



# MANUAL DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE FAENAS MINERAS ABANDONADAS O PARALIZADAS (FMA/P)



Febrero, 2008



## MANUAL DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE FAENAS MINERAS ABANDONADAS O PARALIZADAS FMA/P

Presentado a:  
SERNAGEOMIN - BGR  
Av. Santa María 0104  
Providencia - Santiago

Presentado por:  
Golder Associates S.A.  
Av. 11 de Septiembre 2353, piso2,  
Providencia - Santiago

Distribución:  
1 Copia - SERNAGEOMIN - BGR  
1 Copia - Golder Associates S.A.

Febrero, 2008



## INDICE GENERAL

### MANUAL DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE FMA/P

#### CAPITULO 1 INTRODUCCION

<b>1.1</b>	<b>Presentación</b>	<b>1-1</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos del Manual</b>	<b>1-2</b>
<b>1.3</b>	<b>Alcances del Manual</b>	<b>1-4</b>
<b>1.4</b>	<b>Conceptos básicos de riesgo</b>	<b>1-6</b>
<b>1.5</b>	<b>Definiciones</b>	<b>1-9</b>

#### CAPITULO 2 METODOLOGIA DE EVALUACION DE RIESGOS DE LAS FMA/P

<b>2.1</b>	<b>Etapas de la Evaluación de Riesgos y priorización de FMA/P</b>	<b>2-1</b>
<i>2.1.1</i>	<i>Identificación de Escenarios de Peligro</i>	<i>2-3</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Identificación de receptores</i>	<i>2-3</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Evaluación de la Probabilidad de Ocurrencia</i>	<i>2-4</i>
<i>2.1.4</i>	<i>Evaluación de la Severidad de las Consecuencias</i>	<i>2-4</i>
<i>2.1.5</i>	<i>Aplicación de la Matriz de Riesgos</i>	<i>2-6</i>
<i>2.1.6</i>	<i>Pertinencia de realizar una Evaluación de Riesgos Detallada</i>	<i>2-8</i>
<i>2.1.7</i>	<i>Evaluación de Riesgos debido a la proximidad de otras faenas</i>	<i>2-9</i>
<i>2.1.8</i>	<i>Clasificación de las faenas en PAM y NO PAM</i>	<i>2-9</i>
<b>2.2</b>	<b>Enfoque de la Evaluación de Riesgos de FMA/P</b>	<b>2-10</b>
<b>2.3</b>	<b>Sugerencias para el evaluador</b>	<b>2-15</b>

## **CAPITULO 3 PREPARACIÓN DE LA EVALUACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE TERRENO**

<b>3.1 Aspectos Generales</b>	<b>3-1</b>
<b>3.2 Etapas de la preparación de la evaluación</b>	<b>3-2</b>
<i>3.2.1 Recopilación de información</i>	<i>3-2</i>
<i>3.2.2 Preparación de la cartografía</i>	<i>3-5</i>
<i>3.2.3 Definición del Área de Estudio</i>	<i>3-8</i>
<i>3.2.4 Caracterización de receptores en el Área de Estudio</i>	<i>3-11</i>
<i>3.2.5 Preparación de la visita a terreno</i>	<i>3-21</i>
<i>3.2.6 Resumen de la preparación de la evaluación.</i>	<i>3-22</i>
<b>3.3 Visita a terreno</b>	<b>3-23</b>
<i>3.3.1 Identificación y caracterización de instalaciones, acopios u obras:</i>	<i>3-24</i>
<i>3.3.2 Identificación de Escenarios de Peligro para cada instalación, acopio u obra</i>	<i>3-25</i>
<i>3.3.3 Delimitación del Área de Estudio</i>	<i>3-26</i>
<i>3.3.4 Caracterización de receptores para cada Escenario de Peligro</i>	<i>3-26</i>
<i>3.3.5 Antecedentes de terreno para determinar la Probabilidad de Ocurrencia de cada EP</i>	<i>3-27</i>
<i>3.3.6 Antecedentes de terreno para determinar la Severidad de las Consecuencias de cada EP</i>	<i>3-28</i>
<i>3.3.7 Revisión final del trabajo de terreno</i>	<i>3-28</i>

## **CAPITULO 4**

### **EVALUACIÓN DE RIESGOS SIMPLIFICADA**

<b>4.1 Evaluación de Riesgos Simplificada (ERS) por Seguridad</b>	<b>4-1</b>
<i>4.1.1 Aspectos Generales</i>	<i>4-1</i>
<i>4.1.2 Proceso de ERS relacionados con seguridad</i>	<i>4-2</i>
4.1.2.1 Paso 1: Identificación de Escenarios de Peligro	4-3
4.1.2.2 Paso 2: Estimación de la Probabilidad de Ocurrencia	4-18
4.1.2.3 Paso 3: Estimación de la Severidad de las Consecuencias	4-20
4.1.2.4 Paso 4: Evaluación de la Magnitud de Riesgo	4-24
<i>4.1.3 Resultados de la Evaluación de Riesgos por Seguridad</i>	<i>4-26</i>
<b>4.2 Evaluación de Riesgos Simplificada por Contaminación</b>	<b>4-27</b>
<i>4.2.1 Aspectos Generales</i>	<i>4-27</i>
<i>4.2.2 Proceso de ERS relacionada con contaminación</i>	<i>4-29</i>
4.2.2.1 Paso 1: Formulación del problema	4-31
4.2.2.2 Paso 2: Identificación de Escenarios de Peligro	4-33
4.2.2.3 Paso 3: Estimación de la Probabilidad de Ocurrencia	4-44
4.2.2.4 Paso 4: Estimación de la Severidad de las Consecuencias	4-46
4.2.2.5 Paso 5: Evaluación de Magnitud del Riesgo	4-50
<i>4.2.3 Resultado de la Evaluación de Riesgos por Contaminación</i>	<i>4-51</i>
<b>4.3 Resumen de la Evaluación de Riesgos de la FMA/P</b>	<b>4-52</b>
<b>4.4 Evaluación de Riesgos por Efectos Acumulativos</b>	<b>4-53</b>
<i>4.4.1 Necesidad de una Evaluación de Riesgos Acumulativos</i>	<i>4-53</i>
<b>4.5 Necesidad de realizar una Evaluación de Riesgos Detallada (ERD)</b>	<b>4-56</b>
<i>4.5.1 Aspectos Generales</i>	<i>4-56</i>
<i>4.5.2 Proceso para determinar la necesidad de realizar una ERD</i>	<i>4-57</i>

## **CAPITULO 5 EVALUACIÓN DE RIESGOS DETALLADA**

<b>5.1 Evaluación de Riesgos Detallada por Seguridad</b>	<b>5-1</b>
<i>5.1.1 Aspectos Generales</i>	<i>5-1</i>
<i>5.1.2 Estudio de Subsistencia</i>	<i>5-4</i>
5.1.2.1 Investigaciones de terreno	5-5
5.1.2.2 Análisis de laboratorio	5-6
5.1.2.3 Análisis y modelación	5-6
5.1.2.4 Contenido de los informes	5-8
5.1.2.5 Referencias bibliográficas	5-8
<i>5.1.3 Evaluación de la estabilidad de taludes</i>	<i>5-8</i>
5.1.3.1 Estudio de la estabilidad de taludes en su condición actual	5-10
5.1.3.2 Consideraciones sobre la estabilidad frente a sismo	5-20
5.1.3.3 Consideraciones relacionadas con el nivel freático	5-21
5.1.3.4 Contenido de los informes de evaluación de la estabilidad	5-22
5.1.3.5 Referencias y programas disponibles para el análisis de la estabilidad de taludes	5-24
<i>5.1.4 Tranques y embalses</i>	<i>5-25</i>
5.1.4.1 Desarrollo de las investigaciones de tranques y embalses en terreno	5-26
5.1.4.2 Ensayos de laboratorio para el estudio de tranques y embalses	5-27
5.1.4.3 Análisis y modelación de los tranques y embalses	5-27
5.1.4.4 Contenido de los Informes de ERD en caso de tranques y embalses	5-30
5.1.4.5 Referencias bibliográficas relacionadas con tranques y embalses de relaves	5-31
<b>5.2 Evaluación de Riesgos Detallada por Contaminación</b>	<b>5-34</b>
<i>5.2.1 Introducción</i>	<i>5-34</i>
<i>5.2.2 Proceso de ERD relacionada a contaminación</i>	<i>5-36</i>
<i>5.2.3 Formulación del problema – PASO 1</i>	<i>5-38</i>
5.2.3.1 Evaluación de las fuentes de contaminación	5-39
5.2.3.2 Identificación preliminar de las Sustancias Químicas de Interés Potencial	5-41
5.2.3.3 Identificación preliminar de los receptores y vías de exposición	5-42
5.2.3.4 Elaboración del Modelo Conceptual	5-43
5.2.3.5 Requerimientos de estudios o muestreo adicional	5-44



<b>5.2.4</b>	<b><i>Recolección de información complementaria – PASO 2</i></b>	<b>5-44</b>
5.2.4.1	Visita a la FMA/P	5-44
5.2.4.2	Recolección y Análisis de muestras complementarias	5-48
<b>5.2.5</b>	<b><i>Confirmación de las Sustancias Químicas de Interés Potencial – PASO 3</i></b>	<b>5-64</b>
<b>5.2.6</b>	<b><i>Análisis de Riesgo – PASO 4</i></b>	<b>5-67</b>
5.2.6.1	Análisis de Riesgo para Salud Humana	5-69
5.2.6.2	Análisis de Riesgo Ecológico	5-89
<b>5.2.7</b>	<b><i>Reevaluación del Índice de Probabilidad y Severidad de las Consecuencias – PASO 5</i></b>	<b>5-106</b>
<b>5.2.8</b>	<b><i>Revisión de informes de Evaluación de Riesgos Detallada</i></b>	<b>5-109</b>

