS**

RESUMEN

- 1.- Introducción
- 2.- Misión y Política de la empresa referente a contingencias.
- 3.-Objetivos
- 4.- Organización del Sistema de respuesta a la contingencia
 - a. Elaboración y difusión de cartillas de respuesta ante emergencias.
 - b. Comité de crisis (Responsables).
 - c. Definición de Áreas Críticas.
 - d. Comunicaciones.
- 5.- Entrenamiento y Simulacros.
- 6.- Operaciones de respuesta
 - 6.1 Procedimientos de notificación
 - 6.1.1 Comunicación al Ministerio de Energía y Minas y a la Empresa de Auditoria e Inspectoria.
 - 6.1.2 Comunicaciones con otras instituciones de apoyo
 - 6.1.3 Comunicación (es) a las comunidades (es)

6.2 Identificación de Áreas Críticas

6.3 Procedimiento de respuesta

6.4 Actividades de mitigación

6.5 Planes de disposición y eliminación.

7.- Evaluación de la Contingencia

8.- Procedimientos para actualización y revisión del plan

9.- Anexos

9.1 Hoja de Seguridad de los Materiales (MSDS)

9.2 Información sobre las instalaciones

9.3 Lista de Contactos

9.4 Listado de equipos para respuesta a incidentes

9.5 Equipos de comunicaciones

9.6 Glosario.

ANEXO II

LISTADO BASE DE SUSTANCIAS UTILIZADAS EN LAS OPERACIONES MINERO METALURGICAS Y QUE PUDIERAN CONSIDERARSE DE RIESGO POTENCIAL PARA LA SALUD O EL AMBIENTE.

Las sustancias que a continuación se presentan, constituyen un listado inicial al cual se podrá ir añadiendo otras sustancias según sea determinado por las diferentes empresas mineras, luego del análisis de riesgo correspondiente.

- 1.- Ácido Sulfúrico
- 2.- Cal viva
- 3.- Cianuro
- 4.- Combustible y lubricantes
- 5.- Hidróxido de Sodio
- 6.- Mercurio
- 7.- Peroxido de Hidrógeno

ANEXO 2

APRUEBA LOS NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES PARA
EFLUENTES LIQUIDOS PARA LAS ACTIVIDADES MINERO
METALURGICAS

Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM (13.ene.1996)

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 226° del Texto Único Ordenado por la Ley General de Minería, aprobada por el Decreto Supremo N° 014-92-EM establece que la autoridad competente para la aplicación de las disposiciones contenidas en el Decreto Legislativo N° 613-Código del Medio Ambiente, referidas a la actividad minera y energética ,es el Sector Energía y Minas :

Que, los Estudios de Impacto Ambiental correspondientes a la actividad minero-metalúrgica deben estar formulados en base a los niveles Máximos Permisibles que el Ministerio de Energía y Minas apruebe;

Que los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental tienen como objetivo que los titulares de la actividad minero metalúrgica logren reducir sus niveles de contaminación ambiental hasta alcanzar los Niveles Máximo Permisibles.

Que es necesario establecer los niveles **Máximo Permisibles** de los elementos contenidos en los efluentes líquidos de la industria minero-metalúrgica con la finalidad de controlar los vertimientos producto de sus actividades y contribuir efectivamente a la protección ambiental;

De conformidad con la Disposición Complementaria del Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 016-93-EM, sustituida por el artículo 4° del Decreto Supremo N° 059-93-EM;

Con la opinión favorable del Director General de Asuntos Ambientales, Director General de Minería y Viceministro de Minas.

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprueba los Niveles Máximo Permisibles para Efluentes Líquidos

Aprobar los Niveles **Máximo Permisibles** para efluentes líquidos minero-metalúrgicos.

Artículo 2°.- Niveles Máximo Permisibles

Los Niveles **Máximo Permisibles** a los cuales se sujetarán las Unidades **Minero-Metalúrgicas** están señaladas en el artículo 1 .Las Unidades **Mineras** en Operación y aquellas que reinician sus operaciones podrán sujetarse a lo señalado en el **Anexo 2** siguiendo lo establecido en el Decreto Supremo N° 016-93-EM.Estos Anexos forman parte de la presente Resolución Ministerial.

Artículo 3.- Ajuste de los valores contemplados en el Anexo 2 hasta igualar los del Anexo 1

Los valores establecidos en el **Anexo 2**, se ajustarán gradualmente hasta igualar a los Niveles Máximo Permisibles (**Anexo 1**) en un periodo no mayor de 10 años a partir de la entrada en vigencia de la presente Resolución Ministerial.

Artículo 4.- Resultados analíticos no excederán los niveles contemplados en el anexo 1 ó 2, según sea el caso.

Los resultados analíticos obtenidos para cada parámetro regulado a partir de la muestra recogida del efluente minero-metalúrgico, no excederán en ninguna oportunidad los niveles establecidos en la columna "Valor en cualquier momento" del **anexo 1 ó 2** según corresponda

Artículo 5.- Concentraciones promedio anuales no excederán los niveles contemplados en el anexo 1 ó 2, según sea el caso

Las concentraciones promedio anuales para cada parámetro regulado no excederán los niveles establecidos en la columna "Valor Promedio Anual" en el **Anexo 1 ó 2** según corresponda.

