



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE MINERÍA
SUBSECRETARÍA DE MINERÍA



CONSEJO
MINERO

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA
CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN LIMPIA

Gestión de Residuos Industriales Líquidos Mineros y Buenas Prácticas



ACUERDO MARCO PRODUCCIÓN LIMPIA SECTOR GRAN MINERÍA
BUENAS PRÁCTICAS Y GESTIÓN AMBIENTAL

Noviembre 2002

Gestión de Residuos Industriales Líquidos Mineros y Buenas Prácticas

Chile

ACUERDO MARCO PRODUCCIÓN LIMPIA SECTOR GRAN MINERÍA
BUENAS PRÁCTICAS Y GESTIÓN AMBIENTAL

Noviembre 2002



Índice

1.	Introducción	5
2.	Objetivo General	6
3.	Objetivos Específicos	6
4.	Marco Regulatorio de Riles Mineros	7
4.1.	Introducción	7
4.2.	Definiciones	7
4.3.	Ámbitos de competencia de servicios públicos y su relación con la actividad minera y riles	8
4.4.	Contexto de la actividad minera y los residuos industriales líquidos.	10
4.5.	Normas aplicables a riles de la minería	14
5.	Estado Actual del Manejo de Riles en la Minería en Chile	16
5.1.	Introducción	16
5.2.	Diagnóstico de riles en la Gran Minería	17
5.3.	Conclusiones del diagnóstico	23
6.	Buenas Prácticas en la Gestión de Riles Mineros	24
6.1.	Introducción	24
6.2.	El origen de los efluentes de la minería	24
6.3.	Características de los efluentes de la minería	25
6.4.	Opciones generales de tratamientos aplicables a los riles mineros	25
6.5.	Opciones de tratamientos de parámetros específicos aplicables a los riles mineros	26
7.	Buenas Prácticas en la Gestión de Riles Mineros, caso Minería Los Pelambres.	27
7.1.	Antecedentes de la mina	27
7.2.	El problema: características del proceso y descargas líquidas	28
7.3.	La solución: sistema de tratamiento de residuos líquidos y reutilización de efluentes.	30
8.	Anexos	33
8.1.	Anexo A	34

1. Introducción

El presente documento tiene su origen en los objetivos propuestos del Acuerdo Marco de Producción Limpia, establecidos en noviembre de 2000.

A este instrumento concurrieron las siguientes entidades del sector público, y que tienen competencia en las actividades de minería, desarrollo productivo y medio ambiente del Gobierno de Chile:

- Ministerio de Minería
- Ministerio de Economía
- Comisión Nacional de Energía
- Ministerio de Salud
- Comisión Nacional del Medio Ambiente
- Servicio Nacional de Geología y Minería
- Servicio Agrícola y Ganadero
- Comisión Chilena del Cobre
- Dirección General de Aguas
- Superintendencia de Servicios Sanitarios

Así también concurrieron a la firma de este acuerdo las siguientes entidades que forman parte del Consejo Minero de Chile A.G:

- Codelco Chile
- Barrick Chile Ltda.
- Compañía Minera Disputada de Las Condes Ltda.
- Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM
- Compañía Minera Mantos de Oro
- Compañía Minera Quebrada Blanca S.A.
- Compañía Minera Zaldívar

- Empresa Minera de Mantos Blancos S.A.
- Minera Escondida Ltda.
- Minera Los Pelambres
- Compañía Minera Meridian
- BHP Copper
- Phelps Dodge Mining Services
- Noranda Chile Ltda.
- Placer Dome Latin America
- SCM El Abra

El objetivo de este acuerdo es impulsar la aplicación de una estrategia ambiental preventiva, en los procesos, productos, servicios y organización del trabajo, relacionados con la empresa, para aumentar su eficiencia y competitividad, previniendo la generación de residuos en la fuente y reduciendo el riesgo sobre la población y el medio ambiente.

2. Objetivo General

Identificar y evaluar, la situación actual de los residuos industriales líquidos generados por la gran minería y las opciones técnicas para minimizar, reutilizar y reciclar.

3. Objetivos Específicos

- Analizar aspectos regulatorios en materia de residuos industriales líquidos generados en la actividad minera.
- Analizar la situación actual en materia de residuos industriales líquidos, en la Gran Minería en Chile.
- Identificar buenas prácticas en la gestión de riles mineros.
- Mostrar un caso de buena práctica en el manejo de residuos industriales líquidos en la minería chilena.

4. Marco Regulatorio de Riles Mineros

4.1. INTRODUCCIÓN

La actividad minera se caracteriza por estar emplazada en sectores alejados de sectores urbanos, a la vez que utilizan grandes instalaciones y equipamiento. Constituye una parte importante del desarrollo económico del país.

El presente capítulo analiza el marco institucional y normativo relativo a los residuos industriales líquidos mineros, de manera de comprender el ámbito jurídico las atribuciones de cada servicio público.

4.2. DEFINICIONES

Órgano del Estado con competencia ambiental: aquel ministerio, servicio público, órgano o institución creado para el cumplimiento de una función pública, que otorgue algún permiso ambiental sectorial de los señalados en este Reglamento, o que posea atribuciones legales asociadas directamente con la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza, el uso y manejo de algún recurso natural y/o la fiscalización del cumplimiento de las normas y condiciones. (Art. 2, letra b, DS SEGPRES N°30/97)

Residuo Industrial Líquido: efluente líquido descargado por un establecimiento industrial.

Establecimiento Industrial: aquél en el que se realiza una actividad económica donde se produce una transformación de la materia prima o materiales empleados, dando origen a nuevos productos, o bien en que sus operaciones de fraccionamiento, manipulación o limpieza, no produce ningún tipo de transformación en su esencia, sin embargo, descarga efluentes con una carga contaminante media diaria, medida antes de toda forma de tratamiento, superior al equivalente a las aguas servidas de una

población de 100 personas, en uno o más parámetros de señalados en Tabla 1 (ver anexo A).

4.3. ÁMBITOS DE COMPETENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS Y SU RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD MINERA Y RILES.

La actividad minera está sujeta a numerosas regulaciones, las cuales son abordadas por diferentes Órganos del Estado con Competencia Ambiental. A continuación, se exponen las diferentes funciones de los servicios públicos que se relacionan con la gestión de residuos industriales líquidos y/o con la actividad minera.

4.3.1. Servicio Nacional de Geología y Minería

El Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN, es un organismo autónomo, asesor técnico del Ministerio de Minería, tiene atribuciones relativas a fiscalizar las instalaciones mineras, y en particular las operaciones en las faenas, de acuerdo al DS Minería 72/85, reglamento de Seguridad Minera. También, efectúa la fiscalización sobre la construcción y operación de Tranques de Relaves, de acuerdo al DS Minería 86/70.

Su relación con la actividad minera es directa, pues requiere que cada faena presente, para su aprobación, el método de explotación de la mina, el tratamiento de mineral y un reglamento interno para sus operaciones. En ese reglamento se debe incorporar instrucciones específicas para el manejo y disposición de residuos líquidos, combustibles y sustancias inflamables.

De la misma manera, el Servicio Nacional de Geología y Minería autoriza la construcción de los Tranques de Relaves, donde se depositan los desechos sólidos en suspensión líquida provenientes de la concentración de minerales por flotación.

Desde la perspectiva organizacional, el Servicio Nacional de Geología y Minería cuenta con 1 oficina central y 6 direcciones regionales.

4.3.2. Servicios de salud

El Servicio de Salud es una institución autónoma y funcionalmente descentralizada; cuenta con personalidad jurídica y patrimonio propio. Sin embargo, depende directiva y normativamente del Ministerio de Salud y específicamente de la Subsecretaría de Salud.

El Servicio de Salud tiene atribuciones jurídicas y deberes necesarios para atender todas las materias que digan relación con la salud pública y el bienestar higiénico de la población, de acuerdo a lo establecido en el DFL 725/68 MINSAL, Código Sanitario.

En particular, los artículos 71, 72 y 73 del DFL 725 establecen prohibiciones de descargas de residuos mineros a masas o cursos de agua que sean utilizados para uso potable, riego o balneario, sin previa depuración. La instalación depuradora debe ser autorizada por cada Servicio de Salud.

El artículo 74 del DFL 725 establece prohibiciones para ejecutar labores mineras en los lugares en donde se hubieren alumbrado aguas subterráneas, en terrenos particulares, ni en aquellos lugares cuya explotación pueda afectar el caudal o la calidad natural del agua. Por lo tanto, la explotación minera deberá proyectarse de manera que no altere el caudal de aguas alumbradas o la calidad natural del agua subterránea o superficial.