## **CAPITULO 6**

### **CLASIFICACION Y PRIORIZACIÓN DE LAS FMA/P SEGÚN SUS RIESGOS**

<b>6.1</b>	<b>Clasificación de FMA/P</b>	<b>6-1</b>
<b>6.2</b>	<b>Priorización de las FMA/P</b>	<b>6-1</b>
6.2.1	<i>Priorización de FMA/P Clase I (PAM)</i>	6-1
6.2.2	<i>Priorización de FMA/P Clase 2 (no PAM)</i>	6-4
<b>6.3</b>	<b>Revisión periódica de la Evaluación de Riesgos de FMA/P Clase II</b>	<b>6-5</b>

## **ANEXOS**

### **ANEXO A: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO SIMPLIFICADA POR SEGURIDAD**

- A1: Guías para la estimación del Índice de Probabilidad de los Escenarios de Peligro relacionados con seguridad
- A2: Material de apoyo para la Evaluación de Riesgos Simplificada por Seguridad

## **ANEXO B: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO SIMPLIFICADA POR CONTAMINACIÓN**

- B1: Guías para la estimación de Índice de Probabilidad de Escenarios de Peligro relacionados con contaminación
- B2: Material de apoyo para la Evaluación de Riesgos Simplificada por Contaminación
- B3: Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos

## **ANEXO C: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO DETALLADA POR CONTAMINACIÓN**

- C1: Estándares de calidad de referencia
- C2: Consideraciones básicas para la revisión de los estudios de Evaluación de Riesgos Detallada por Contaminación
- C3: Glosario

## **ANEXO D: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO DETALLADA POR SEGURIDAD**

- D1: Consideraciones básicas para la revisión de los estudios de Evaluación de Riesgos Detallada por Seguridad
- D2: Glosario

## **ANEXO E: GLOSARIO DE SIGLAS**

## **ANEXO F: FICHA DE REGISTRO DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS**

## **ANEXO G: GUIA DE APOYO PARA LA EJECUCION DE LA VISITA A TERRENO**

**CAPITULO 1**  
**INTRODUCCION**



## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCION**

#### **INDICE**

<b>1.1. Presentación .....</b>	<b>1-1</b>
<b>1.2. Objetivos del Manual .....</b>	<b>1-2</b>
<b>1.3. Alcances del Manual .....</b>	<b>1-4</b>
<b>1.4. Conceptos básicos de riesgo.....</b>	<b>1-6</b>
<b>1.5. Definiciones .....</b>	<b>1-9</b>

#### **TABLAS**

Tabla 1-1: Tipos de minería y procesos de beneficio comúnmente presentes en FMA/P..	1-4
Tabla 1-2: Componentes de una FMA/P .....	1-6

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Presentación

La explotación de los yacimientos mineros en Chile es una actividad productiva con más de trescientos años de historia. En sus inicios ésta se caracterizaba por métodos muy simples consistentes en la extracción de los minerales desde ricas vetas de oro, plata y cobre. Progresivamente, los procesos se fueron tecnificando hasta llegar a los sofisticados procedimientos que se aplican hoy en día.

A lo largo de este tiempo numerosas faenas mineras se fueron abandonando sin haber tenido un proceso adecuado de cierre y quedaron repartidas en distintos puntos del territorio nacional. Se trata principalmente de minas de oro, cobre, plata, polimetálicos, de carbón y de hierro, cuyos procesos de explotación y beneficio han dejado instalaciones que pueden representar riesgo significativo para la seguridad y la salud de las personas y para el medio ambiente.

Los **riesgos por seguridad** están relacionados con la presencia de piques, socavones u otras labores mineras que puedan haber quedado abiertas, a subsidencia asociada a labores subterráneas, a fallas en muros de tranques de relaves, entre otros. Mientras que los posibles **riesgos para la salud** están relacionados con la peligrosidad de los residuos abandonados (presencia de arsénico, mercurio, cianuro, etc.) y al drenaje ácido, entre otros.

Se considera que sólo una parte de las **Faenas Mineras Paralizadas o Abandonadas (FMA/P)** presenta niveles de **riesgo significativo** para la seguridad o la salud de la población y el medio ambiente. Las faenas que presentan este tipo de riesgos se denominan **Pasivos Ambientales Mineros (PAM)**.

Este Manual ha sido elaborado para (1) determinar cuáles de las FMA/P presentan riesgos significativos para la salud o seguridad de las personas, y/o para el medio ambiente. De este

modo será posible contar con un listado de PAM para todo el territorio nacional. Además, (2) el Manual permitirá ordenar los PAM en función de sus riesgos, apoyando con ello la toma de decisiones respecto a la remediación que harán las autoridades competentes según establezca una futura normativa. Finalmente, (3) este Manual permitirá también ordenar de acuerdo a sus riesgos las faenas que no se clasifiquen como PAM, para que la re-evaluación que se realizará de manera periódica, se efectúe en función de esta priorización.

El presente Manual ha sido desarrollado como parte del proyecto Bases para la Remediación de PAM que llevan adelante el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR), en el contexto del Convenio de Cooperación Chile - Alemania. Dicho proyecto tiene como objetivo crear el marco jurídico, técnico e institucional que permita hacerse cargo de los impactos derivados de la minería histórica, mediante la remediación de aquellas faenas abandonadas que representen riesgos significativos para las personas, el medio ambiente o las actividades económicas. En este contexto, una de las principales líneas de trabajo es la preparación del Anteproyecto de Ley de Remediación de Pasivos Ambientales Mineros, siendo la metodología contenida en este Manual, una de sus principales herramientas.

En la elaboración de este Manual se ha buscado integrar la metodología desarrollada por el proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en la Gestión Ambiental Minera – FOCIGAM, correspondiente al convenio de SERNAGEOMIN con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón – JICA, particularmente en lo que respecta al catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas documentado a través del formulario E-400.

## **1.2. Objetivos del Manual**

El *objetivo principal* del Manual es contar con procedimientos sistematizados para identificar cuáles de las **Faenas Mineras Abandonadas o Paralizadas (FMA/P)** son

**Pasivos Ambientales Mineros (PAM)** y caracterizar dichos pasivos según su nivel de riesgo para desarrollar actuaciones posteriores en función de su orden de prioridad.

Los objetivos específicos del Manual son:

- Entregar una metodología que permita a sus usuarios identificar la información necesaria para realizar la Evaluación de Riesgos Simplificada (ERS) y la Evaluación de Riesgos Detallada (ERD) de una FMA/P.
- Entregar una metodología para realizar el diagnóstico preliminar de la seguridad de tranques de relaves, botaderos de estéril, pilas de lixiviación, piques abiertos y estructuras similares, que pueden significar un riesgo para la seguridad de las personas.
- Entregar una metodología para realizar el diagnóstico preliminar de los riesgos de contaminación presentes en una FMA/P, que puedan afectar la salud de las personas, el medio ambiente o las actividades económicas, mediante parámetros simples de obtener en terreno.
- Fijar criterios para calificar un riesgo como “significativo”, tanto para los riesgos por seguridad de las instalaciones como por contaminación.
- Definir una metodología para priorizar los PAM; y
- Entregar lineamientos para la definición de alcances, la elaboración, la revisión y aprobación de estudios de ERD realizados por terceros (consultores).



### 1.3. Alcances del Manual

#### Tipo de minería y procesos asociados

Este Manual ha sido elaborado para FMA/P asociadas a la minería de cobre (incluyendo molibdeno como subproducto), oro y plata, polimetálicos, hierro y carbón. Para cada uno de estos tipos de minería se han tenido en cuenta los procesos productivos más comunes que se desarrollaban en el pasado (Tabla 1-1).

La aplicación de este Manual en FMA/P que estuvieron dedicadas a la extracción de minerales no metálicos (tales como caliza, boro, etc.), debe ser realizada con precaución, puesto que pueden haber riesgos específicos relacionados con estas faenas que no están incluidos en este Manual. En caso de presentarse esta situación, tales riesgos deberán ser evaluados con juicio experto por los evaluadores.

**Tabla 1-1: Tipos de minería y procesos de beneficio comúnmente presentes en FMA/P.**

Procesos	Cobre	Oro Plata	Polimetálicos (Zinc, Plomo)	Hierro	Carbón
Amalgamación		X			
Cianuración - (Merril Crowe, SX)		X			
Clasificación y Lavado		X			X
Concentración Magnética				X	
Flotación	X	X	X		
Fundición	X	X	X		
Concentración Gravimétrica		X	X		X
Lixiviación (Pilas, Estanques, Botaderos)	X				
Tostación		X	X		

### *Situación de la faena*

Este Manual aplica a faenas mineras abandonadas o paralizadas. No debe aplicarse a faenas mineras en operación.

### *Componentes de una Faena Minera Paralizada o Abandonada*

Las FMA/P comprenden el conjunto de instalaciones y lugares de trabajo de la industria extractiva minera, tales como minas, plantas de tratamiento, fundiciones, refinерías, maestranzas, talleres, casas de fuerza, campamentos, bodegas, depósitos de residuos, y, en general, la totalidad de las labores, instalaciones y servicios de apoyo e infraestructura necesaria para el funcionamiento de la operación (Tabla 1-2).