Artículo 6.- Caso de los parámetros no regulados

Los titulares mineros deberán asegurar que las concentraciones de los parámetros no regulados por la presente Resolución Ministerial, tales como cadmio ,mercurio ,cromo y otros ,cumplan con las disposiciones legales vigentes en el país o demostrar técnicamente ante la autoridad competente, que

su vertimiento al cuerpo receptor no ocasionará efectos negativos a la salud humana y al ambiente.

Artículo 7.- Establecimiento de un punto de control para cada efluente minero-metalúrgico

Los titulares mineros están obligados a establecer en el EIA y/o PAMA o Declaración Jurada de PAMA, un punto de control de cada efluente líquido minero-metalúrgico, a fin de determinar la concentración de cada uno de los parámetros regulados y el volumen de descarga en metros cúbicos por día, que será medido al momento de efectuar la toma de la muestra. Dicho punto de control deberá ser identificado de acuerdo a la ficha de **Anexo 3** que forma parte de la presente Resolución Ministerial.

Artículo 8.- Eliminación o cambio de ubicación de los puntos de control

Los titulares mineros podrán eliminar o cambiar la ubicación de uno o más puntos de control previa aprobación de la Dirección General de Minería, con la opinión favorable de la Dirección General de Asuntos Ambientales, para lo cual será necesario presentar la documentación sustentatoria

Artículo 9.- Determinación de la frecuencia de muestreo

Para efectos de determinar la frecuencia de muestreo de análisis químicos y de presentación de reportes, los titulares mineros serán clasificados de acuerdo al volumen de descarga total de efluentes minero-metalúrgicos al cuerpo receptor, según la siguiente escala:

- a) Mayor de 300 metros cúbicos por día
- b) Entre 50 y 300 metros cúbicos por día
- c) Menos de 50 metros cúbicos por día

Artículo 10.- Resultado del Muestreo

El resultado del muestreo será puesto en conocimiento de la Dirección General de Minería a partir de la entrada en vigencia de la presente Resolución Ministerial de acuerdo a la frecuencia de presentación de reportes que se indica en el **Anexo 4** que forma parte de la presente Resolución.

Artículo 11.-Frecuencia de Análisis químicos

La frecuencia de análisis químicos de los efluentes minero-metalúrgicos se registrará por lo establecido en el **Anexo 5** que forma parte de la presente Resolución.

Artículo 12.-Registro a ser llevado por los Titulares Mineros

Los titulares mineros llevarán un registro según el formato especificado en el **Anexo 6**, de la presente Resolución Ministerial, el mismo que deberá ser presentado al Auditor Ambiental, cuando este lo requiera.

Artículo 13.- Definiciones

Para efectos de la presente Resolución Ministerial se tomará en consideración las siguientes definiciones:

Efluentes Líquidos Minero-Metalúrgicos.- Son los flujos descargados al ambiente, que provienen:

- a) De cualquier labor, excavación o trabajo efectuado en el terreno ,o en cualquier planta de tratamiento de aguas residuales asociadas con labores, excavaciones o trabajos efectuados dentro de los linderos de la Unidad Minera.
- b) De depósitos de relaves u otras instalaciones de tratamiento que produzcan aguas residuales.
- c) De concentradoras, plantas de tostación, fundición y refinerías ,siempre que las instalaciones sean usadas para el lavado ,trituración ,molienda flotación, reducción, lixiviación, tostación, sinterización, fundición, refinación o tratamiento de cualquier mineral ,concentrado, metal o sub. producto.
- d) De campamentos propios.
- e) De cualquier combinación de los antes mencionados.

Muestra Puntual.- Es el tipo de muestra, en un punto de control definido por el Protocolo de Monitoreo de calidad de agua para el Subsector Minería.

Parámetro Regulado.- Son aquellos parámetros que se encuentran definidos en los **Anexos 1 y 2** de la presente Resolución Ministerial.

Punto de Control.- Ubicación aprobada por la autoridad competente, establecida de acuerdo a los criterios del Protocolo de Monitoreo de Aguas; descrita de acuerdo a la ficha del **Anexo 3**.

Unidad Minera en Operación.- Es aquella Concesión y/o Unidad Económica Administrativa (UEA) que se encontraba en operación antes de la entrada en vigencia del Decreto Supremo N° 016-93-EM.

Unidad Minera que reinicia Operaciones.- Es aquella concesión y/o Unidad Económica Administrativa (UEA) que vuelve a operar tras haber estado paralizada antes de la entrada en vigencia del Decreto Supremo N° 016-93-EM.

Unidad Minera Nueva.- Es aquella Concesión y/o Unidad Económica Administrativa (UEA) que comienza a operar con posterioridad a la entrada en vigencia del Decreto Supremo N° 016-93-EM.

Concentración Promedio Anual.- Es la media aritmética de los resultados analíticos obtenidos durante un año calendario.