El DS MINSAL 594/99 establece prohibiciones de incorporar a las napas subterráneas de los subsuelos, o de arrojar en los canales de regadío, acueductos, ríos, esteros, quebradas, lagos, lagunas, embalses o en masas o en cursos de agua en general, los relaves industriales o mineros o las aguas contaminadas con productos tóxicos sin ser previamente sometidos a los tratamientos de neutralización.

Los Servicios de Salud con funciones operativas vinculadas a la fiscalización ambiental son 22 unidades en todo Chile, más el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.

4.3.3. Servicio Agrícola y Ganadero

El Servicio Agrícola y Ganadero, es una institución autónoma y funcionalmente descentralizada, disponiendo de personalidad jurídica y patrimonio propio. Sin embargo, depende directiva y normativamente del Ministerio de Agricultura.

El Servicio Agrícola y Ganadero tiene atribuciones jurídicas y deberes relacionados con la protección y conservación de los recursos naturales renovables, que inciden en el ámbito de la producción silvoagropecuaria, de acuerdo a la Ley 18755 y el DL 3557/80, modificada por la Ley 19695.

La organización del Servicio Agrícola y Ganadero considera 13 Direcciones Regionales y 62 Oficinas Sectoriales.

4.3.4. Dirección General de Aguas

La Dirección General de Aguas es una institución autónoma y funcionalmente descentralizada, que dispone de personalidad jurídica y patrimonio propio. Sin embargo, depende directiva y normativamente del Ministerio de Obras Públicas.

La Dirección General de Aguas, tiene atribuciones jurídicas y deberes relacionados con la supervigilancia de los usos de aguas en los cauces naturales de uso público, de acuerdo al DF 1122/81, Código de Aguas, en particular en la exploración de agua en bofedales de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, y también, en la autorización de obras hidráulicas y acueductos.

Una atribución ambiental directa que le compete a la DGA es en la provisión de información de los cursos de agua superficiales a los interesados,

y también, en la determinación de los contenidos de captación, contenido natural y coeficientes de dilución de los cuerpos de agua superficiales que son receptores de descargas de residuos líquidos.

La Dirección General de Aguas se organiza en Chile en 13 Direcciones Regionales.

4.3.5. Comisión Nacional del Medio Ambiente

La Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, es un servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios, sometido a la supervigilancia del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

La Comisión Nacional del Medio Ambiente tiene atribuciones de coordinador del Sistema de Gestión Ambiental, según la Ley 19.300, por lo que sus funciones son variadas, entre las cuales destacan, la coordinación del proceso de dictación de las normas ambientales, planes de descontaminación y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

El DS SEGPRES N°93/95 establece el procedimiento mediante el cual la CONAMA coordina el proceso de dictación de normas de calidad ambiental y de emisión. Este proceso comprende la elaboración de un anteproyecto de norma, la realización de consulta a diferentes actores (público en general y consejo consultivo) y la formulación del proyecto de norma definitivo.

En materia de aguas residuales se han dictado dos normas: el DS MOP 609/98, que establece estándares a los residuos industriales líquidos que descargan a redes de alcantarillado público; y el DS SEGPRES N°90/2000, que establece estándares a los residuos líquidos que descargan a los cursos o masas de agua continentales.

El DS SEGPRES N°94/95, establece el procedimiento mediante el cual la CONAMA coordina el proceso de dictación de un plan de

prevención o descontaminación en un área, y que es consecuencia de la declaración de zona saturada o latente en un área. El proceso comienza con la elaboración de un anteproyecto de plan, continúa con el proceso de consulta de anteproyecto de plan y finaliza con la elaboración del proyecto de Plan definitivo.

El DS SEGPRES N°30/97, establece el procedimiento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, SEIA, el cual es coordinado por CONAMA y en el que participan todos los órganos del Estado con competencia ambiental. Al SEIA se someten todos los proyectos tipificados en el art. N° 10 de la Ley 19.300, los que pueden ingresar con una Declaración o Estudio de Impacto ambiental, según cumplan los criterios establecidos en el art. N°11 de la Ley 19.300, respectivamente. Como resultado final de la calificación del proyecto, éste puede ser aprobada o rechazada, lo que quedará establecido en la Resolución de Calificación Ambiental. Éste documento fijara las condiciones con las cuales el proyecto se podrá ejecutar.

La CONAMA se desconcentra territorialmente a través de las Comisiones Regionales del Medio Ambiente (13).

4.3.6. Superintendencia de Servicios Sanitarios

La Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, es un servicio público, funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sujeto a la supervigilancia del Ministerio de Obras Públicas.

De acuerdo a la Ley 18.902 a la Superintendencia de Servicios Sanitarios le corresponde la fiscalización de los prestadores de servicios sanitarios, del cumplimiento de las normas relativas a servicios sanitarios y el control de residuos industriales líquidos.

La ley 18902, complementada por la Ley 19.821, establece las atribuciones que dispone la SISS para el control de los residuos industriales líquidos. En particular, especifica las acciones que puede seguir,

en caso que los establecimientos industriales incumplan las leyes, reglamentos, normas relacionadas con descargas de riles, o las instrucciones, órdenes y resoluciones que dicte la SISS. Las acciones posibles que puede adoptar la SISS van desde la multa a beneficio fiscal, hasta clausura del establecimiento industrial.

La Ley 19.821 deroga a la Ley 3133 y su reglamento DS MOP 351/92, en cuanto al procedimiento de autorización de plantas de tratamiento de riles. Esto significa que su participación en el SEIA ya no es obligatoria por el art. N° 89 del DS SEGPRES N°30/97, sino más bien es facultativa, pues es fiscalizadora del cumplimiento de normas de emisión de descargas de residuos líquidos y también es fiscalizadora de servicios sanitarios públicos.

Dada la derogación del procedimiento administrativo de la Ley 3133, la Ley 19.821 señala que el establecimiento industrial, a los menos 90 días de la entrada en operación, deberá dar a aviso a la SISS sobre el comienzo de su proceso, ante lo cual, la SISS emitirá una resolución de monitoreo de la descarga.

La organización de la SISS esta centralizada en Santiago, sin embargo, dispone de oficinas en Concepción y Puerto Montt, como apoyo a la actividad fiscalizadora.

4.4. CONTEXTO DE LA ACTIVIDAD MINERA Y LOS RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS.

La actividad minera, habitualmente es sinónimo de grandes instalaciones y de extensiones considerables; se remueven importantes volúmenes de material, los cuales son procesados por métodos mecánicos, físicos, químicos y eléctricos, los que finalmente permiten obtener el mineral y un conjunto de subproductos.

La actividad minera en Chile se caracteriza por extraer y procesar minerales fundamentalmente metálicos tales como Cobre, Oro y Plata, entre otros.

Para el desarrollo de las actividades, se utilizan recursos humanos, técnicos y financieros, pero también insumos, tales como agua. Este requerimiento, está restringido fuertemente porque buena parte de los yacimientos se localizan en sectores de gran escasez. Es así, como aquellas empresas que tienen esas condiciones, efectúan grandes esfuerzos para reutilizar el recurso agua en sus procesos.

Sin embargo, como toda actividad industrial, el uso y reutilización del recurso hídrico es limitado por su calidad y los costos de disponer de tecnología adecuada para su tratamiento.

En la minería, el uso del recurso agua, sustancias químicas, y el contacto de éstos con el mineral permiten obtener soluciones con altos niveles de concentración, las cuales se utilizan para diversos procesos.

Antiguamente, la disposición de aguas residuales de procesos industriales se efectuaban sin limitaciones a cuerpos y cursos de agua. Como consecuencia de la relevancia de la temática ambiental en el país, actualmente, se ha avanzado en la promulgación de normas ambientales y paralelamente han surgido nuevas opciones de disposición, las cuales consideran una disminución importante de la descarga, y privilegia el reciclaje, la evaporación y la reutilización.

Los desechos líquidos de la actividad, son consecuencia de los diferentes procesos que ocurren en la faena. Algunos de los desechos líquidos más importantes son:

- El efluente que se genera por el depósito de desechos líquidos en tranques de relaves.
- El efluente generado por lixiviación natural de materiales estériles .
- El efluente generado por escorrentía y que proviene de la mina.
- El efluente generado por el procesamiento de concentrado de mineral.

Estas descargas líquidas pueden cumplir la condición de residuo industrial líquido, y por lo tanto estar afecto a norma.

4.4.1. El efluente que se genera por el depósito de desechos líquidos en tranques de relaves.

El desecho líquido que se descarga a los tranques se caracteriza por tener altas concentraciones de sólidos suspendidos, con contenidos de molibdeno, sulfatos, entre otras sustancias; y son consecuencia, del proceso de flotación de mineral a que es sometida la pulpa mineral que proviene de la etapa previa de molienda fina.