Para efectos de este Manual los componentes de las FMA/P se han agrupado de la siguiente manera: mina, plantas de proceso, residuos mineros masivos, residuos mineros no masivos e industriales e infraestructura anexa. Las minas pueden ser subterráneas o a rajo abierto. Las plantas comprenden todas aquellas instalaciones utilizadas en el beneficio de los minerales y que quedaron abandonadas o paralizadas al término de las operaciones. Por su parte, en los residuos se distinguen dos clases: mineros masivos y mineros no masivos e industriales.

Finalmente la infraestructura anexa comprende a servicios de apoyo como polvorines, oficinas, talleres, bodegas, campamentos, redes de agua, eléctricas, accesos a la faena. Estas instalaciones se considerarán una componente independiente de la planta cuando estén físicamente separadas de ella, es decir, cuando no constituyan una unidad con la planta u otro componente. Por el contrario, si estas instalaciones de servicio están presentes en el mismo recinto de la planta o de otro componente, no corresponderá considerarlas como una componente independiente.

**Tabla 1-2: Componentes de una FMA/P**

Componente	Instalaciones / Acopios / Obras
Mina	Labores Subterráneas Labores Superficiales (rajo abierto)
Plantas	Planta de proceso
Residuos Mineros Masivos	Tranques de relaves Embalses de relaves Acopios de relaves depositados en torta u otro sistema Botaderos de rípios de lixiviación Botaderos de desmonte, estéril, minerales de baja ley Botadero de escorias
Residuos Mineros No Masivos e Industriales	Acopio de Residuos Mineros No Masivos (polvos de fundición y de tostación, residuos potencialmente peligrosos, soluciones de descarte, residuos de laboratorio). Acopio de Residuos Industriales (patios de chatarra, vertederos).
Infraestructura anexa	Polvorines Oficinas, campamentos Talleres, bodegas Redes y estanques de agua Caminos y puentes Tendidos y subestaciones eléctricas Pozos

#### **1.4. Conceptos básicos de riesgo.**

Para la aplicación de este Manual, el Evaluador debe tener nociones básicas de evaluación de riesgos, para lo cual se han dictado diversos cursos de capacitación a los profesionales del SERNAGEOMIN. A continuación se presentan algunos conceptos básicos de evaluación de riesgos, que orientarán al Evaluador en la correcta aplicación de este Manual.

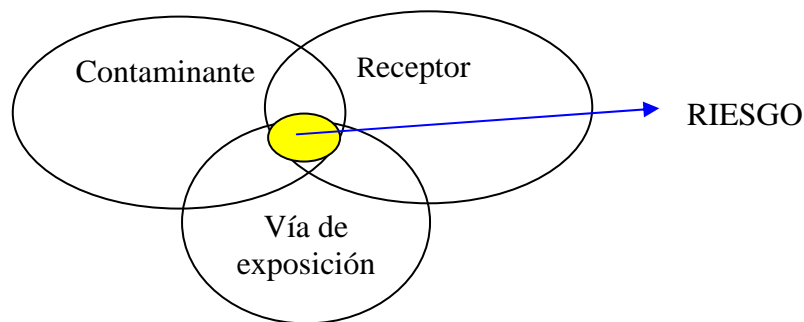
En la evaluación de los riesgos en una FMA/P se revisarán las situaciones que afectan a la seguridad física y aquellas otras relacionadas con contaminación, considerando que ambas pueden afectar negativamente a las personas, al medio ambiente o a las actividades económicas. En uno y otro caso se aplican conceptos generalmente aceptados por consenso, los que permiten una comprensión adecuada del problema. Conviene definir entonces el

marco conceptual en el que corresponde realizar una evaluación de riesgos, ya sea cuando éstos estén relacionados con seguridad, ya sea cuando se trate de contaminación.

#### 1.4.1. Riesgo por contaminación

Para que exista un riesgo de contaminación se requieren tres componentes:

- tiene que haber un “Contaminante” presente en concentraciones tales que pueda generar efectos no deseados en los receptores;
- tiene que haber al menos un “Receptor”; y
- tiene que haber una “Vía de exposición”<sup>1</sup> mediante la cual el receptor entre en contacto directo con el contaminante.



De modo que la ausencia de cualquiera de estos tres elementos hace que no exista el riesgo. Por el contrario, al constatarse la presencia de los tres elementos procede la evaluación de riesgo. A la descripción del origen, causas y efectos de los eventos que dan origen a un riesgo se le denomina Escenario de Peligro (Hazard Scenario) y con su identificación se inicia el proceso de evaluación de riesgos. Este continuará con la estimación de la Probabilidad de Ocurrencia y la Severidad de sus Consecuencias, según los criterios y métodos contenidos en este Manual (secciones 4.2 y 5.2).

---

<sup>1</sup> Vía de Exposición: Modo como una sustancia química entra en contacto con el organismo expuesto (ingestión, contacto dérmico, inhalación).

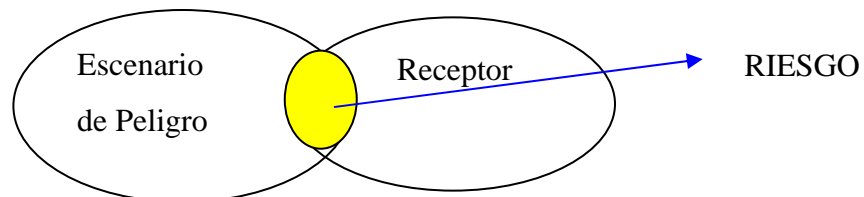
A modo de ejemplo, podría indicarse que un relave seco (contaminante) requiere de la inhalación de partículas (vía de exposición) de parte de población (receptores), para que proceda realizar una evaluación del riesgo de contaminación en donde se reúnan estos elementos.

Por su parte, la evaluación de riesgos en el ámbito de la seguridad emplea conceptos bastante similares a los indicados anteriormente, los que han sido establecidos en base a consensos generales alcanzados entre especialistas.

#### 1.4.2. *Riesgo por seguridad*

Por otra parte, para que haya un riesgo a la seguridad de las personas, al medio ambiente o a las actividades económicas, deben encontrarse presentes dos elementos:

- tiene que haber un “Escenario de Peligro”, es decir, una situación que entraña un riesgo para la seguridad (pique abierto, tranque de relaves, estructuras inestables, etc.);
- tiene que haber un “Receptor” potencial que sea afectado por dicho escenario de peligro.



La evaluación del nivel de riesgo de una FMA/P en el ámbito de la seguridad comprende la estimación de la Probabilidad de Ocurrencia y la Severidad de las Consecuencias, de los Escenarios de Peligro identificados, en base a los criterios establecidos en el Manual (secciones 4.1 y 5.1).

## 1.5. Definiciones

Para efectos de este Manual se entenderá por:

**Análisis Crítico de los Efectos de los Modos de Falla** (Failure Modes Effects Criticality Analysis – FMECA): procedimiento de evaluación de riesgos mediante el cual se analizan los modos de falla potencial en un sistema, en cuanto a la influencia combinada de su Probabilidad de Ocurrencia y de la Severidad de sus Consecuencias.

**Área de estudio:** corresponde a la zona potencialmente afectada por una faena minera abandonada o paralizada, debido a riesgos relacionados con la salud o seguridad de las personas, el medio ambiente o las actividades económicas.

**Área protegida:** cualquier porción de territorio, delimitada geográficamente y establecida mediante acto de autoridad pública, colocada bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental <sup>2</sup>.

**Área sensible desde un punto de vista ambiental:** porción del territorio, protegido o no por la legislación vigente, que dispone de recursos naturales singulares o valorados de manera especial por las autoridades, los científicos, sectores ambientalistas o por la comunidad en general.

---

<sup>2</sup> Artículo 2, Letra a, D.S N° 30/94, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado a través de D.S. N°95/02, ambos del MINSEGPRES.

**Botadero:** lugar destinado a la depositación de desmontes o desechos sólidos <sup>3</sup>.

**Caserón:** excavación en roca que queda una vez finalizada la explotación de un sector de la mina <sup>4</sup>.

**Contaminación:** la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones (o bien en concentraciones y permanencia) superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas por la legislación vigente <sup>5</sup>.

**Chiflón:** labor inclinada que se abre desde arriba hacia abajo <sup>6</sup>.

**Chimenea:** labores inclinadas o verticales que se abren desde abajo hacia arriba <sup>7</sup>.

**Daño Ambiental:** toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes <sup>8</sup>.

**Desmontes:** acopios de minerales de baja ley o roca, en superficie <sup>4</sup>.

**Depósito de Relaves:** toda obra estructurada en forma segura para contener los relaves provenientes de una Planta de concentración húmeda de especies de minerales. Además, contempla sus obras anexas. Su función principal es la de servir como depósito, generalmente, definitivo de los materiales sólidos proveniente del relave transportado desde

---

<sup>3</sup> Art 593, Núm 97, D.S. N° 72, Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado a través de D.S. N° 132/02, ambos del Ministerio de Minería.

<sup>4</sup> Guía de Buenas Prácticas en Seguridad Minera en la Pequeña Minería. SONAMI 2002.

<sup>5</sup> Art. 2, Letra c, Ley 19.300, de Bases del Medio Ambiente.

<sup>6</sup> Art. 593, Núm. 10, D.S. N° 72, Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado a través de D.S. N° 132/02, ambos del Ministerio de Minería.

<sup>7</sup> Art. 593, Núm. 11, D.S. N° 72, Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado a través de D.S. N° 132/02, ambos del Ministerio de Minería.