Registre, comuníquese y publíquese

AMADO YATACO MEDINA

Ministro de Energía y Minas

**ANEXO 1
NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION PARA LAS UNIDADES
MINERO-METALURGICAS**

Parámetro	Valor en Cualquier Momento	Valor Promedio Anual
pH	6 < PH < 9	6 < PH < 9
Sólidos Suspendidos (mg/L)	50	25
Pb(mg/L)	0.4	0.2
Cu (mg/L)	1	0.3
Zn(mg/L)	3	1
Fe(mg/L)	2	1
As(mg/L)	1	0.5
Cianuro Total(mg/L)	1	1

- Cianuro Total , equivalente a 0.1 mg/L de Cianuro Libre y 0.2 mg/l de cianuro fácilmente dissociable en ácido

**ANEXO 2
VALORES MAXIMOS DE EMISION PARA LAS
UNIDADES MINERAS EN OPERACIÓN O QUE
REINICIAN OPERACIONES**

Parámetro	Valor en Cualquier Momento	Valor Promedio Anual
pH	5.5 < pH < 10.5	5.5 < pH < 10.5
Solidos Suspendidos (mg/L)	100	50
Pb(mg/L)	1	0.5
Cu (mg/L)	2	1
Zn(mg/L)	6	3
Fe(mg/L)	5	2
As(mg/L)	1	0.5
Cianuro Total(mg/L)	2	1

ANEXO 3
FICHA DE IDENTIFICACION
PUNTO DE CONTROL

Nombre :
Coordenadas UTM (+/- 100 m) :
descripción (Ubicación) :

Nota: La descripción deberá realizarse tomando como referencia accidentes topográficos y /o instalaciones que permitan determinar la ubicación del punto de control

ANEXO 4
FRECUENCIA DE MUESTREO Y PRESENTACION DE REPORTE

VOLUMEN TOTAL DE EFLUENTE	FRECUENCIA DE MUESTREO	FRECUENCIA DE PRESENTACION DE REPORTE
Mayor que 300 m ³ /día	Semanal	Trimestral (1) y
50 a 300 m ³ / día	Trimestral	Semestral (2)
Menor que 50 m ³ / día	Semanal	Anual (3)

Nota:

(1) Ultimo dia hábil de los meses de marzo , junio , Setiembre y Diciembre

(2) Ultimo dia hábil de los meses de Junio y Diciembre

(3) Ultimo dia hábil de los meses de Junio

Los reportes del mes de Junio estarán contenidos en el anexo 1 del Decreto Supremo N° 016-93-EM

ANEXO 5

FRECUENCIA DE ANALISIS QUIMICO

PARAMETRO	EFLUENTE MAYOR QUE 300 m³/dia	EFLUENTE DE 50 A 300 m³/dia	EFLUENTE MENOR QUE 50 m³/dia
PH	Semanal	Trimestral	Semestral
Sólidos Suspendidos	Semanal	Trimestral	Semestral
Pb,Cu,Zn,Fe,As	Mensual	Trimestral	Semestral
CN Total	Semestral	Quincenal	Trimestral

**ANEXO 6
RESULTADOS ANALITICOS**

Nombre Compañía / Unidad :

Tipo de muestreo : (Puntual o Automático)

Punto de muestreo :

Cuerpo de agua Receptor : (nombre)

Fecha y hora de muestreo :	
Código de muestra :	
Nombre de Laboratorio :	
Flujo en el punto de muestreo :	
PARAMETROS	RESULTADOS ANALITICOS
PH (unidades estándar)	
Sólidos suspendidos (mg/l)	
Pb (disuelto) (mg/l)	
Cu (disuelto) (mg/l)	
Zn (disuelto) (mg/l)	
Fe (disuelto) (mg/l)	
As (disuelto) (mg/l)	
CN Total (mg/l)	

Firma del titular o Representante Legal :

Límites de Calidad del Agua de acuerdo con el D.S. N° 007-83-SA

Parámetro	Unidad						
		I	II	III	IV	V	VI
Límites Bacteriológicos							
Coliformes Totales ⁽¹⁾	MPN/100 mL	8.8	20.000	5.000	5.000	1.000	20.000
Coliformes Fecales ⁽¹⁾	MPN/100 mL	0	4.000	1.000	1.000	200	4.000
Límites de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Oxígeno Disuelto							
Oxígeno disuelto	mg/L	3	3	3	3	5	4
D.B.O. ⁽²⁾	mg/L	5	5	15	10	10	10
Límites para Sustancias Potencialmente Peligrosas							
Selenio	mg/L	0.01	0.01	0.05	--	0.005	0.01
Mercuro	mg/L	0.002	0.002	0.01	--	0.0001	0.0002
B.P.C.	mg/L	0.001	0.001	(3)	--	0.002	0.002
Esteres Esterales	mg/L	0.0003	0.0003	0.0003	--	0.0003	0.0003
Cadmio	mg/L	0.01	0.01	0.05	--	0.002	0.004
Cromo	mg/L	0.05	0.05	1.00	--	0.05	0.05
Niquel	mg/L	0.002	0.002	(3)	--	0.002	(4)
Cobre	mg/L	1.0	1.0	0.50	--	0.01	(5)
Piomo	mg/L	0.05	0.05	0.1	--	0.01	0.03
Zinc	mg/L	5.0	5.0	25.0	--	0.02	(4)
Cianuro (CN)	mg/L	0.2	0.2	(3)	--	0.005	0.005
Fenoles	mg/L	0.0005	0.001	(3)	--	0.001	0.1
Sulfuros	mg/L	0.001	0.002	(3)	--	0.002	0.002
Arsénico	mg/L	0.1	0.1	0.2	--	0.01	0.05
Nitatos (N)	mg/L	0.01	0.01	0.1	--	N.A.	N.A.
Pesticidas		(6)	(6)	(6)	--	(6)	(6)
Límites para Parámetros y sustancias Dañinas							
H.E.M. ⁽¹⁾	mg/L	1.5	1.5	0.5	0.2	--	--
A.B.M.S.	mg/L	0.5	0.5	1.0	0.5	--	--
C.A.E.	mg/L	1.5	1.5	5.0	5.0	--	--
C.C.E.	mg/L	0.3	0.3	1.0	1.0	--	--