Los tranques (obras del tipo represa) tienen como función contener el efluente, y permitir la sedimentación de las partículas finas en la cubeta del depósito y retención de los sólidos más gruesos en el muro, de tal modo de poder luego, recuperar el máximo volumen posible de las aguas claras y retornarlas al proceso de flotación. El líquido no recuperado se infiltra o evapora. Los sólidos finos decantan gravitacionalmente y se depositan en el fondo del tranque, generándose una acumulación de material fangoso y mineralizado, con altos niveles de concentración de elementos metálicos (no recuperables), y que en el transcurso del tiempo van formando una capa de sedimento impermeable debido a la consolidación del material (Ver Figura 1 página 12).

Los tranques más modernos consideran sistemas de impermeabilización del muro de partida; y en el fondo o base del muro de contención se consideran drenes (dedos o camas drenantes) para interceptar posibles filtraciones a la napa. Sin embargo, los tranques más antiguos no contemplaron en su diseño sistemas de impermeabilización ni pozos de monitoreo de aguas subterráneas.

Por otro lado, el líquido que permanece en la superficie del tranque, conocido con el nombre “aguas claras”, es reutilizado en la planta de flotación y en algunos casos, en los que por altos

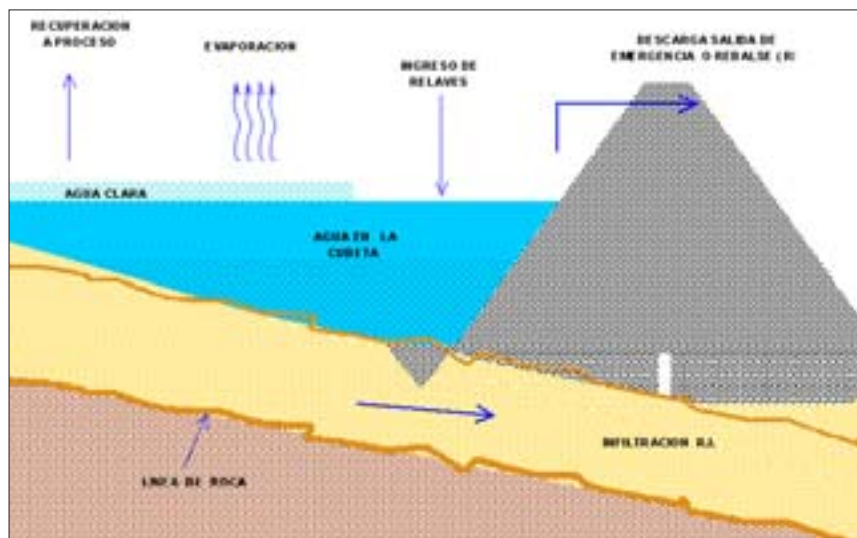


Figura 1. Perfil de un tranque de relave sin impermeabilización.

costos económicos (gran distancia entre el tranque y la planta) se destina a uso en riego (previo cumplimiento de normas) o al humedecimiento de caminos donde transitan vehículos (poco frecuente). Los volúmenes y características físico-químicas de este flujo dependen de la estacionalidad, de factores meteorológicos y del tipo de faena. Sin embargo, es frecuente encontrar caudales considerables, y altas concentraciones en parámetros como Molibdeno, Sulfatos, Cloruros, Sólidos Sedimentables..

4.4.2. El efluente generado por la lixiviación natural de los restos o materiales estériles que se depositan.

Este tipo de efluente se genera por la percolación de una corriente líquida (licor), generada principalmente por reacciones químicas y bacterianas complejas que presentan cinéticas de distintos ordenes de magnitud, a partir del depósito de material estéril. El licor producido es rico en sulfatos o sulfuros metálicos y ácido sulfúrico.

Las principales reacciones que ocurren durante la lixiviación de minerales son: la disolución de sales solubles, hidrólisis de sulfato férrico, oxidación bacteriana de sulfato ferroso, lixiviación férrica de

un mineral sulfurado, oxidación bacteriana de azufre.

Generalmente, el depósito de material estéril se efectúa sobre terrenos sin protección en su base y en el perímetro, los que junto con la elevación alcanzada, permiten generar, en algunas ocasiones, importantes volúmenes de líquido percolado.

Este líquido percolado, usualmente se conduce hacia un sector que está fuera de la faena, de manera que no afecta sus operaciones. Sin embargo, pueden afectar a cursos de aguas superficiales cercanos o infiltrar a cuerpos subterráneos.

Los volúmenes y características físico-químicas de este flujo dependen principalmente de factores meteorológicos y del tipo de faena (características físico-químicas del material estéril depositado).

4.4.3. El efluente generado por escorrentía que proviene de la mina (aguas mina).

El yacimiento o faena minera, generalmente significa una remoción considerable de material,

el que será tratado por métodos mecánicos, físicos, químicos, entre otros, hasta obtener el mineral buscado.

El sitio de extracción del material puede estar caracterizado por la circulación interna de agua, la que puede ser de origen subterráneo (afloramientos), o de precipitaciones. Este movimiento de agua puede aumentar o disminuir, en la medida que el sitio disponga de mayor o menor capacidad para que el flujo circule.

Este flujo requiere de ser evacuado de las instalaciones de la mina, puesto que se caracteriza por ser ácido y tener altos niveles de concentración de metales, los que pueden llegar a ser corrosivos, reactivos o abrasivos, dependiendo de los tipos de materiales de las instalaciones. Para ello, generalmente se diseñan y construyen obras de conducción, que permiten descargar finalmente el agua hacia un curso superficial o subterráneo.

4.4.4. El efluente generado por el procesamiento de concentrado de mineral.

En el procesamiento de concentrado de mineral se utilizan grandes volúmenes de agua (100 a 200 m³ por tonelada de mineral), los que principalmente son depositados en tranques de relaves (Ver figura 2).

Se identifica una recirculación de aguas, producida en el proceso de sedimentación y filtración de concentrado de Cobre. Este flujo se caracteriza por la presencia de Molibdeno, Sólidos Sedimentables, Sólidos suspendidos, Cobre, Hierro disuelto, Sulfatos. Los sedimentos del proceso de sedimentación son depositados en canchas de secado.

También, se identifica una recirculación de aguas, producida en el proceso de sedimentación y filtración de concentrado de Molibdeno. Este flujo

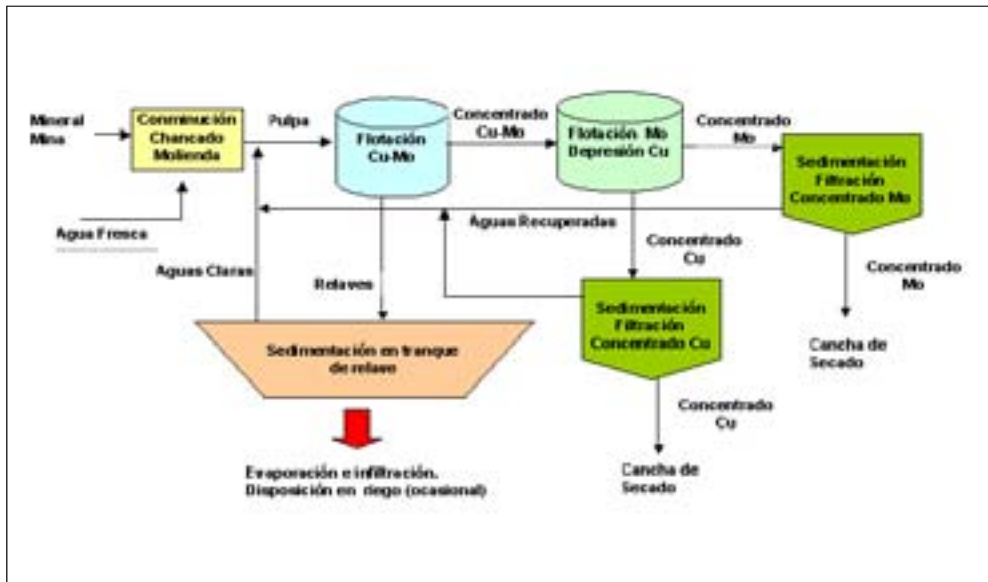


Figura 2. Flujo de Residuos Líquidos en Plantas Concentradoras de Minerales.

se caracteriza por la presencia de Hierro, Cobre, acidez, Molibdeno y Cloruros. Los sedimentos obtenidos se depositan en canchas de secado.