<sup>8</sup> Art. 2, Letra e, Ley 19.300, de Bases del Medio Ambiente.

la Planta, permitiendo así la recuperación, en gran medida, del agua que transporta dichos sólidos <sup>9</sup>.

**Efectos acumulativos:** o sinérgicos son aquellos que se producen debido a la proximidad de diferentes faenas mineras, las que actúan de forma combinada sobre un mismo receptor.

**Embalse de relaves:** aquel depósito de relaves donde el muro de contención está construido con material de empréstito y se encuentra impermeabilizado en el coronamiento y en su talud interno. La impermeabilización puede estar realizada con un material natural de baja permeabilidad o de material sintético como geomembrana de alta densidad. También se llama embalses de relaves aquellos depósitos ubicados en alguna depresión del terreno en que no se requiere la construcción de un muro de contención <sup>10</sup>.

**Escenarios de Peligro:** descripción del origen, causas y efectos de los eventos que generan un riesgo.

**Estéril:** material económicamente inútil que sale con la mena o en desarrollos mineros <sup>11</sup>.

**Evaluación de riesgo sobre la salud de las personas** (Human Health Risk Assessment – HHRA): proceso de evaluación de riesgos para la salud de receptores humanos.

**Evaluación de riesgo sobre la salud del ecosistema** (Ecological Health Risk Assessment – EHRA): proceso de evaluación de riesgos para receptores ecológicos.

---

<sup>9</sup> Art. 5, Letra d, D.S. 248 de 2006 del Ministerio de Minería. Reglamento de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves.

<sup>10</sup> Art. 6, D.S. 248 de 2006 del Ministerio de Minería. Reglamento de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves.

<sup>11</sup> Art. 593, Núm. 25, D.S. N° 72, Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado a través de D.S. N° 132/02, ambos del Ministerio de Minería.



**Faenas Mineras:** comprende todas las labores que se realizan, desde las etapas de construcción, del conjunto de instalaciones y lugares de trabajo de la Industria Extractiva Minera, tales como minas, plantas de tratamiento, fundiciones, refinerías, maestranzas, talleres, casas de fuerza, muelles de embarque de productos mineros, campamentos, bodegas y, en general, la totalidad de las labores, instalaciones y servicios de apoyo e infraestructura necesaria para asegurar el funcionamiento de la Industria Extractiva Minera <sup>12</sup>.

**Faena Minera Abandonada:** es aquella de la cual su dueño hace dejación con el ánimo de desprenderse del dominio de la misma.

**Faena Minera Paralizada:** es aquella que se encuentra detenida por cualquier causa, sea temporal o definitiva, excluyendo detenciones por razones operacionales, de mantención u otras habituales en una faena minera en operación.

**Faena Minera Abandonada o Paralizada - Clase I:** es aquella faena abandonada o paralizada que, una vez evaluados sus riesgos, se determina que tiene al menos un riesgo “significativo” sobre la salud o seguridad de las personas, el medio ambiente o las actividades económicas; y por lo tanto se clasifica como Pasivo Ambiental Minero o PAM.

**Faena Minera Abandonada o Paralizada – Clase II:** es aquella faena abandonada o paralizada que, una vez evaluados sus riesgos, se determina que todos ellos son “no significativos”; y por lo tanto no corresponde a un PAM.

**Faena Minera Abandonada o Paralizada - Clase III:** es aquella faena abandonada o paralizada que, en base a la evaluación previa realizada mediante el formulario E-400, presenta riesgos despreciables tanto para la salud como para la seguridad de las personas; por lo que no corresponde a un PAM.

---

<sup>12</sup> Art. 6, D.S. N° 72, Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado a través de D.S. N° 132/02, ambos del Ministerio de Minería.

**Labor:** nombre dado a los trabajos mineros <sup>13</sup>.

**Matriz de Riesgos:** instrumento que permite definir la magnitud del riesgo de un Escenario de Peligro en función de la Probabilidad de Ocurrencia y su posible consecuencia sobre los receptores.

**Medio Ambiente:** el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones <sup>14</sup>.

**Plan de Remediación:** el documento que describe pormenorizadamente las acciones y medidas adecuadas para el control, la reducción o eliminación del riesgo significativo, que presenta o genera un pasivo ambiental minero.

**Pasivo Ambiental Minero (PAM):** faena minera abandonada o paralizada, incluyendo sus residuos, que constituye un riesgo significativo para la salud o seguridad de las personas, para el medio ambiente o para las actividades económicas.

**Peligro:** una contingencia inminente de daño potencial o una situación con potencial de causar daño.

**Pique:** labores verticales o inclinadas, que se corren de arriba hacia abajo <sup>15</sup>.

**Rajo:** faena de explotación minera a cielo abierto.

---

<sup>13</sup> Art 593, Núm. 31, D.S. N° 72, Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado a través de D.S. N° 132/02, ambos del Ministerio de Minería.

<sup>14</sup> Art. 2, Letra II, Ley 19.300, de Bases del Medio Ambiente.

<sup>15</sup> Art 593, Núm. 53, D.S. N° 72, Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado a través de D.S. N° 132/02, ambos del Ministerio de Minería.

**Receptor:** el hombre y el medio ambiente o alguno de sus componentes, que puede ser afectado negativamente por uno o más Escenarios de Peligro presentes en una faena minera abandonada o paralizada.

**Relave:** suspensión de sólidos en líquidos, formando una pulpa, que se generan y desechan en las plantas de concentración húmeda de especies minerales que han experimentado una o varias etapas en circuito de molienda fina. El vocablo se aplicará, también, a la fracción sólida de la pulpa que se ha descrito precedentemente <sup>16</sup>.

**Remediación:** el conjunto de acciones y medidas adecuadas para el control, reducción o eliminación del riesgo, para la vida o salud de las personas o al medio ambiente, de un pasivo ambiental minero, hasta un grado tal que el riesgo se reduce a un nivel aceptable (no significativo) y con ello el PAM deje de ser tal.

**Residuo Peligroso:** residuo o mezcla de residuos que presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar toxicidad aguda, crónica, extrínseca, inflamabilidad, reactividad o corrosividad <sup>17</sup>.

**Residuo Minero Masivo:** desechos de la actividad minera consistentes en estériles, minerales de baja ley, residuos de minerales tratados por lixiviación, los relaves y las escorias <sup>18</sup>.

**Residuo Minero No Masivo:** desechos de la actividad minera no incluidos en las categorías anteriores, tales como borras, subproductos de rechazo, restos de reactivos, cenizas, etc.

---

<sup>16</sup> Art. 5, D.S. 248 de 2006 del Ministerio de Minería. Reglamento de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves.

<sup>17</sup> Art. 3, 10 y 11, D.S. 148 de 2003 del Ministerio de Salud. Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos.

<sup>18</sup> Listado basado en Art. 23 D.S. 148 de 2003 del Ministerio de Salud. Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos.

**Riesgo:** es la combinación de la Probabilidad de Ocurrencia de un evento y su consecuencia<sup>19</sup>.

**Socavón:** labores mineras horizontales o cercanas a la horizontal<sup>20</sup>.

**Tranque de relaves:** aquel depósito de relaves donde el muro de contención es construido con la fracción más gruesa del relave (arenas)<sup>21</sup>.

---

<sup>19</sup> ISO/IEC, 2002.

<sup>20</sup> Art. 593, Núm. 64, D.S. N° 72, Reglamento de Seguridad Minera, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado a través de D.S. N° 132/02, ambos del Ministerio de Minería.

<sup>21</sup> Art. 5, Letra n, D.S. 248 de 2006 del Ministerio de Minería. Reglamento de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves.

**CAPITULO 2**  
**METODOLOGIA DE EVALUACION DE RIESGOS**  
**EN LAS FMA/P**



## CAPITULO 2

### METODOLOGIA DE EVALUACION DE RIESGOS DE LAS FMA/P

#### INDICE

<b>2.1</b>	<b>Etapas de la Evaluación de Riesgos y priorización de FMA/P .....</b>	<b>2-1</b>
<i>2.1.1</i>	<i>Identificación de Escenarios de Peligro .....</i>	<i>2-3</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Identificación de receptores .....</i>	<i>2-3</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Evaluación de la Probabilidad de Ocurrencia. ....</i>	<i>2-4</i>
<i>2.1.4</i>	<i>Evaluación de la Severidad de las Consecuencias.....</i>	<i>2-4</i>
<i>2.1.5</i>	<i>Aplicación de la Matriz de Riesgos.....</i>	<i>2-6</i>
<i>2.1.6</i>	<i>Pertinencia de realizar una Evaluación de Riesgos Detallada.....</i>	<i>2-8</i>
<i>2.1.7</i>	<i>Evaluación de riesgos debido a la proximidad de otras faenas.....</i>	<i>2-9</i>
<i>2.1.8</i>	<i>Clasificación de las faenas en PAM y NO PAM.....</i>	<i>2-9</i>
<b>2.2</b>	<b>Enfoque de la Evaluación de Riesgos de FMA/P.....</b>	<b>2-10</b>
<b>2.3</b>	<b>Sugerencias para el Evaluador.....</b>	<b>2-15</b>

#### TABLAS

Tabla 2-1: Criterios para definir la Severidad de las Consecuencias .....	2-5
Tabla 2-2: Matriz de Riesgo.....	2-6
Tabla 2-3: Riesgos significativos y no significativos.....	2-7
Tabla 2-4: Clases de FMA/P .....	2-10

#### FIGURAS

Figura 2-1: Esquema general del proceso de evaluación de riesgos en FMA/P .....	2-2
Figura 2-2: Proceso de Evaluación de Riesgos en FMA/P .....	2-14

## 2. METODOLOGIA DE EVALUACION DE RIESGOS DE LAS FMA/P

### 2.1 Etapas de la Evaluación de Riesgos y priorización de FMA/P

El proceso de **Evaluación de Riesgos de las FMA/P** contenido en este Manual se basa en una metodología ampliamente utilizada en diferentes ámbitos, denominada “Análisis Crítico de los Efectos de los Modos de Falla” (Failure Modes Effects Criticality Analysis - FMECA). Esta metodología permitirá diferenciar cuáles de las FMA/P constituyen hoy en día un Pasivo Ambiental Minero (PAM) y cuáles no presentan esta condición.