Fuente: D.S. N° 007-83-SA

Indicación del uso del Agua

- I Abastecimiento de Agua Doméstica con desinfección
- II Abastecimiento de Agua doméstica con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración aprobados por el Ministerio de Salud
- III Agua usada para riego de cultivos comestibles y agua de consumo animal
- IV Agua en áreas de recreación con contacto directo (baños públicos y zonas similares)
- V Aguas para pesca de moluscos
- VI Aguas en áreas de preservación de fauna acuática o pesca recreacional o comercial

(1) Valor máximo en el 90% de 5 o más muestras
 (2) Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días a 20° C)
 (3) Valores a ser determinados. En caso de sospecha presencia provisionalmente los valores de la columna
 (4) Prueba de 96 horas, multiplicada por 0.02
 (5) Prueba LC50 de 96 horas, multiplicada por 0.1, siendo LC50 la dosis letal que provoca la muerte o letalidad de 50% de las especies usadas en el bioensayo

ANEXO 3

RESOLUCION N° 301-2000-EM/CM

Lima, 14 de Agosto del 2000

Vistos ,el dictamen del señor Vocal Ingeniero Juan Zuta Rubio y el recurso de revisión interpuesto por Minera Yanacocha S.R.L. contra la Resolución Directoral N° 103-2000-EM/DGM del 16 de Junio del 2000,de la Dirección General de Minería que resuelve 1.- Sancionar a la recurrente con una multa de 600 U.I.T. por incurrir en infracciones graves causantes de daño al medio ambiente y a la salud de la población ; y, 2.- La recurrente debe dar cumplimiento a las recomendaciones formuladas en el informe que sustenta la resolución en los planos establecidos bajo apercibimiento de multa;

Considerando:

Que la resolución venida en revisión se sustenta en el informe N° 082-2000-EM-DGM-DFM/MA de fecha 16 de Junio del 2000 del Director de Fiscalización Minera emitida en base a los informes de las inspecciones oculares realizadas por la Empresa de Auditoria e Inspectoría M&S Especialistas Ambientales E.I.R. Ltda. Nombrada por la Dirección General de Minería y por la Empresa de Auditoria e Inspectoría AUDITEC S.A.C. Empresa Fiscalizadora para el año 2000 de Minera Yanacocha S.R.L. ,sobre verificación

de las causas y efectos del derrame de mercurio en la localidad de Choropampa ocurrido el 2 de Junio del 2000, así como de los actuados en el expediente :

Que, de las conclusiones del informe de la Dirección de Fiscalización Minera se tiene que : 1.- Minera Yanacocha S.R.L. obtiene mercurio inorgánico como sub-producto de su operación minera y que en el traslado de dicho producto a cargo de la empresa de transportes Ransa Comercial S.A. a la ciudad de Lima para su posterior comercialización, se produjo el derrame de 80 kilos del mismo, en un tramo de 27 kilómetros entre los poblados de San Juan, Magdalena y Choropampa, siendo esta última localidad el lugar donde se produjo la mayor cantidad de derrame, 2.- Por el tiempo transcurrido entre el derrame, su recojo por los pobladores con la creencia de ser un material valioso, la permanencia de dicho material en sus viviendas, manipuleo del mismo con desconocimiento de los riesgos que implica y por la evaporación del mercurio a una temperatura local de 27° C ,se produjo complicaciones de salud en un numero de 47 casos, los cuales fueron reportados por la sede salud de Choropampa y ; 3.-Según los informes de las Empresas de Auditoria e Inspectoría M & S Especialistas Ambientales E.I.R.L. y AUDITEC S.A.C. el derrame del mercurio evidencia daño al medio ambiente (aire y suelo) y la salud de las personas con posibles consecuencias a mediano y largo plazo .

Que asimismo en sus conclusiones se determina que el procedimiento de envasado de mercurio en las instalaciones de la refinera de Carachugo no es el adecuado en cuanto a condiciones de seguridad y manejo ambiental ,y que luego del derrame producido ,minera Yanacocha S.R.L. no ha llevado a efecto el "Plan de Contingencias y Plan de Respuesta para Emergencias" ,no obstante de estar obligada de acuerdo a su compromiso establecido en su Estudio de Impacto Ambiental, lo cual hubiera permitido minimizar los efectos y consecuencias;

Que, de otro lado en sus conclusiones se cita que de acuerdo a las versiones de representantes de la empresa minera se han recuperado al 15 de Junio del 2000, 29.8 kilos de mercurio, y que Minera Yanacocha S.R.L. no ha cumplido con comunicar oficialmente a la Dirección General de Minería sobre el derrame de mercurio contraviniendo lo dispuesto en el artículo 13 del Decreto Ley 25763;