4.5. NORMAS APLICABLES A RILES DE LA MINERÍA

Las normativas ambientales relacionadas con estándares de Residuos Industriales Líquidos aplicables a la Minería, actualmente vigente en Chile, son las que se señalan a continuación.

4.5.1. DS SEGPRES 90/2000, Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales

Esta norma tiene como objetivo prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales, a través del establecimiento de umbrales de concentración de parámetros físico-químicos de las descargas líquidas emitidas por una fuente emisora.

La norma clasifica 5 tipos de receptores, para los cuales establece valores máximos, que las descargas líquidas deberán cumplir.

- El primer tipo, corresponde a los cuerpos de agua fluviales, sin capacidad de dilución.
- El segundo tipo, corresponde a los cuerpos de agua fluviales, con capacidad de dilución.
- El tercer tipo, corresponde a los cuerpos lacustres.
- El cuarto tipo, corresponde a los cuerpos marinos que están dentro de la zona de protección litoral.
- El quinto tipo, corresponde a los cuerpos marinos que están fuera de la zona de protección litoral.

Establece los plazos de cumplimiento y los clasifica en dos grandes grupos, según su existencia:

- Si la fuente emisora es nueva, deberá cumplir con la norma inmediatamente.
- Si la fuente emisora existe a la fecha de entrada en vigencia (septiembre de 2001), deberá cumplir

en un plazo máximo de 5 años, a menos que exista una resolución expresa para un plazo específico, que forman parte de un plan de inversiones de la fuente emisora.

También, considera los procedimientos de medición y control de la descarga, y quienes fiscalizarán el cumplimiento del mismo: Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, y los Servicios de Salud.

4.5.2. Norma Técnica Provisoria para la Regulación de Contaminantes asociados a las descargas de Residuos Industriales Líquidos a cursos de agua subterráneas (SISS)

La norma técnica de la SISS establece las características que deben cumplir los vertidos de residuos industriales líquidos que se descargan directamente a través de infiltración, y tiene por objeto proteger los recursos hídricos subterráneos.

Las características de esta norma son:

- Se aplica a aquellas fuentes que descargan residuos industriales líquidos en cuerpos de agua subterráneos, sólo a través de obras de infiltración.
- No permite la dilución, con aguas ajenas al proceso industrial, como un procedimiento de tratamiento de efluentes.
- Los sedimentos, lodos o sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de riles no podrán disponerse en cuerpos receptores o en sistemas de recolección de aguas servidas y para su disposición final deberá cumplirse con las normas sanitarias que correspondan.
- Permite a la SISS, que en casos calificados, pueda cambiar los parámetros establecidos de la descarga, previa realización de una evaluación de impacto ambiental, que considere las características del cuerpo receptor agua arriba de la descarga, y los usos a que se destine aguas abajo.

- No permite la descarga de líquidos explosivos o inflamables, líquidos tóxicos, sustancias tales como pesticidas, herbicidas, insecticidas, elementos radiactivos, residuos provenientes de establecimientos hospitalarios, clínicas, laboratorios clínicos, grasas y aceites, materias que puedan solidificarse en contacto con otras.

Así también, la norma establece aspectos del muestreo, en cuanto al número, tipología, lugar y metodologías de análisis.

4.5.3. Norma Chilena, NCh. 1.333/78, Norma de calidad de agua para diferentes usos (Referencia)

La Norma Chilena 1.333/78 es una norma de referencia que fija estándares de calidad de agua para diferentes usos, tales como el consumo humano, el agua para bebida de animales, el riego, la estética, recreación por contacto directo e indirecto.

Tiene por objeto proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de la degradación producida por contaminación con residuos de cualquier tipo u origen.

Los estándares de calidad de agua para consumo humano y animal son abordados por la Norma Chilena 409, calidad de agua potable.

Los estándares de calidad de agua para uso en riego establece valores máximos para diferentes parámetros químicos, físicos, eléctricos (conductividad específica) y bacteriológicos (Coliformes fecales).

Los umbrales de calidad de agua para uso en estética señalan que el agua debe estar exenta de sustancias que produzcan olor, sabor, turbiedad, sedimentos u otros objetos indeseables.

Los umbrales de calidad de agua con contacto directo agregan a los estándares estéticos valores precisos, además de incorporar el parámetro bacteriológico (Coliforme fecal). Los umbrales de calidad de agua sin contacto directo deben cumplir con los mismos valores de lo anterior, en sólidos flotantes, aceites y grasas, y sustancias que produzcan olor.

Los estándares de calidad de agua destinada a la vida acuática establece requisitos físicos, químicos, biológicos (protozoos, quistes), sustancias tóxicas (pesticidas, cianuros, acumulativos y no acumulativos) y sustancias nutrientes (N, P).



5. Estado Actual del Manejo de Riles en La Minería en Chile

5.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se efectúa un diagnóstico sobre los residuos industriales líquidos en la Gran Minería, en cuanto a los tipos de descargas, volúmenes, tipos de tratamiento utilizados, características de la descarga y niveles de cumplimiento.

Para lograr esta actividad se diseñó y aplicó una encuesta a todas las empresas que participan del Consejo Minero Documento de Referencia, “Encuesta Grupo Residuos Industriales Líquidos del Acuerdo Marco de Producción Limpia, Sector Gran Minería”. Las empresas que finalmente respondieron, corresponden a un 89%.

El diagnóstico que se presenta permite conocer:

- El nivel de descargas de residuos industriales líquidos y los tipos de tratamiento que utilizan, en la minería.
- Las características de las mediciones que se efectúan a las descargas.
- El nivel de cumplimiento de las descargas de residuos industriales líquidos y las dificultades para su logro.
- La información relacionada con residuos industriales líquidos y que es manejada por las empresas y por los servicios públicos con competencia ambiental.
- Eventos de emergencia y planes de contingencia para abordarlos.

5.2. DIAGNÓSTICO DE RILES EN LA GRAN MINERÍA

5.2.1. El tratamiento de riles en la Gran Minería

Como se puede observar en el gráfico N° 1, el 56,3% de las faenas de las Empresas del Consejo Minero, efectúa algún tipo de tratamiento a los residuos líquidos generados en la operación. Se consideró como tales los provenientes de diferentes procesos minero-industriales y las aguas servidas de carácter doméstico proveniente de faenas y campamentos.

¿Existe Tratamiento de Residuos Líquidos en la Faena?

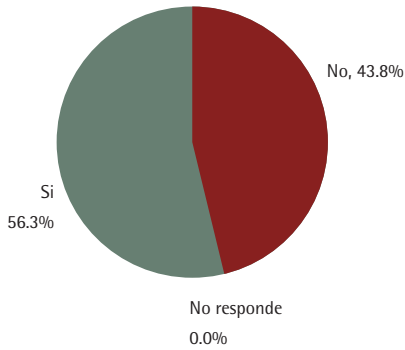


Gráfico 1
Tratamiento en la Gran Minería.

5.2.2. Opciones de manejo de Riles mineros.

El gráfico N° 2 muestra que un 67%, de los efluentes generados recibe tratamiento, disposición final o son recirculados a proceso y en un 33,3% no se dispone información sobre su manejo.

Entre los tratamientos aplicados a estos efluentes se menciona: Separación gravitacional; Neutralización y Decantación; Separación y Disposición Controlada de aceites; Filtración y Evaporación; Remoción de Sólidos Suspendedos; Abatimiento de iones; y Flotación por Aire Disuelto

Tratamiento de RILES: procesos minero-industriales

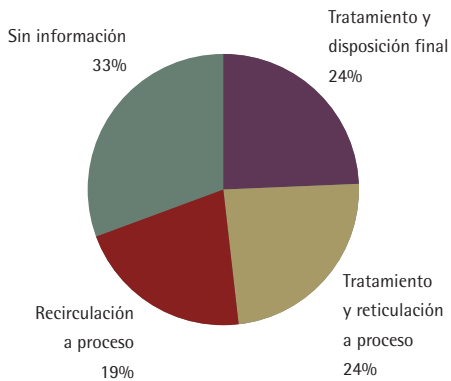


Gráfico 2
Opciones de tratamiento de riles mineros.

1. Documento de Referencia, "Encuesta Grupo Residuos Industriales Líquidos del Acuerdo Marco de Producción Limpia, Sector Gran Minería".

5.2.3. Manejo de aguas servidas

Si bien las aguas servidas no tienen la categoría de Residuos Industriales Líquidos, las faenas mineras también las generan, y sí son descargas líquidas.

Considerando el universo total de empresas que respondieron las encuestas, la cobertura de tratamiento de aguas servidas alcanza al 46%.