Para realizar una evaluación de riesgos de las FMA/P aplicando los principios del FMECA, se requiere completar las siguientes etapas (Figura 2-1):

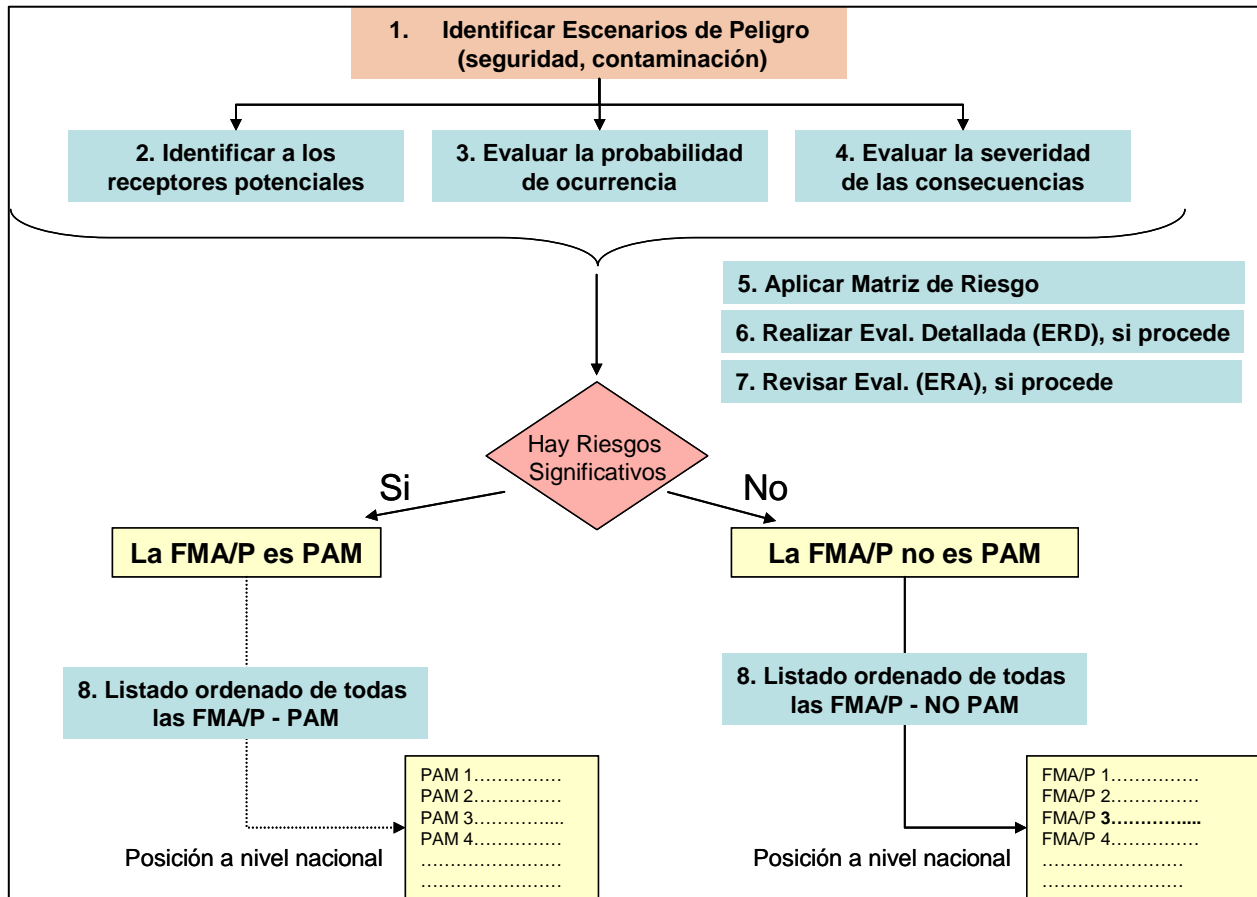
1. Identificar las situaciones que entrañan un riesgo, denominadas **Escenarios de Peligro**.
2. Identificar los posibles afectados, llamados **Receptores** potenciales.
3. Estimar la **Probabilidad** de que ocurra cada Escenario de Peligro.
4. Estimar la **Severidad de las Consecuencias** sobre los receptores.
5. Aplicar una **Matriz de Riesgos** para distinguir riesgos “significativos” y “no significativos”, lo que permite catalogar a las faenas como PAM o no PAM.
6. Aplicar una metodología de **Evaluación de Riesgos Detallada (ERD)**, en aquellos casos en que existe cierto grado de incertidumbre sobre la evaluación simple realizada.
7. Realizar una **Evaluación de Riesgos Acumulada (ERA)**, que consiste en la revisión de la evaluación desarrollada en aquellos casos en que exista otra FMA/P próxima.



8. Clasificar las FMA/P resultantes en función de un **orden de prioridad** de acuerdo a la magnitud de los riesgos que éstas presentan.

El resultado de la aplicación de esta metodología de evaluación de riesgos será, en suma, un primer listado de aquellas FMA/P que constituyen un PAM y un segundo listado donde estarán presentes las faenas que no posean esta condición. Ambos listados estarán ordenados de mayor a menor riesgo lo que permitirá entregar información de utilidad de cara a la implementación de futuros programas de remediación.

**Figura 2-1: Esquema general del proceso de Evaluación de Riesgos en FMA/P**



### *2.1.1 Identificación de Escenarios de Peligro*

La identificación de los Escenarios de Peligro presentes en una FMA/P es el primer paso en la evaluación de riesgos. Comprende una exhaustiva revisión de las labores que contiene la faena minera, considerando los posibles receptores que estarían asociados a cada uno de los escenarios identificados. Los **Escenarios de Peligro** asociados a una FMA/P pueden ser de dos tipos:

1. Aquellos relacionados con la **seguridad**, tales como accidentes, caídas, derrumbes, contacto directo con productos corrosivos, etc., que requieren de una exposición directa con los elementos de una FMA/P y cuyos efectos suelen manifestarse de forma inmediata.
2. Aquellos relacionados con la **contaminación** que puede producir una FMA/P y que requieren de un vehículo como el suelo, el aire o el agua para llegar a los receptores y producir los efectos no deseados. Normalmente los efectos negativos de la contaminación sobre los receptores se manifiestan en períodos prolongados de tiempo.

En la práctica, esta etapa se lleva a cabo llenando dos tablas, una dedicada a seguridad (ejemplo en Tabla 4-4) y la otra a contaminación (ejemplo en Tabla 4-11) donde quedan registrados los Escenarios de Peligro para cada una de los componentes de una FMA/P.

Los Escenarios de Peligro que pueden presentarse en una FMA/P se han detallado en los Capítulos 4.1 y 4.2 de este Manual, los que están dedicados a la Evaluación de Riesgos por Seguridad y por Contaminación, respectivamente.

### *2.1.2 Identificación de receptores*

Dentro de la Evaluación de Riesgos de una FMA/P se deberán identificar los receptores presentes dentro del área de estudio (Capítulo 3). Las FMA/P pueden afectar de manera negativa a alguno de los siguientes receptores:

- Personas
  
- Medio Ambiente
  - Vida Acuática
  - Vida Silvestre Terrestre
  - Áreas Protegidas o Sensibles
  
- Actividades Económicas
  - Agricultura
  - Ganadería
  - Acuicultura y Pesca

### *2.1.3 Evaluación de la Probabilidad de Ocurrencia.*

El riesgo de un Escenario de Peligro depende de la Probabilidad de Ocurrencia de dicho escenario y de la Severidad de sus Consecuencias. La primera variable se estima mediante un “Índice de Probabilidad” que puede recibir uno de los siguientes valores: “Alto”, “Medio”, “Bajo” y “Despreciable”. Este índice evalúa en términos cualitativos cuán probable es el hecho de que se produzca un efecto negativo y depende de las condiciones y circunstancias en que se encuentra el Escenario de Peligro.

En este Manual se entregan las indicaciones necesarias para la estimación del Índice de Probabilidad de cada uno de los Escenarios de Peligro que sean identificados (Capítulos 4.1, 4.2 5.1. y 5.2), de manera que estas asignaciones podrán ser aplicadas de un modo estandarizado por diferentes evaluadores.

### *2.1.4 Evaluación de la Severidad de las Consecuencias*

La forma en que los receptores pueden verse afectados en su seguridad física es diversa. Las personas pueden sufrir lesiones o incluso la muerte debido a accidentes en las instalaciones u

obras de una faena (Ej. debido a caídas en piques, heridas con materiales corto punzantes, etc.). Por su parte, componentes del Medio Ambiente como la flora y fauna silvestre pueden verse afectados de manera directa por fallas en la seguridad (Ej. debido a la rotura de un tranque de relaves que produzca una liberación violenta de éstos), con la posible pérdida de los animales o plantas que ocupaban ese espacio.