Que, la recurrente en su recurso de revisión manifiesta ,entre otros argumentos, que : 1.-No es responsable del derrame del mercurio ya que el mismo se produjo durante la ejecución de una actividad de transporte terrestre de mercancías ajenas a ella ,fuera de sus instalaciones y del área de influencia de sus operaciones; 2.- El Ministerio de Energía y Minas no es competente para sancionar el derrame de mercurio ocurrido durante la ejecución de una actividad de transporte terrestre efectuada por una empresa transportista que no se dedica a la actividad minera; 3.- Minera Yanacocha S.R.L. no estaba obligada a

comunicar a la Dirección General de Minería del derrame de mercurio por cuanto este no se había producido como consecuencia del desarrollo de sus actividades ni en sus instalaciones y que no le corresponde por lo tanto que se le aplique sanción alguna ; 4.- Producido el derrame de mercurio en las inmediaciones de Choropampa y no obstante no ser responsable del transporte ni mucho menos del accidente Minera Yanacocha S.R.L. puso en ejecución el Plan de Emergencia de la Empresa adoptando como primera acción el envío del personal directivo y de planta para evaluar lo ocurrido y de esa manera poner en practica las acciones de remediación correspondientes; 5.- Sin perjuicio de lo señalado considera que el monto de la multa impuesta no es la adecuada a la Resolución Ministerial N° 310-99-EM/VMM norma que regula de manera especifica la escala de multas a titulares de actividades mineras ; 6.- Cuenta con un Plan de Respuesta a Emergencias que es actualizado cada año ,el cual establece los procedimientos a seguir en caso de emergencias relacionas con heridas , enfermedades , incendios ,explosiones,emergencias químicas, desastres naturales, actos criminales e interrupción de proceso por lo que siguiendo dicho plan ,no obstante no haber sido causante del derrame, procedió a la calificación del accidente, avisar al supervisor encargado,a alertar del incidente al Comandante y al Jefe del Equipo de Respuesta de Emergencias, así como a la Unidad Médica de Yanacocha ,a la Brigada de Respuesta a Emergencias y al Área de Seguridad; a enviar una cuadrilla de emergencia así como a personal con equipos de respuesta,monitoreo y

limpieza, a iniciar labores de recuperación del mercurio, remoción de suelos afectados y medidas necesarias para brindar asistencia médica a aquellas personas que presentaron síntomas de intoxicación;

Que para sustentar el recurso antes mencionada la recurrente se basa entre otras normas en los artículos VI del Título Preliminar, 22, 216 y 226 del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería , los artículos 344, 350 y 351 del Código de Comercio ;el artículo 113 del Código de Medio Ambiente y Los Recursos Naturales , los artículos 16 y 24 de la Ley 27181 ,Ley General de Transportes y Tránsito Terrestre , y los artículos 164 y 165 del Decreto Legislativo 420 ,Código de Transito y Seguridad Vial ;

Que, de los informes de inspección de las Empresas de Auditoria e Inspectoría de M & S Especialistas Ambientales y AUDITEC S.A.C. y de los documentos en que se sustentan se tiene que Minera Yanacocha S.R.L., extrae el mineral oro a tajo abierto beneficiándola en su refinería de Carachugo y es en dicho proceso de refinación que obtiene mercurio como un sub-producto, el mismo que colectado en baldes de metal son envasados en balones de fierro, trasladados a Lima para su comercialización por medio de la transportista Ransa Comercial S.A. contratada por Minera Yanacocha S.R.L.;

Que, durante la inspección se ha constatado que: 1.- El procedimiento de envasado del mercurio, no es el adecuado en cuanto a condiciones de seguridad y manejo ambiental, ello debido a la falta de avisos de seguridad ,balones usados para almacenamiento ; 2.-En el carguío que dio lugar al derrame,la carga de mercurio no fue colocada en la parte delantera de la plataforma como debería ser ,siendo colocada en la parte posterior la cual es vulnerable a eventos de exposición y riesgos; 3.- Los vehículos de transporte de carga de plataforma abierta no son los indicados para el transporte de mercurio ; 4.- El chofer demostró poco o nulo conocimiento de las propiedades del mercurio como producto altamente tóxico y de las acciones a realizar en casos de derrame; 5.- El Plan de Contingencias para casos de derrame de mercurio no ha sido ejecutado a la fecha del accidente ni a la fecha de la inspección;

Que, asimismo de los informes se tiene que según reporte de minera Yanacocha S.R.L. ;al 15 de Junio del 2000 el derrame del mercurio metálico fue de 151.3 kilos en un tramo aproximado de 27 kilómetros comprendiendo los poblados de San Juan, Choropampa (zona más afectada como consecuencia del mayor derrame) y Magdalena y que se han recuperado 29.19 kilos de mercurio metálico por entrega voluntaria y/o compensación pecuniaria de los pobladores que basados en la creencia de que se trata de un material valioso mantuvieron en sus viviendas

Que, al respecto el artículo 1° de la constitución política del Perú, señala que la defensa de la persona humana es el fin supremo de la sociedad y del estado;

Que, los numerales I y VII del Título Preliminar y del Código de Medio Ambiente y los Recursos Naturales aprobado por Decreto Legislativo 613 establecen que toda persona tiene el derecho irrenunciable a gozar de un ambiente saludable ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y asimismo, a la preservación del paisaje y la naturaleza, teniendo todos el deber de conservarlas dicho ambiente y que el ejercicio de propiedad , conforma al interés social ,comprende el deber del titular de actuar en armonía con el medio ambiente;