Como se observa del gráfico N°3, el tipo de tratamiento de lodos activados es utilizado en un 50%; Biofiltro es utilizado en un 7%; un 7% utiliza Lagunas Anaeróbicas y Facultativas; no se dispone de información para el restante 36%.

Tipo de tratamiento de aguas servidas

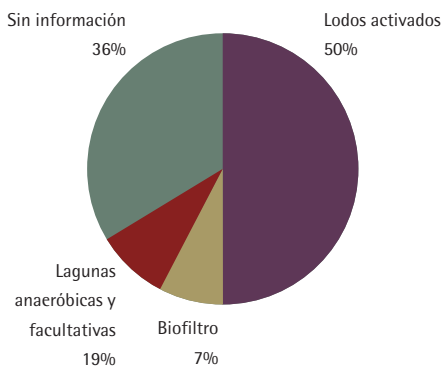


Gráfico 3

Manejo de aguas servidas en faenas mineras.

5.2.4. Monitoreo y mediciones de los riles

El monitoreo de los efluentes líquidos contempla la medición sobre la cantidad y calidad del efluente que se descarga.

Como se observa del gráfico N°4, un 68,75% mide el volumen de descarga, existiendo una gran variedad de caudales informados. El rango de caudales informados varía desde 0,04 L/s hasta 2.200 L/s.

¿Se realizan mediciones del volumen descargado como rutina de operación?

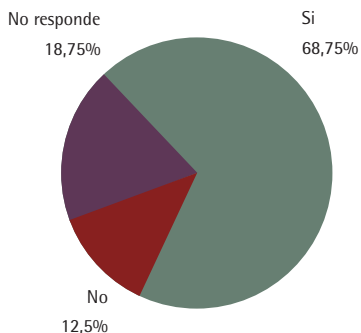


Gráfico 4

Mediciones de caudal en riles.

Por otro lado, como se observa del gráfico N°5, un 75% efectúa análisis de calidad a sus efluentes. Las empresas que declaran efectuar análisis, incluyen el tipo de flujo analizado para parámetros físicos, químicos y biológicos.

Los parámetros más comúnmente determinados son pH, Cobre, sólidos suspendidos totales, sulfatos, molibdeno, plomo y arsénico. En menor proporción se muestrean mercurio, aluminio, DBO5, aceites y grasas, zinc, manganeso, coliformes fecales, conductividad eléctrica, cloruros, hierro y selenio.

¿Se realiza análisis físico-químico de los flujos descargados?

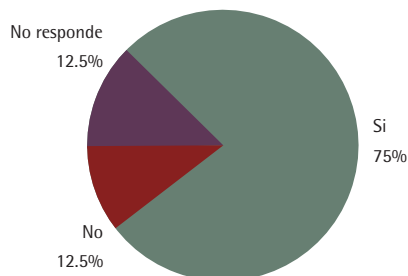


Gráfico 5
Mediciones de calidad a riles mineros. ¿Se realiza mediciones del volumen descargado como rutina de operación?

5.2.5. Cumplimiento de normas de emisión de las descargas de riles.

En el análisis del cumplimiento de las normas de emisión, el DS SEGPRES 90/2000 es un referente obligatorio en la actualidad, para aquellos efluentes que descargan a cuerpos o masas de aguas superficiales continentales.

Como se puede observar del gráfico N° 6, un 58 % está dentro de lo establecido la normativa; El 25% declara no alcanzar en este momento la norma; y el 17% no responde.

¿Se cumple con el D.S N° 90 para los parámetros analizados?

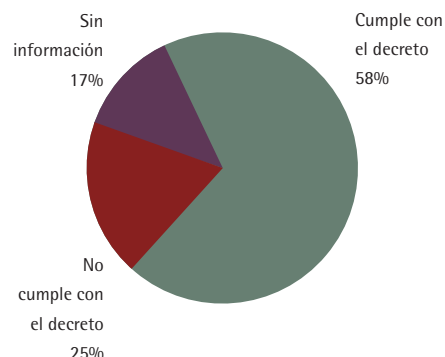


Gráfico 6
Nivel de cumplimiento de normas de emisión

También, es posible identificar las razones o dificultades para avanzar en el cumplimiento de la normativa.

El gráfico N°7 muestra las dificultades para el logro del cumplimiento de la norma de emisión, y en un 25% son razones de tiempo y costo, y en un 25% corresponden a la indisponibilidad de recursos. Sin embargo, un 50% señala que no tiene razones para no cumplir.

Principales obstáculos para cumplir con el plazo de 5 años establecido por el D.S. N° 90



Gráfico 7
Dificultades para el cumplimiento de norma.

5.2.6. Información de riles remitida a los servicios públicos con competencia ambiental.

La descarga de riles genera la elaboración de documentación e informes por parte de empresas mineras, que son enviados a los diferentes servicios públicos con competencia ambiental, con el objeto de informar, principalmente, los resultados obtenidos del monitoreo.

Como se puede observar del gráfico N°8, el 68% de las empresas informan regularmente sus resultados de monitoreo, trimestral o mensualmente a algún servicio público; un 13% de las empresas no informan de sus resultados; y un 19% no responden.

¿La Empresa o faena informa a algun servicio público sobre los resultados de los monitoreos realizados a los RILES descargados?

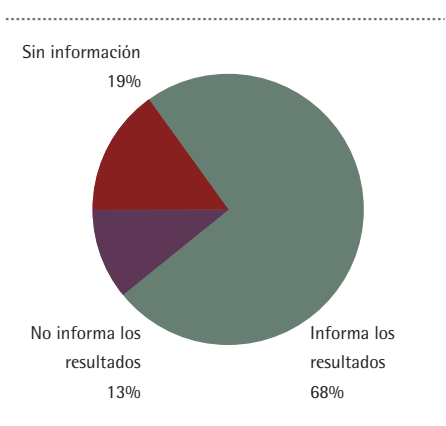


Gráfico 8
Información de resultados a servicios públicos.

El gráfico N°9 muestra los destinos de los informes elaborados por las empresas mineras, siendo los Servicios de Salud son los principales destinatarios (56%), seguidos de las CONAMAS regionales (25%). También se les envían reportes a un grupo compuesto por el SAG, la SISS y el SERNAGEOMIN (13), y finalmente a la DGA y Gobernaciones (6%).

Informes entregados según autoridad

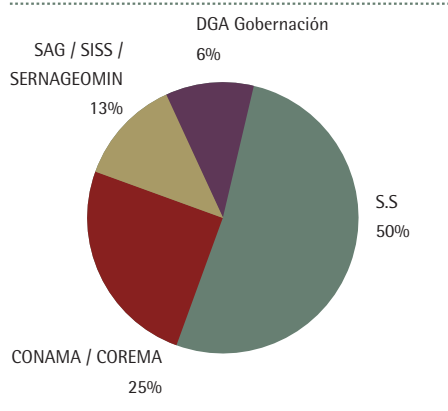


Gráfico 9
Destinos de los informes elaborados por las empresas mineras.

Estos informes que preparan las compañías mineras son despachados con diferentes frecuencias, a los servicios públicos.

Como se puede observar del gráfico N° 10, un 50% de los informes que se envían a los servicios públicos se despachan mensualmente, un 33% lo efectúan trimestralmente, y un 17% tiene otra frecuencia de despacho.

Frecuencia con que se entrega la información de los monitoreos

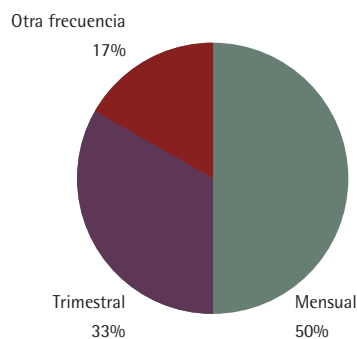


Gráfico 10
Frecuencia de envío de reportes de monitoreo a servicios públicos.

5.2.7. Manejo de eventos de emergencia de riles

Los eventos de emergencia existen en variadas actividades, y están presentes en la Minería.

El gráfico N°11 muestra que un 69 % de los encuestados declara no haber sufrido eventos de emergencia relacionado con vertidos de efluentes, mientras el 25 %, informa haber experimentado estos eventos; sólo un 6% no responde. Las fechas de ocurrencia corresponden a los años 1995, 1998, 2000 y 2001.

Todas las empresas que sufrieron algún evento de emergencia, señalan que contaban con Planes de Emergencia.

¿La empresa o faena ha sufrido eventos de emergencia debido a vertido de efluentes?