Esta situación también puede afectar a los cultivos y ganado que pudieran encontrarse dentro del área de influencia de una falla al momento de ocurrir ésta. En algunos casos se puede producir además, o bien la pérdida permanente de los hábitats donde se desarrollaba la vida silvestre, o bien la pérdida de la superficie de sustento de actividades económicas.

Por su parte, la contaminación puede afectar a la salud de las personas cuando éstas entran en contacto con un agente contaminante a través de alguna vía de exposición como es la inhalación, ingestión o contacto dérmico. El Medio Ambiente o las Actividades Económicas se consideran afectados por causa de la contaminación cuando se produce un detrimento de la calidad de los ecosistemas o de los terrenos productivos debido a la presencia de sustancias nocivas en el aire, el agua o el suelo (Tabla 2-1).

**Tabla 2-1: Criterios para definir la Severidad de las Consecuencias**

Receptores	Criterio para Definir la Severidad de las Consecuencias	
	Seguridad	Contaminación
Personas	Lesiones físicas o pérdidas de vidas humanas	Daño a la salud humana.
Medio Ambiente	Pérdida de superficie en donde se desarrolla vida acuática, terrestre o donde existan áreas protegidas o sensibles	Superficie potencialmente afectada donde se desarrolla vida acuática, terrestre o donde existen áreas protegidas o sensibles.
Actividades Económicas	Pérdida de superficie de cultivos, ganado, de productos cultivados o extraídos de medios acuáticos	Superficie potencialmente afectada de cultivos, ganado, o de productos cultivados o extraídos de medios acuáticos

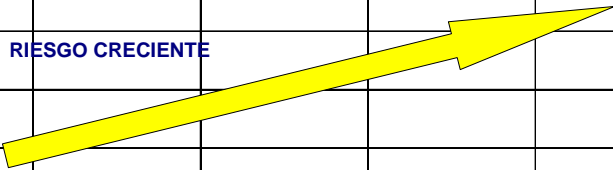
Para evaluar la Severidad de las Consecuencias se han establecido cinco categorías: “Catastrófica”, “Alta”, “Moderada”, “Baja” y “Despreciable”. Cabe destacar que la condición de severidad “Catastrófica” se ha reservado a los Escenarios de Peligro que puedan afectar a personas; mientras que en el Medio Ambiente o en las Actividades Económicas, la severidad de mayor magnitud que ha sido definida es “Alta”. En los Capítulos 4.1, 4.2 y 5.2 de este Manual se entregan los criterios que permiten evaluar la Severidad de las Consecuencias por seguridad y por contaminación de los Escenarios de Peligro identificados.

*2.1.5 Aplicación de la Matriz de Riesgos*

La evaluación de la magnitud del riesgo se basa, por tanto, en la combinación de los dos factores involucrados. Esta operación se lleva a cabo mediante una Matriz de Riesgo, que es una tabla de doble entrada en la que, para cada combinación de valores de Probabilidad de Ocurrencia y Severidad de las Consecuencias, resulta un único valor de magnitud del riesgo (Tabla 2-2).

Lógicamente, cuanto más probable sea el Escenario de Peligro y cuanto más severas sean sus consecuencias, mayor será la magnitud del riesgo asociado a ese escenario en particular. Inversamente, los riesgos serán de menor magnitud cuanto más reducidas sean la Probabilidad de Ocurrencia de estos eventos y menor sea la Severidad de sus Consecuencias.

**Tabla 2-2: Matriz de Riesgo**

INDICE PROBABILIDAD	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
	Despreciable	Baja	Moderada	Alta	Catastrófica
Alto					
Medio					
Bajo					
Despreciable					

La Matriz de Riesgo presenta un conjunto de combinaciones de Probabilidad de Ocurrencia y Severidad de las Consecuencias que determinan niveles de riesgo más importantes o **significativos, celdas en rojo** en la Tabla 2-3; y otro conjunto de combinaciones en que los riesgos serían menores y que se denominan “**no significativos**”, **celdas en verde** en la Tabla 2-3. Se considera que un riesgo es “**significativo**” cuando reviste importancia debido a la combinación de las magnitudes que presentan los factores involucrados en su determinación (Probabilidad de Ocurrencia y Severidad de sus Consecuencias).

Por su parte, se considera que un riesgo “**no es significativo**” cuando reviste menor importancia debido a la combinación de las magnitudes que presentan los factores involucrados en su determinación.

La aplicación de la Matriz de Riesgos permitirá, por tanto, evaluar los riesgos que presentan los Escenarios de Peligro de cada FMA/P, siendo posible clasificar éstos en dos categorías: significativos, los que se ubican dentro del área roja, y no significativos, los que resultan dentro del área verde. Una determinada Matriz de Riesgos tendrá tantas “entradas” como Escenarios de Peligro han sido identificados.

**Tabla 2-3: Riesgos significativos y no significativos (\*).**

	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
PROBABILIDAD	Despreciable (A)	Baja (B)	Moderada (C)	Alta (D)	Catastrófica (E)
Alto (4)	b7	a1	a4	a7	a9
Medio (3)	b4	b8	a2	a5	a8
Bajo (2)	b2	b5	b9	a3	a6
Despreciable (1)	b1	b3	b6	b10	b11

(\*) La codificación establece una jerarquización de la magnitud de los riesgos. Mayor detalle en sección 6.2.1.

### *2.1.6 Pertinencia de realizar una Evaluación de Riesgos Detallada*

Puede ser necesaria la realización de una ERD cuando alguno de los riesgos evaluados mediante la ERS haya presentado algún nivel de incertidumbre, al punto que haga dudar de la validez de los resultados alcanzados. En este caso, cabe esperar que una evaluación más precisa de los riesgos confirme su condición de ser significativos o no significativos.

La Evaluación de Riesgos Detallada (ERD) de una FMA/P se debe realizar cuando:

- La Evaluación de Riesgos Simplificada (ERS) de la FMA/P indica que los mayores riesgos detectados en la faena son no significativos y por lo tanto la faena no sería un PAM, pero existe incertidumbre acerca de la evaluación realizada de manera que podría haberse subestimado algún riesgo, al punto que este podría ser significativo. La evaluación detallada de estos riesgos sobre los cuales existe incertidumbre, permitirá precisar la evaluación de los riesgos de la FMA/P y con ello determinar si ésta constituye efectivamente un PAM.
- La ERS determina que existen uno o varios riesgos significativos y por lo tanto la FMA/P se clasificaría como PAM, pero la evaluación realizada presentó en todos estos riesgos un grado de incertidumbre tal que pudiera ser que todos ellos hubiesen sido sobreestimados, siendo en realidad no significativos. La evaluación detallada permitirá aclarar también en este caso cuál es la condición real de la faena, PAM o no PAM.

No procede realizar una Evaluación de Riesgos Detallada cuando existe suficiente seguridad respecto a la presencia o ausencia de riesgos significativos, por lo cual las respectivas faenas pueden ser clasificadas como PAM o no PAM con certeza.

En el capítulo 4.5 de este Manual se entrega mayor detalle sobre el procedimiento que permite determinar la pertinencia o no de realizar una ERD.

### *2.1.7 Evaluación de riesgos debido a la proximidad de otras faenas*

Realizada la Evaluación de Riesgo Simplificada para una cierta FMA/P, procede verificar si existen otras FMA/P cuyas Áreas de Estudio ingresen o se solapen con la primera. En el caso de que sí existiese en las proximidades una o más FMA/P con parte del área de estudio en común, se requiere realizar una redefinición del Área de Estudio y de los receptores presentes en ésta (según la metodología descrita en el Capítulo 4.4) evaluando los posibles efectos acumulativos que tendrán los Escenarios de Peligro que están próximos entre sí.

Actualizada según corresponda la definición del área de estudio, se requiere revisar la Evaluación de Riesgos Simplificada de cada FMA/P, teniendo en cuenta que en esta área pueden estar ahora presentes nuevos receptores, que anteriormente no fueron considerados.

### *2.1.8 Clasificación de las Faenas en PAM y NO PAM*

Realizada la evaluación de riesgos, se ha establecido un criterio principal consistente en definir como **Pasivo Ambiental Minero** aquella FMA/P que presenta uno o más riesgos que fueron catalogados como “**significativos**” durante su evaluación (Figura 2-2). A esta categoría de FMA/P que constituyen un PAM se le denominará en adelante de **Clase I** (Tabla 2-4).

Complementariamente, se establece que una FMA/P **no constituye un PAM** cuando carece de riesgos significativos para cualquiera de los Escenarios de Peligro identificados. Estas faenas se considerarán de **Clase II** y requieren de una evaluación periódica a lo largo del tiempo, a fin de dar seguimiento a los riesgos evaluados, puesto que alguno de ellos podría llegar a ser “significativo” por cambios en las condiciones de la evaluación. La periodicidad con que se realice esta re-evaluación sobre las faenas Clase II estará determinada por la aplicación de los criterios técnicos que a tal efecto defina el SERNAGEOMIN.

Hay un tercer grupo de FMA/P que se denominan de **Clase III** y comprende todas aquellas faenas mineras que durante el análisis del Proyecto FOCIGAM demostraron riesgos



despreciables, por lo que no requieren de mayor evaluación en esta etapa. En consecuencia, las faenas en Clase III no forman parte de los alcances de este Manual.