Que, el literal a) del artículo 114 del referido código modificado por la ley N° 26913 prescribe que los infractores de las normas ambientales son sujetos pasibles de una multa no menor a media Unidad Impositiva Tributaria y hasta 600 U.I.T. y el artículo 116 de la misma norma señala que al calificar la infracción la autoridad competente tomará en cuenta la gravedad de la misma la condición socio económica del infractor y su situación de reincidente, si fuera el caso;

Que, el artículo 226 del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM, establece que para la aplicación de las disposiciones contenidas en el Decreto Legislativo N° 613, Código de Medio Ambiente y referida a la actividad minera y energética la autoridad competente es el Sector Energía y Minas

Que, el artículo 2° del Reglamento del Título Décimo Quinto del Texto Único ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo N° 016-93-EM establece como definición de protección ambiental al conjunto de acciones de orden científico, tecnológico, legal, humano, social y económico que tiene por objeto proteger el entorno natural, donde se desarrolla las actividades minero metalúrgicas y sus áreas de influencia ,evitando su degradación a un nivel perjudicial que afecte la salud, el bienestar humano, la flora, la fauna o los ecosistemas;

Que, en aplicación de las normas antes referidas se tiene que el titular de un producto minero es el responsable de proteger el ambiente en el entorno natural desde las actividades que desarrolla para la extracción y beneficios del producto hasta su comercialización en armonía con la persona humana, el interés social y medio ambiente y que la infracción a dichas normas es posible de una sanción administrativa con una multa hasta de 600 U.I.T. por el Ministerio de Energía y Minas

Que, en el presente caso Minera Yanacocha S.R.L. es la titular del mercurio metálico obtenido como sub-producto en el proceso de refinación del mineral de oro extraído de su yacimiento minero; por lo tanto le son de aplicación las disposiciones contenidas en las normas concerniente a medio ambiente, en lo referido a la actividad minera.

Que, de los informes de las auditoras que corren en el expediente se tiene que al momento de la inspección se constato que los envases,procedimiento de envasado, carguío y vehículo de carga para transportar dicho producto no eran los adecuados y que son los que contribuyeron a la ocurrencia del accidente del derrame de mercurio metálico y la inejecución de una plan de contingencias oportuna dio lugar a la no recuperación inmediata del mercurio que hubiera evitado el daño al medio ambiente y su consecuencia ,hechos no desvirtuados por la recurrente y que determinan que el accidente y sus consecuencias resulten ser muy graves ;

Que, asimismo en dichos informes se evidencia que la ocurrencia del derrame de mercurio metálico ha degradado el ambiente a un nivel que ha afectado gravemente la salud de una persona y puesto en riesgo la de otras 47 hasta la fecha de las inspecciones oculares, alterando así el bienestar humano con consecuencias imprevisibles, a corto y mediano plazo, que por su incidencia en el daño de la salud humana lo califica también como muy grave;

Que, en consecuencia Minera Yanacocha S.R.L. como titular del producto mercurio metálico derramado por la transportista Ransa Comercial S.A. tiene responsabilidad en el daño producido al medio ambiente y la evaluación la gravedad del suceso y la condición socio económica de la responsable ,la sanción impuesta con una multa de 600 U.I.T. se encuentra arreglada la Ley;

Que, de otro lado respecto a lo argumentado sobre la aplicabilidad del artículo 216 del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, es necesario precisar que no es pertinente al presente caso, toda vez que dicha norma es parte del Título Bienestar y Seguridad Minera y no del Título de Medio Ambiente ni tampoco el servicio de transporte prestado por la empresa transportista de la carga, por no ser de naturaleza minera;

Que, con respecto a las normas legales que cita la recurrente como fundamento del recurso impugnativo y que son los artículos 344 , 350 y 351 del código de comercio sobre la responsabilidad del transportista en cuanto a la carga ;artículo 16 de la Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre sobre incumplimiento de los dispositivos legales vinculados al transporte y al tránsito terrestre ; y artículo 24 de la Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre sobre condiciones técnicas del vehículo, estas están referidas a la pérdida de la carga ,incumplimiento de las reglas de tránsito y condiciones técnicas del

vehículo y no al presente caso, que es el derrame del mercurio metálico al medio ambiente como consecuencia de un mal envasado del producto, carguío, inadecuado y de entregarlo para su transporte a uno que no reúne las debidas condiciones y su impacto a la salud humana, sin que esto signifique enervar las responsabilidades que podrían corresponder a la transportista por incumplimiento a las normas que cita la recurrente por las autoridades competentes;

Que, por las consideraciones expuestas el Consejo de Minería debe declarar infundada el recurso de revisión interpuesto por Minera Yanacocha S.R.L. contra la Resolución Directoral N° 103-2000-EM/DGM del 16 de Junio del 2000 del Director General de Minería en todos sus extremos, la que debe confirmarse por los fundamentos de la presente resolución ;

Que lo dispuesto en la presente resolución sienta precedente de observancia obligatoria; por tanto, a tenor de lo dispuesto por el inciso 6 del artículo 1° del Decreto Supremo N° 018-97-PCM debe publicarse en el Diario Oficial El Peruano;

Estando al dictamen del Vocal Informante y con el voto favorable de los miembros del Consejo de Minería que suscribe;

SE RESUELVE.