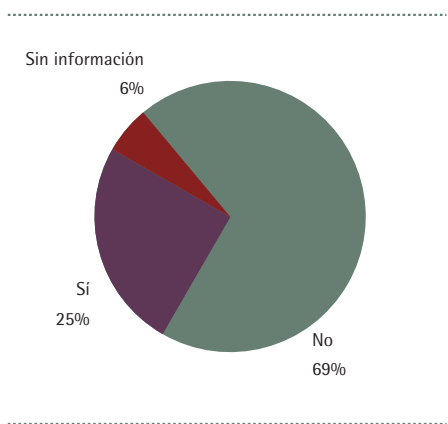


Gráfico 11
Emergencias de riles ocurridas en la minería.

Por otro lado, cada compañía minera diseña, para prevenir las emergencias, un plan de contingencia para emergencias, una de las cuales corresponde a derrames de riles. Estos planes son implementados y chequeados, cada cierto tiempo.

El gráfico N°12 muestra que el 75% de las empresas declara disponer de Planes de Contingencia para derrames de riles u otros eventos; un 19% no cuenta con estos Planes y un 6 % no informa.

¿En la actualidad la empresa o faena cuenta con Planes de Contingencia en caso de derrames accidentales u otro tipo de eventos inesperados?

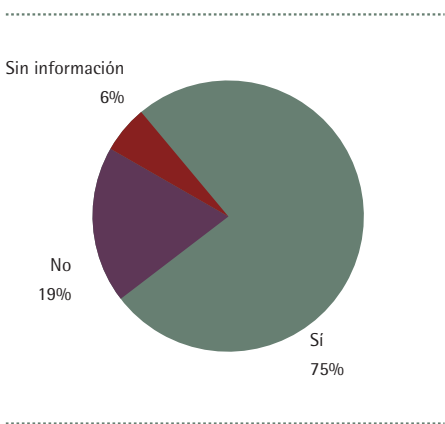


Gráfico 12
Planes de contingencia de riles mineros.



5.3. CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO

- Poco más de la mitad de las empresas mineras realiza algún grado de tratamiento a sus riles, que consisten en residuos minero-industrial y aguas servidas, abarcando un amplio rango de caudales.
- Dos tercios de las empresas realizan mediciones de caudal efluente y análisis físico-químicos y microbiológicos. Esta información es procesada a modo de reporte, el cual es enviado a varios servicios públicos con competencia ambiental.
- El cumplimiento de la norma de emisión, DS 90/2000, llega a la fecha a un 50% por parte de las empresas que informan las descargas de sus efluentes. Los parámetros que frecuentemente exceden lo establecido en la norma corresponde a pH, Cu, Mo, SO₄⁻, Sólidos suspendidos, DBO₅, coliformes fecales, aceites y grasas, arsénico, manganeso, hierro y cadmio. La razón por la cual no existe un mayor nivel de cumplimiento, es principalmente el elevado costo de su tratamiento.
- La entrega de información sobre las descargas de riles está diseminada entre varios servicios en las distintas regiones del país. Si bien el Servicio de Salud es el que mayoritariamente recibe los reportes e informes, también existen otras organizaciones a las cuales se les envía documentación, entre las cuales destacan la CONAMA, COREMA, Directemar, SAG, DGA.
- Sólo un 25% de las empresas señala que ha sufrido algún evento de emergencia relativa al vertido de efluentes, aunque todas ellas contaban con Planes de Emergencia, al momento del accidente.

6. Buenas Prácticas en la Gestión de Riles Mineros

6.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo presenta las principales características que tienen las descargas de residuos industriales líquidos de la minería.²

En primer lugar, se identifican los orígenes de los efluentes mineros. En segundo lugar se identifican los componentes químicos que frecuentemente están asociados a las descargas de riles, y finalmente, se muestran las opciones que existen actualmente para su tratamiento.

6.2. EL ORIGEN DE LOS EFLUENTES DE LA MINERÍA

Los efluentes en minería pueden originarse en las diferentes etapas a la que es sometido el mineral para la obtención del metal o sal que se desea. Dependerá de la operación unitaria utilizada en la extracción, en la concentración y en los procesos utilizados en refinarlo.

En el caso de la minería del cobre, podemos ejemplificar los siguientes casos que producen algún tipo de efluentes:

- a) Extracción: drenaje de minas y soluciones gastadas, principalmente cuando se utilizan procesos hidrometalúrgicos, lixiviación in situ, en pila, extracción por solvente, etc. de preferencia se recicla, sino es posible, se neutraliza y/o desintoxica antes de disponerlas en tranques para su evaporación o reutilización.

2. La información para elaborar este capítulo se ha obtenido del Seminario de Riles que efectuó el grupo el 11 de Septiembre de 2002.

- b) Concentración: se usa el proceso de flotación selectiva, donde a partir de un mineral que contiene entre un 1% a 2% en cobre, se obtiene un concentrado con un 32% de mineral. El agua del proceso, además es utilizada para transportar los sólidos o ganga hasta su punto de disposición final, tranque de Relave, donde se evapora el agua y/o se vuelve a bombear al proceso.
- c) Refinación: procesos de electrólisis generan barros anódicos. En las fundiciones se genera un efluente ácido, debido al lavado y enfriamiento de gases antes de que ingrese el gas a las plantas de ácido.

6.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS AFLUENTES DE LA MINERÍA.

Según los reactivos utilizados y de las sustancias o elementos que se disuelven e incorporan a la fase líquida, en términos genéricos, los principales parámetros químicos que se ven afectados son:

- pH; acidez o basicidad del Ril.
- Sólidos sedimentables y/o suspendidos.
- Sales disueltas, tales como As ; $SO_4^{=4}$; CN^- ; Cl^- ; Sulfuros y otros.
- Presencia de metales pesados, tales como Cu ; Fe ; Se ; Mo , Pb , etc.
- Sustancias orgánicas, tales como reactivos, solventes.

En cuanto a los valores máximos que éstos parámetros deben lograr, se señala que la norma de emisión de contaminantes en residuos líquidos, DS SEGPRES N° 90/2000, establece diferentes concentraciones máximas para cada parámetro dependiendo del cuerpo receptor, así por ejemplo, para el Sulfato, se acepta un máximo de 1000 ppm si es descargado a un cuerpo de agua fluvial sin dilución y no tiene un límite máximo, si este es descargado al mar.

6.4. OPCIONES GENERALES DE TRATAMIENTOS APLICABLES A LOS RILES MINEROS.

En general, los esquemas de tratamiento utilizados corresponden a procesos químicos y de separación mecánica, los que utilizan reactivos para inducir la ruptura del compuesto químico mediante una reacción tipo oxido-reducción y/o para que precipite el elemento o compuesto, generalmente va acompañado de un cambio de pH para favorecer el proceso.

Para la precipitación de metales pesados, generalmente se favorece la formación de Hidróxido o de Sulfuros insoluble a pH alcalino, utilizando Cal debido a su bajo costo, a pesar que tiende a formar un mayor volumen de precipitado, lo que puede producir un encarecimiento en el manejo y disposición de los sólidos.

Una vez acondicionado químicamente el efluente, se procede a separar el contaminante, generalmente es extraído de la fase líquida al quedar retenido en un sólido, que es separado mediante procesos mecánicos de sedimentación y/o filtración, ayudado por floculantes que aceleran el proceso de separación.

A nivel de desarrollo, se encuentran otros procesos más específicos, cuyo objetivo, generalmente, es la recuperación de algún material de valor, entre ellos se cuentan los procesos de membranas, ultrafiltración, osmosis inversa, procesos de intercambio iónico mediante resinas, extracción por solventes y procesos de separación líquido – gas.

También están en desarrollo procesos biológicos, con objetivos más específicos como en el caso de aguas cianuradas, donde se utiliza un proceso Biológico, incorporando Fósforo para mantener la relación de nutrientes Nitrógeno – Fósforo y que permite eliminar el cianuro, al usarlos los microorganismos como alimento.

6.5. OPCIONES DE TRATAMIENTOS DE PARÁMETROS ESPECÍFICOS APLICABLES A LOS RILES MINEROS.

6.5.1. Remoción de Arsénico.

El proceso más común es el de oxidación a las especies arsenato AsO_4^{-3} (As V) y precipitación con una sal de hierro, de aluminio o calcio.

El inconveniente se presenta con la disposición del precipitado, no es estable y puede lixiviar.

Se utiliza de preferencia la coprecipitación con Hidróxido Férrico, porque se obtiene un producto más estable.

Codelco tiene patentado un proceso que oxida con O_2 las especies Fe^{+2} y As^{+3} a Fe^{+3} y As^{+5} , con cal realiza un ajuste de pH, con lo que logra precipitar el arsénico como Arseniato Férrico y posteriormente lo inmoviliza en una matriz de Yeso.