Una vez clasificadas todas las FMA/P en aquellas que son PAM y las que no lo son, se pretende contar con un listado ordenado de las faenas evaluadas en función de su preferencia o nivel de prioridad, de cara a ser incorporadas en futuros programas de remediación. El orden en estos listados estará definido por la magnitud de los riesgos y el número de situaciones de riesgo que presente cada FMA/P (Capítulo 6).

**Tabla 2-4: Clases de FMA/P**

FMA/P	Clase	Descripción
PAM	I	Faenas en las cuales se ha identificado a lo menos un riesgo significativo para la salud o seguridad de las personas, el medio ambiente o actividades económicas.
No PAM	II	Faenas para las cuales todos los riesgos se han considerado como no significativos, y requiere de evaluación periódica.
No PAM	III	Faenas con riesgos despreciables según la metodología de FOCIGAM, que no requieren de una nueva evaluación de riesgos bajo la metodología de este Manual.

## 2.2 Enfoque de la Evaluación de Riesgos de FMA/P

La Evaluación de Riesgos de las FMA/P debe permitir determinar cuáles de ellas tienen un riesgo significativo para la salud y seguridad de las personas, para el medio ambiente o las actividades económicas; vale decir, la evaluación debe permitir identificar cuáles de estas faenas se clasificarán como PAM y cuáles no.

La metodología planteada busca la eficacia y eficiencia a lo largo del proceso de evaluación de riesgos, y para ello se apoya en los siguientes principios:

- Utilizar la mayor cantidad de información posible de las FMA/P reunida por el **Proyecto FOCIGAM**, y específicamente la contenida en el formulario E-400.
- Definir un proceso de **Evaluación de Riesgos Simplificada (ERS)**, en base al cual los profesionales del SERNAGEOMIN puedan realizar una evaluación de riesgos de las FMA/P. Para casos debidamente justificados, en los cuales exista incertidumbre respecto a la validez del resultado alcanzado en la clasificación de la FMA/P como PAM o No PAM, se ha preparado una metodología complementaria, denominada **Evaluación de Riesgos Detallada (ERD)**. En esta última puede ser necesaria la participación de expertos externos al SERNAGEOMIN. Con esta estrategia se optimiza la utilización de los recursos asignados para la evaluación y priorización de las FMA/P.
- Concluir el proceso llegando a **resultados precisos, verificables y reproducibles** consistentes en una lista de faenas clasificadas como PAM, priorizada según la magnitud de sus riesgos; y una lista de faenas clasificadas como no PAM, igualmente ordenadas de mayor a menor riesgo.

Una metodología simplificada es suficiente para evaluar un amplio conjunto de riesgos. Sin embargo, habida cuenta de la amplia variedad de circunstancias que se presentan en las FMA/P, es de esperar que exista un cierto conjunto de situaciones donde sea difícil establecer la importancia o no de los riesgos en base a una metodología simplificada, en circunstancias en que pudiera realizarse una clasificación incorrecta de PAM o no PAM. En estos casos de incertidumbre se hace necesario contar con una metodología más detallada para la evaluación.

Por lo anterior, este Manual considera realizar la evaluación de riesgo en dos niveles diferentes:

- *Evaluación de Riesgo Simplificada (ERS)*: a través de la cual los **profesionales** de SERNAGEOMIN, con la ayuda de criterios técnicos específicos y procedimientos entregados en el Manual, evaluarán los riesgos de las FMA/P.

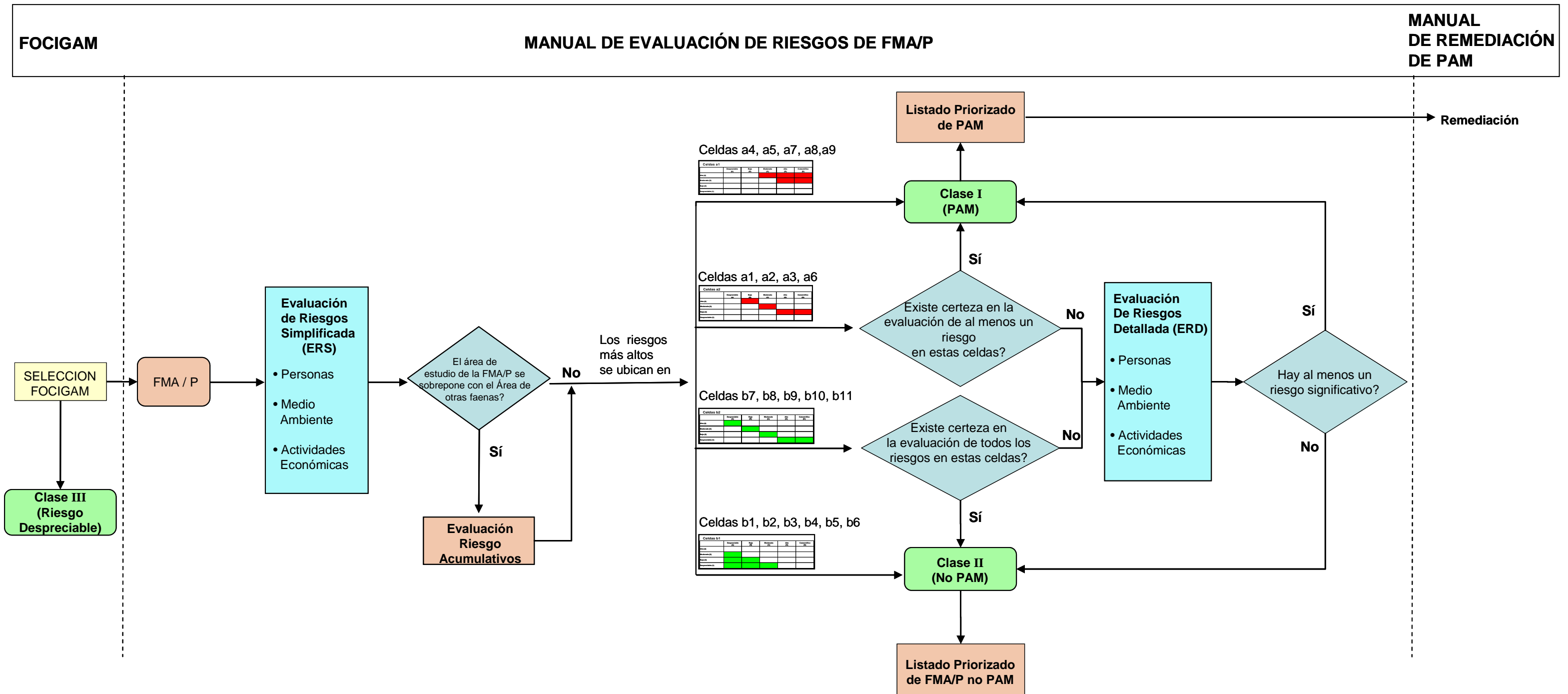
- *Evaluación de Riesgos Detallada (ERD)*: a aplicar para riesgos específicos y en casos debidamente justificados en los que exista incertidumbre sobre el resultado alcanzado mediante la ERS. Para la ejecución de una ERD puede ser necesario contar con **especialistas externos** que apoyen a los profesionales del SERNAGEOMIN en el desarrollo de estudios de terreno y para la aplicación de técnicas especializadas de análisis; en base a las cuales se redefinirá el riesgo con mayor precisión. Este Manual entrega las metodologías que actualmente son utilizadas en este tipo de estudios, y listas de apoyo para la revisión de estos trabajos por parte de profesionales del SERNAGEOMIN.

Así, la metodología base de evaluación de riesgos para todas las FMA/P será la ERS y sólo en algunos casos se realizará una ERD. Con este modo de proceder se pretende optimizar la asignación de recursos durante el proceso de identificación de PAM, evitando la realización de una evaluación más costosa en todos aquellos casos en que pueda estimarse con claridad la magnitud de los riesgos que presenta una faena.

En la Figura 2-2 se presenta un diagrama general del proceso de evaluación de riesgos de FMA/P hasta llegar a dos listas priorizadas de las faenas clasificadas en PAM y No PAM, respectivamente.



Figura 2-2: Proceso de Evaluación de Riesgos en FMA/P



### 2.3 Sugerencias para el Evaluador

En la aplicación de este Manual, el Evaluador debe tener en consideración, entre otros, los siguientes aspectos:

- Considerando que la evaluación se refiere a temas de seguridad y de contaminación, es necesario que en ella participe un profesional con conocimientos en seguridad minera y otro con conocimientos de medio ambiente.
- El Evaluador debe recopilar la mayor cantidad de antecedentes disponibles de la FMA/P en evaluación, no solamente al interior del Servicio sino en otras reparticiones públicas y estudios de privados.
- Para facilitar revisiones y actualizaciones posteriores, el Evaluador debe dejar un completo registro de todo el proceso de evaluación de riesgos de la faena. Para ello debe apoyarse en los sistemas de registro y procedimientos que sean establecidos por el Servicio. En el Anexo F se entrega un formulario denominado Ficha de Registro de la Evaluación de Riesgos (FRER) que permite al Evaluador el registro de esta información.
- Se estima que la Evaluación de Riesgos Simplificada (ERS) de una FMA/P, utilizando la metodología presentada en este Manual, requerirá entre 1 y 2 semanas, considerando el tiempo de preparación, reconocimiento en terreno y evaluación propiamente tal en gabinete. Cabe recordar esta ERS está enfocada a la determinación de la condición de PAM o no de una FMA/P, y no al diseño de su remediación. El tiempo requerido para la evaluación aumentará en aquellos casos en que, para determinar la condición de PAM de una faena, el Evaluador considere necesario realizar una Evaluación de Riesgos Detallada (ERD).