1° Declarar infundado el recurso de revisión interpuesto por Minera Yanacocha S.R.L. contra la Resolución Directoral N° 103-2000-EM/DGM del 16 de Junio del 2000 del Director General de Minería en todos sus extremos, la que se confirma por los fundamentos de la presente resolución.

2° Publicar la presente resolución en el diario oficial El Peruano de acuerdo a lo dispuesto por el inciso 6 del artículo 1° del Decreto Supremo N°
018-97-PCM.

Regístrese, Publíquese y Archívese.

ING. JOSE CASTILLO MEZA
PRESIDENTE

DRA. GLADYS JOHNSON LAZARTE
VICE PRESIDENTA

ING. JUAN ZUTA RUBIO
VOCAL

DRA. LILIANA PAUTRAT MEDINA
VOCAL

DR. RODOLFO CAPCHA ARMAS
SECRETARIO RELATOR LETRADO

ANEXO 4

LEY ARTESANAL

LEGISLACIÓN AMBIENTAL DE LA PEQUEÑA MINERÍA Y ARTESANAL

12. LEY DE FORMALIZACIÓN Y PROMOCIÓN DE LA PEQUEÑA MINERÍA Y MINERÍA ARTESANAL (14)

El 24 de Enero del 2002 el estado promulgo la ley 27651 "LEY DE FORMALIZACIÓN Y PROMOCIÓN DE LA PEQUEÑA MINERÍA Y MINERÍA ARTESANAL" donde se reconoce e integra como un estrato más dentro de la Ley General de Minería. Según (decreto supremo N° 03-2001-EM)

Artículo 1° OBJETO DE LA LEY

La presente ley tiene por objeto introducir en la legislación minera un marco legal que permita una adecuada regulación de las actividades mineras desarrolladas por pequeños productores mineros y mineros artesanales propendiendo a la formalización, promoción y desarrollo de las mismas.

Artículo 2° AMBITO Y APLICACIÓN DE LA LEY

La pequeña minería y la minería artesanal son actividades que se sustentan en la utilización intensiva de mano de obra que las convierten en una gran fuente de empleo y de beneficios colaterales productivos en las áreas de influencia de

sus operaciones ,constituyéndose en polos de desarrollo por lo que resulta necesario establecer una legislación especial sobre la materia .

Las cuales comprenden las labores de extracción y recuperación de sustancias metálicas y no metálicas del suelo y subsuelo , desarrollándose en forma personal o como conjunto de personas naturales o jurídicas que buscan maximizar ingreso de subsistencia.

ARTICULO 3° .- MENCION AL TEXTO UNICO ORDENADO

En el texto único ordenado de la ley General de Minería, aprobado por el decreto supremo N° 014-92-EM , del 2 de Junio de 1992.

ARTICULO 4°.- ROL DE PROMOCION Y PROTECCIÓN DEL ESTADO

El estado protege y promueve la pequeña minería y la minería artesanal, así como la mediana minería, y promueve la gran minería

ARTÍCULO 5° .-SOLICITUD Y AUTORIZACIÓN DE OPERACIÓN

“El conjunto de procesos físicos, químicos y/o fisico-químicos que realizan los productores mineros artesanales para extraer o concentrar las partes valiosas de un agregado de minerales y/o para purificar, fundir o refinar metales no se encuentran comprendidos en el alcance del presente título, para su realización solo será necesaria la solicitud acompañada de información técnica y una Declaración de Impacto Ambiental suscrita por un profesional competente en la materia. La autorización correspondiente será expedida por la Dirección General de Minería.”

ARTICULO 6° .- DE LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN

“La producción no podrá ser inferior al equivalente en moneda nacional a \$100.00 por año y por Ha otorgada, tratándose de sustancias metálicas y del equivalente en moneda nacional a \$50.00 por año y por Ha otorgada tratándose de sustancias no metálicas. En caso de pequeños productores mineros la producción no podrá ser inferior al equivalente en moneda nacional a \$50.00 por año y por Ha otorgada sea cual fuere la sustancia . Para el caso de productores mineros artesanales la producción no podrá ser inferior al equivalente en moneda nacional al \$25.00 por año y por Ha otorgada sea cual fuere la sustancia “

ARTICULO 10° .-ESTRATIFICACION DE LA PEQUEÑA MINERIA

MINERIA ARTESANAL

Son pequeños productores mineros los que :

- 1.- Posean cualquier titulo hasta 2000 Ha, entre denuncios, petitorios y concesiones mineras.
- 2.- Posean por cualquier titulo una capacidad instalada de producción y/o beneficio de 350 TM /día, con excepción de materiales de construcción, arenas, gravas auríferas de placer , metales pesados detriticos en que el limite será una capacidad instalada de producción y/o beneficio de hasta 3000 m³/día

Son productores mineros artesanales los que:

- 1.- En forma personal o como conjunto de personas naturales o jurídicas se dedican habitualmente y como medio sustento a la explotación y/o beneficio directo de minerales, realizando sus actividades con métodos manuales y/o equipos básicos.
- 2.- Posean por cualquier título hasta 1000 Ha , entre denuncios petitorios u concesiones mineras , o hayan suscrito acuerdos o contratos con los titulares mineros según lo establezca el reglamento de la presente ley.
- 3.- Posean cualquier título una capacidad instalada de producción y/o beneficio de 25 TM /día, con excepción de los productores de materiales de construcción , arenas ,gravas auríferas de placer , metales pesados detríticos en que el limite será una capacidad instalada de producción de hasta de 200m³ /día.