6.5.2. Remoción de Cianuro

Las soluciones cianuradas son utilizadas en la hidrometalurgia del Oro, siendo el ácido cianhídrico, la especie más tóxica.

Existen diferentes procesos para tratar el cianuro, los cuales que tienden a formar CNO^- , especie de menor toxicidad que el cianuro:

- Cloración Alcalina; el cianuro es oxidado con Cloro.
- Proceso INCO, la oxidación se realiza con SO_2 y aire.
- Peróxido de Hidrógeno, se oxida con agua oxigenada.

También, se identifica un proceso denominado AVR, el que permite recuperar el Cianuro de Sodio, a través de la acidificación para producir gas HCN, aireación para extraer el gas y una torre de absorción para formar el Cianuro de Sodio utilizando Soda.

6.5.3. Remoción de Sulfatos.

El Sulfato es un anión muy estable, forma sales poco solubles con el Bario, Plomo y Calcio, siendo este último catión el usado para precipitarlo, principalmente por factores de costo.

Para lograr la precipitación del Sulfato de Calcio, se debe agregar Calcio en exceso, mediante la aplicación de cal hasta alcanzar un pH sobre los 11,5, por lo que una vez precipitado el Sulfato debe agregarse otro reactivo para ajustar el pH final, se preferencia el CO_2 , se logra bajar el pH, a la vez disminuir la dureza del agua y restituir su alcalinidad.

Finalmente, en Punta Chungo se consideran plantas para tratar las aguas residuales provenientes del proceso de filtrado. El agua tratada es utilizada para el riego de 75 Ha de Eucaliptus para evapotranspiración.

7.2. EL PROBLEMA: CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO Y DE LAS AGUAS INDUSTRIALES

Los principales efluentes del proceso de concentrado de la Mina de Los Pelambres se muestran en la Tabla N°1.

El primer problema que se observa, es que la unión de efluentes de Lixiviación de concentrado de moly y Filtración de concentrado de cobre logra reducir Cu^{+2} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , $S=$, si bien permite neutralizar

la alcalinidad de efluente de Filtración de Concentrado de Moly, generan algunos coloides de FeS , $Fe(OH)_2$ y $Cu(OH)_2$, que no logran sedimentar; ante una disminución de pH como el requerido para realizar la captación posterior de Mo disuelto. Estos coloides se disuelven, y producen riesgo de contaminación por Fe o Cu en el efluente.

Cuando se recirculan aguas claras hacia el proceso, debido a las adiciones de ácido sulfúrico, sulfhidrato de sodio, cloro, el agua se va concentrando en iones sulfato, sodio y cloruro que no precipitan en punto alguno del proceso.

La Tabla N°2 muestra las principales sustancias contaminantes y la fuente que lo origina en el proceso de concentrado de Cobre de mina Los Pelambres.

Efluente	Flujos [L/s]	Parámetros fuera Normas
Agua Claras Tranque Relave	500 - 2.000	Mo, $SO_4=$, TSD, Cl^- , SO_4
Filtración Concentrado cobre	10 - 200	Mo, $S=$, TSD, TSS, Cu, Fe, SO_4
Lixiviación Concentrado moly		Cu^{+2} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , pH, Mo, Cl^{-0}

Tabla 1 : Caracterización de aguas Industriales.

7. Buenas Prácticas en la Gestión de Riles Mineros, caso Minera Los Pelambres.

7.1. ANTECEDENTES DE LA MINA

La Mina Los Pelambres se ubica a unos 250 Km. de Santiago, en la IV Región, a 31°43' de Latitud Sur y 70°29' Longitud Oeste. Se localiza a unos 45 Km. al NorEste de la localidad de Salamanca, a 3200 m.s.n.m.

El procesamiento del mineral se efectúa mediante la técnica de flotación convencional en distintas instalaciones ubicadas en el valle del río Los Pelambres, obteniendo como producto concentrado de Cobre y Molibdeno. El proceso incluye etapas de chancado, molienda, flotación en celdas y filtrado seco.

La mina dispone de reservas 934 Mton con una ley promedio de 0,77% en Cobre y 0,023% en Molibdeno, las que se explotan a rajo abierto, generando 743.000 Ton/año de concentrado de cobre (34% de Cobre) y 8.500 Ton/año de concentrado de Molibdeno (52% de Mo).

El material de la mina se extrae y se conduce mediante una correa transportadora de 12,8 Km. de longitud hasta la planta de molienda y concentración ubicada en el sector de confluencia del estero Los Piuquenes con el Río Los Pelambres (1.600 m.s.n.m). Los relaves generados en estas etapas se envían al tranque Los Quillayes ubicado en la quebrada del mismo nombre, que es afluente del río Cuncumén.

Por otro lado, el concentrado que se produce en la planta es conducido por un mineroducto de 120 Km. de largo y 178 mm de diámetro, hasta la planta de filtración ubicada en Punta Chungo, 3 Km. al Norte del balneario de Los Vilos, donde existe un terminal de acopio y las instalaciones del embarque.

Parámetro vigente	Fuente	Rangos [mg/L]	Límites según Normativa			
			Riles a río (SD)	Riles a río (CD)	Riles al mar	Riego
Molibdeno disuelto	<ul style="list-style-type: none"> Disolución de óxidos de Mo durante concentración de cobre Lixiviación de molibdetina en descubrición de concentrados 	0,5, 30	1	2,5	0,1	0,01
Sólidos suspensión	Producción de ultrafinos en molienda que no decantan en Sedimentadores.	30 - 200	80	300	100	
Cobre en suspensión	Producción de ultrafinos e hidróxidos de residuos e hidróxidos de residuos de lixiviación (Idem fierro).	10 - 30	1	3	1	0,2
Sulfuro disuelto	Adición de NaHS como reactivo depresante de cobre en flotación de molibdenita	10 - 60	1	10	1	
Sulfato	Disolución de sales de sulfato de mineral o adición de H ₂ SO ₄ para ajuste de pH de flotación de Mo.	100 - 2.100	1000	2000		250
Cloruro	Utilización de FeCl ₃ en lixiviación de concentrado de Mo.	100 - 800	400	2000		200
Sodio	Utilización de NaSH (depresante) y NaOH como neutralizante.	100 - 600				35%
Sólidos Disueltos	Iones disueltos muy solubles. Principalmente SO ₄ ⁻ , Na ⁺ , Cl ⁻ .	200 - 3000				500
Conductividad	Disolución de cloruro, sulfato, cloruro, pH alto o bajo.	200 - 4000				750
pH	Flotación se produce a pH alcalino	10 - 12	6,0-8,5	6,0-8,5	6,0-9,0	5,5-9,0

Tabla 2 : Contaminantes de Riles.

Algunas opciones técnicas de tratamiento de contaminantes que analizó Minera Los Pelambres fueron las que se muestran en la tabla N°3.

Contaminante	Tratamiento
Sólidos ultrafinos	Coagulación, Floculación a pH sobre 8 y Flotación por Aire Disuelto (FAD).
Precipitados coloidales. (Fe(OH) ₂ , Cu(OH) ₂ , PbS, CuS)	Coagulación, Floculación a pH 8 – 10 y Flotación por Aire Disuelto (FAD).
Metales disueltos (cationes) (Cu ⁺² , Fe ⁺² , Pb ⁺² , Cd ⁺² , Zn ⁺² , etc.)	Precipitación como hidróxidos y FAD. Precipitación como sulfuro, coagulación y FAD.
Metales disueltos (aniones) (MoO ₄ ⁼ , AsO ₄ ⁻)	Adsorción sobre compuestos férricos y FAD.
Compuestos y elementos solubles (SO ₄ ⁼ , Cl ⁻ , Ca ⁺² , Na ⁺²)	Precipitación de SO ₄ ⁼ con sales regenerables de bario. Tratamiento de purgas. Intercambio iónico, Microfiltración.
Sulfuro	Precipitación con sales metálicas. Oxidación con metales u otros compuestos.

Tabla 3 : Clasificación de contaminantes.

7.3. LA SOLUCIÓN: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS Y REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES.

La Planta de Tratamiento de Efluentes de Los Pelambres fue una instalación que comenzó a diseñarse a fines de 1997, y su construcción finalizó en enero de 2000.

La justificación de la construcción de esta planta se fundamenta en el principio precautorio de

minimizar posibles fuentes de contaminación, pues si bien tenía autorizada la disposición en riego de sus efluentes de filtración de cobre, en la Resolución de Calificación Ambiental, prefirió disponer de una planta de tratamiento para su tratamiento.

El objetivo de la planta de tratamiento es remover sulfuro y molibdeno disuelto.

7.3.1. Características de la Planta de Tratamiento de Riles

La planta de tratamiento se ubica en el Puerto Chungo, Los Vilos, donde Minera Los Pelambres lleva a cabo la filtración y embarque del concentrado. Capta y trata el efluente de filtración de concentrados, y cumple con los estándares para riego. Fue diseñada para un caudal máximo de 30 lt/s y para que el efluente tratado cumpliera con la norma de riego NCh 1333/78, respecto de Molibdeno y sulfuros

La planta cuenta con dos etapas, compuesta cada una por una unidad compacta de coagulación/precipitación y FAD (Flotación por aire disuelto).

La primera etapa fue diseñada para reducir el contenido de sulfuro del efluente desde 2,5 a <1 mg/lt, precipitando el sulfuro de hierro (FeS), el cual, luego de su coagulación y floculación, se separa del líquido a través de FAD.

La segunda etapa, capta el agua tratada en la primera, reduce Molibdeno disuelto a valores menores de 0,01 mg/lt. El agua flotada en esta etapa es filtrada para reducir el contenido de sólidos desde 10 a 5 mg/lt, asegurando un contenido de Molibdeno total bajo 0,05 mg/lt y un aspecto transparente e incoloro en el agua.

Un esquema de la planta de tratamiento se pueden observar de la figura 3.

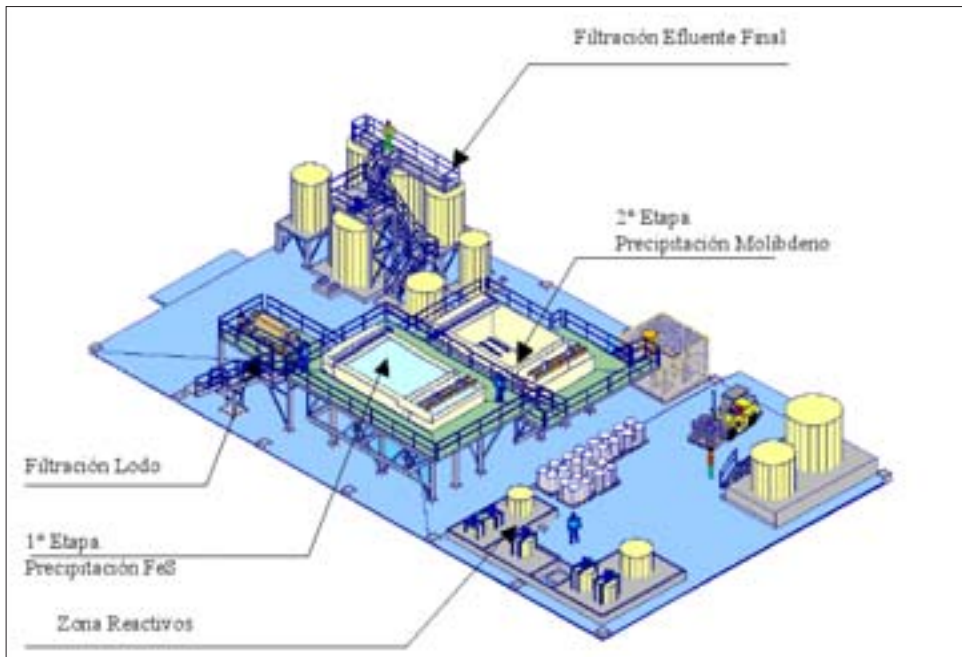


Figura 3. Planta de Tratamiento de Efluentes, de filtrado de concentrado en Minera Los Pelambres.

En la figura 4 se observa la segunda etapa de remoción de Molibdeno. Se aprecia la zona de flotación por aire disuelto. La zona más clara

corresponde al ascenso de microburbujas, mientras que en la zona más oscura el líquido está más concentrado y espeso.



Figura 4. Etapa de Remoción de Molibdeno.

7.3.2. Resultados de la operación de la Planta de Tratamiento de Riles.

Algunos resultados de la operación de la Planta de Tratamiento de Riles se pueden observar en la Tabla 4.

Como se observa de la tabla, el efluente cumple con la norma de calidad de agua para diferentes usos, NCH 1333/78, y permite el riego de áreas verdes, de árboles y también se emplea en algunos procesos de la planta.

Periodo	Elementos								
	Flujo L/s	Mod mg/L	Fed mg/L	Cud mg/L	Sólidos mg/L	Ph mg/L	Cloruros mg/L	FeCl3 mg/L	Lodos Kg/día
Alimentación	19	2,54	2,1		15	7,4			
Efluente tratado	19	0,010	2,2	0,14	10	6,6	183	23	100
NCH 1333		0,01	5,0	0,2	500	5,5-9,0	200		

Tabla 4. Resultados de la operación de la planta de tratamiento de Riles, Compañía Minera Los Pelambres.

| Anexos

Chile

ACUERDO MARCO PRODUCCIÓN LIMPIA SECTOR GRAN MINERÍA
BUENAS PRÁCTICAS Y GESTIÓN AMBIENTAL

Noviembre 2002

Anexo A

Caracterización de aguas servidas correspondiente a una población de 100 habitantes

Contaminante	Unidad	Expresion	Valor Caract. Establ. Emisor	
			mg/l	CCMD equiv. 100 Hab (gr/día) (1)
Aceites y Gr.	mg/L	A y G	60 (2)	960
Aluminio	mg/L	Al	1	16
Arsénico	mg/L	As	0,05 (2)	0,8
Boro	mg/L	B	0.75	12,88
Cadmio	mg/L	Cd	0,01 (2)	0,16
Cianuro	mg/L	CN ⁻	0,2 (2)	3,2
Cloruros	mg/L	Cl ⁻	400	6400
Cobre Tot.	mg/L	Cu	1 (2)	16
Colif. Fec.	NMP/100 m	Col/100 ml	10 ⁷	1.6*10 ¹²
Ind. Fenol	mg/L	Fenoles	0.05	0,8
Cromo Hex.	mg/L	Cr ⁶⁺	0,05 (2)	0,8
Cromo Tot.	mg/L	Cr	0,1(2)	1,6
DBO5	mg O2/L	DBO5	250(2)	4000
Estaño	mg/L	Sn	0.5	8
Fluoruro	mg/L	F ⁻	1.5	24
Fósforo	mg/L	P	5 (2)	80(2)
Hidroc. Fijos	mg/L	HF	160	160
Hidroc. Tot.	mg/L	HCT	11/ 10(2)	176/160(2)
Hidroc.Volát.	mg/L	HCV	1	16
Hierro Dis.	mg/L	Fe	1	16
Manganeso	mg/L	Mn	0.3	4.8
Mercurio	mg/L	Hg	0,001 (2)	0,02
Molibdeno	mg/L	Mo	0.07	1.12
Níquel	mg/L	Ni	0,1 (2)	1,6
Nitróg.Tot. K.	mg/L	NKT	50	800
Nitrato+nitrato	mg/L	NO2+NO3	15	240
Nitr.amoniac.	mg/L	NH4	50 (2)	800
Pentaclorof.	mg/L	C ₆ OHCl ₅	0.009	0.144
PH	Unidad	pH	6,0-8,0 (2)	6,0-8,0
Plomo	mg/L	Pb	0,2 (2)	3,2
P. Espumóg.	mm	PE	5 (2)	5
SAAM	mg/L		10	160

Conta Minante	Unidad	Expresion	Valor Caract. Establ. Emisor	
			mg/l	CCMD equiv. 100 Hab (gr/día) (1)
Selenio	mg/L	Se	0.01	0.16
Sól.Susp.Tot.	mg/L	SS	220 (2)	3520
Sól. Sedim.	ml/1/h		6 (2)	6
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²⁻	300 (2)	4800
Sulfuros	Mg/L	S ²⁻	3 (2)	48
Temperatura	C°	T°	20 (2)	20
Tetracloroet.	Mg/L	C ₂ Cl ₄	0.04	0.64
Tolueno	Mg/L	C ₆ H ₅ CH ₃	0.7	11.2
Tricloromet.	Mg/L	CHCl ₃	0.2	3.2
Xileno	Mg/L	C ₆ H ₄ C ₂ H ₆	0.5	8
Zinc	Mg/L	Zn	1 (2)	16

(1) : Se consideró una dotación de agua potable de 200 L/hab/día y un coeficiente de recuperación de 0,8.

(2) : Valor característico de aguas servidas considerado en DS MOP N°609/98. El resto de los valores corresponde al DS SEGPRES 90/2000.