La condición de pequeño productor minero o productor minero artesanal se acreditará ante la Dirección General de Minería mediante declaración jurada bienal.

ARTICULO 11° .- DEL ACUERDO O CONTRATO DE EXPLOTACIÓN

Una vez logrado el acuerdo o contrato de explotación entre el minero artesanal y el titular del derecho minero, el Ministerio de Energía y Minas ayudará al minero artesanal en una labor tutelar de fortalecimiento orientada a su consolidación empresarial, por un periodo no mayor a dos años , que cubra los sgtes aspectos:

- 1.- Capacitación tecnológica operativa y de administración tendiente a lograr una explotación racional del yacimiento.
- 2.- Canalización de información procedimental administrativa que permita al minero artesanal hacer uso de las oportunidades que pudieran surgir y la que la presente ley otorga . Para tal efecto el Ministerio de Energía de Minas deberá contar con un Registro de Productores Mineros Artesanales .
- 3.- Facilitar los contactos con los proveedores y clientes más convenientes tanto locales como externos.
- 4.- Facilitar el acceso directo del minero artesanal a los insumos de producción que son materia de control especial por parte del estado.
- 5.- Asesoría para la identificación de fuentes de financiamiento.

ARTICULO 13° . SANCIONES PECUNIARIAS

Las escalas de multas y penalidades que se aplicaran en caso de incumplimiento a las disposiciones contenidas en la ley así como de los reglamentos , deberán contemplar un tratamiento especial para los productores mineros artesanales no pueden exceder en el caso de sanciones pecuniarias de 2 UIT y 1 UIT respectivamente . Tratándose de accidentes fatales, las multas serán de 5 UIT para pequeños productores mineros y hasta de 3 UIT tratándose de productores mineros artesanales.

ARTICULO 15° . ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Para el inicio o reinicio de actividades, los pequeños productores mineros y productores mineros artesanales estarán sujetos a la presentación de Declaración de Impacto Ambiental o Estudio de Impacto Ambiental semidetallado, según sea su caso , para la obtención de la Certificación Ambiental referida en la ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental . La declaración o estudio que deban presentar los pequeños productores mineros y los productores mineros artesanales no requerirán estar suscritos por un auditor ambiental registrado bastara para el efecto la suscripción del o los profesionales competentes en la materia.

La declaración o Estudio de Impacto Ambiental deberá contener la identificación de los compromisos ambientales y sociales individuales o colectivos, según sea la naturaleza de estos.

ARTICULO 16°. PLAN DE DESARROLLO DE LA MINERIA ARTESANAL

El MEM a través de sus órganos competentes y los organismos públicos descentralizados del sector elaborara el plan de Desarrollo de la minería Artesanal que deberá comprender, entre otras , las siguientes actividades:

- 1.- En áreas mineras catastradas de propiedad del estado, promoverá y facilitara el otorgamiento del derecho minero a los mineros artesanales que se encuentren realizando explotación minera en dichas áreas.
- 2.-En áreas mineras catastradas debidamente tituladas a favor de los mineros formales , el MEM asumirá un rol intermediario para facilitar e impulsar

la adopción de los mecanismos legales pertinentes para llegar al acuerdo de explotación , que contenga condiciones aceptables para ambas partes en toda área titulada o en parte de ella .

- 3.- En cargar al INGEMET la formulación anual de un plan de apoyo a la pequeña minería , relacionado con análisis de muestras y promoción de los proyectos mineros presentados por los pequeños productores mineros y productores mineros artesanales . Dichos servicios de materia de un tratamiento especial en la fijación de los montos de pagos correspondientes que deban realizar los beneficiarios de los mismos.

ARTICULO 18° . PROGRAMAS DE ADECUACION Y MANEJO AMBIENTAL

Los pequeños productores mineros, Productores Mineros y productores mineros artesanales que a la fecha no cuenten con EIA o PAMA, deberán presentar ante la Dirección de Asuntos Ambientales , en el plazo máximo de un año , el respectivo PAMA en donde se detallaran los compromisos, remediación , adecuación e inversión y calendario de obras .

El mencionado programa podrá ser realizado para operaciones que involucran uno o mas pequeños productores mineros o productores mineros artesanales cuando las condiciones de explotación y la ubicación geográfica de las mismas asi lo permita.

El PAMA debe contener identificación de los Compromisos Ambientales y Sociales individuales y colectivos, según la naturaleza de estos .

ARTICULO 19° . RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

Las partes que suscriben el contrato o acuerdo de explotación Minera responden solidariamente por los daños causados al ambiente conforme a la legislación vigente.

El incumplimiento de las normas ambientales comprobadas por la autoridad minera constituirá causal de resolución del contrato o acuerdo de explotación Minera a que se refiere el artículo 11 de la presente ley.

ARTICULO 20°. RESPONSABILIDAD EN MATERIA DE SEGURIDAD E HIGIENE MINERA

El incumplimiento comprobado por la autoridad minera de las normas en materia de seguridad e higiene minera , ocurridas dentro del área identificada en el contrato de acuerdo de explotación son de responsabilidad del productor Minero Artesanal.