Nota complementaria: El Evaluador debe considerar su seguridad al momento de desarrollar el levantamiento de terreno, puesto que, tratándose de faenas abandonadas sin un cierre adecuado, podría haber condiciones inseguras que pongan en riesgo su propia integridad. Será el experto en seguridad del Servicio el que determine si las condiciones de la feana permiten hacer el levantamiento para llenar la información requerida. En caso contrario, el Evaluador deberá llenar la información requerida basándose en su mejor presunción, dejando claramente registrada esta situación y los fundamentos de sus evaluaciones. Por motivos de seguridad es recomendable que asista más de una persona a la visita a terreno (dos evaluadores, evaluador más chofer, etc.), particularmente en condiciones de aislamiento geográfico o presencia de otro tipo de riesgos.





**CAPITULO 3**  
**PREPARACION DE LA EVALUACION**  
**Y**  
**RECONOCIMIENTO DE TERRENO**



## CAPITULO 3

### PREPARACIÓN DE LA EVALUACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE TERRENO

#### INDICE

<b>3.1</b>	<b>Aspectos Generales.....</b>	<b>3-1</b>
<b>3.2</b>	<b>Etapas de la preparación de la evaluación.....</b>	<b>3-2</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Recopilación de información .....</i></b>	<b>3-2</b>
<b>3.2.2</b>	<b><i>Preparación de la cartografía .....</i></b>	<b>3-5</b>
<b>3.2.3</b>	<b><i>Definición del Área de Estudio .....</i></b>	<b>3-8</b>
<b>3.2.4</b>	<b><i>Caracterización de receptores en el Área de Estudio.....</i></b>	<b>3-11</b>
<b>3.2.5</b>	<b><i>Preparación de la visita a terreno.....</i></b>	<b>3-21</b>
<b>3.2.6</b>	<b><i>Resumen de la preparación de la evaluación.....</i></b>	<b>3-22</b>
<b>3.3</b>	<b>Visita a terreno .....</b>	<b>3-23</b>
<b>3.3.1</b>	<b><i>Identificación y caracterización de instalaciones, acopios u obras.....</i></b>	<b>3-24</b>
<b>3.3.2</b>	<b><i>Identificación de Escenarios de Peligro para cada instalación, acopio u obra .....</i></b>	<b>3-25</b>
<b>3.3.3</b>	<b><i>Delimitación del Área de Estudio .....</i></b>	<b>3-26</b>
<b>3.3.4</b>	<b><i>Caracterización de receptores para cada Escenario de Peligro .....</i></b>	<b>3-26</b>
<b>3.3.5</b>	<b><i>Antecedentes de terreno para determinar la Probabilidad de Ocurrencia de cada EP.....</i></b>	<b>3-27</b>
<b>3.3.6</b>	<b><i>Antecedentes de terreno para determinar la Severidad de las Consecuencias de cada EP.....</i></b>	<b>3-28</b>
<b>3.3.7</b>	<b><i>Revisión final del trabajo de terreno .....</i></b>	<b>3-28</b>

### **3. PREPARACION DE LA EVALUACION Y VISITA A TERRENO**

#### **3.1 Aspectos Generales**

En esta sección se describe:

- La preparación de la evaluación que debe realizar el Evaluador en gabinete, antes de visitar la faena.
  
- La visita de reconocimiento de terreno que debe realizar el Evaluador para recabar toda la información requerida para aplicar este Manual.

La preparación de la evaluación de riesgos de la FMA/P consiste en la recopilación y análisis de la mayor cantidad de información disponible, de modo que el Evaluador se forme una visión completa de la situación de la faena.

Es importante que la etapa de preparación de la evaluación se ajuste a la complejidad de la FMA/P objeto de estudio; es decir, las faenas que cuentan con pocas instalaciones, que no presentan acopios de materiales peligrosos y que se ubican en zonas aisladas, no requerirán la misma cantidad de documentación para ser descritas adecuadamente, que aquellas faenas que cuentan con mayor cantidad de obras, contienen residuos peligrosos o depósitos de relaves, o bien éstos están cercanos a poblaciones, a zonas de valor ambiental o a actividades económicas. En este último caso el nivel de información deberá ser más detallado puesto que existirán más componentes que definirán el riesgo de la faena tanto en materias de seguridad como ambientales.

Completada la etapa de preparación de la evaluación en gabinete, el Evaluador procederá a realizar la inspección de terreno para recabar todos los antecedentes necesarios para la evaluación de riesgos de la faena.

Finalmente es importante mencionar que el Evaluador cuenta con una **Ficha de Registro de la Evaluación de Riesgos (FRER)**, cuyo objetivo es apoyar al Evaluador en la aplicación paso a paso de este Manual, registrar el proceso y la información de la faena (Anexo F). Esta herramienta de apoyo está disponible en papel y en formato digital (archivo Excel). Información adicional sobre el empleo de la Ficha de Registro se entrega en el Anexo F.

### **3.2 Etapas de la preparación de la evaluación**

La secuencia de etapas que el Evaluador debe seguir para la preparación de la evaluación de riesgos es la siguiente:

1. Recopilación de información.
2. Preparación de la cartografía.
3. Definición del Área de Estudio.
4. Caracterización de receptores en el Área de Estudio.
5. Resumen de la preparación de la evaluación.
6. Preparación de la visita a la faena.

#### *3.2.1. Recopilación de Información*

La primera etapa que debe completar el Evaluador es la recopilación de toda la información que esté relacionada con la faena.

Esta tarea se debe iniciar con la revisión de la carpeta que fue elaborada en el contexto del Proyecto FOCIGAM (Formulario E-400 y sus Anexos). Esta información comprende:

- Formulario principal de la faena.
- Anexo 1: Inventario de documentos y copia de ellos.
- Anexo 2: Croquis de ubicación, planos, imágenes y fotografías.
- Anexo 3: Registro de muestreos, certificados de laboratorio e informes de interpretación.

La primera labor del Evaluador consistirá en la revisión cuidadosa de estos antecedentes, a fin de tomar conocimiento de la información que contienen con respecto a:

- La identificación de la faena (coordenadas, nombre del lugar, etc.) (Secciones A, B, C).
- El tipo de mineral extraído y el proceso productivo empleado (Secciones D, E).
- Existencia de mapas a escala, en los que se hayan ubicado las faenas (Sección G)
- Tamaño, ubicación y características de las obras e instalaciones presentes dentro de la faena (Sección H).
- Presencia de residuos peligrosos (Sección I, J).
- Accesibilidad a la faena (Sección K).
- Presencia, características y distancia a la faena de:
  - Entidades de población
  - Agricultura
  - Ganadería
  - Acuicultura y Pesca

- Especies y Ecosistemas valiosos
- Recursos hídricos subterráneos y superficiales (Sección L y M)
  
- Usos del Agua (Sección M).
  
- Existencia de Muestreos (Sección N).

Información complementaria está contenida en los Anexos 1, 2 y 3 del formulario E-400, los cuales contienen, respectivamente, un catastro de los documentos disponibles, un croquis de la faena y un registro de las muestras que fueron tomadas.

El listado anterior debe ser considerado como un listado de chequeo básico, sobre el cual el Evaluador puede realizar un examen punto por punto, a fin de determinar si la información reunida hasta el momento es suficiente o, por el contrario, debe ser completada con antecedentes recabados de otras fuentes.

=> En la FRER ([Hoja Antecedentes\\_1](#)) el Evaluador registrará la información disponible del FOCIGAM sobre esta faena y si están disponibles resultados de análisis de laboratorio de aguas o residuos sólidos.

En caso de que no se disponga de información suficiente para la evaluación, se deberá revisar información complementaria disponible en las oficinas regionales o centrales del SERNAGEOMIN. La búsqueda puede ampliarse, si ello fuese necesario, hacia otros servicios públicos con competencia ambiental, tales como Direcciones Regional de CONAF, SAG, CONAMA, DGA, Municipalidades, Seremis, Servicio de Salud, INE, entre otras; e Internet. En el marco de las consultas que se dirijan a estas entidades se recomienda mantener entrevistas con profesionales clave que cuenten con conocimiento práctico del entorno de las faenas mineras.

La reunión de información que permita caracterizar el entorno ambiental y socioeconómico de la faena se completa durante una o varias visitas a terreno, en el transcurso de las cuales puede ser recomendable realizar entrevistas a personas que residan o trabajen en la zona.

### 3.2.2. *Preparación de la cartografía*

Una atención especial merece la cartografía disponible, pues ésta será la base donde se desarrollarán diversos trabajos durante la evaluación. Por ello, al iniciar la evaluación será importante que el Evaluador consiga, desde la carpeta de la faena y de otras fuentes, los siguientes elementos:

- Cartografía base oficial del Instituto Geográfico Militar (IGM) a escala 1:25.000 o 1:50.000, según disponibilidad.
- Fotografías aéreas del Servicio Aerofotogramétrico (SAF) que estén disponibles en el Servicio, o aerofotografías facilitadas por el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA<sup>1</sup>; a escala 1:115.000, en color, tomadas en el año 2001, disponibles entre las regiones de Coquimbo y la Araucanía).
- Imágenes satelitales que pueden ser obtenidas a través del programa “Google Earth”<sup>2</sup>, o bien imágenes Landsat facilitadas por la Nasa,<sup>3</sup> (tomadas en el año 1990, con 28 m de resolución y en el año 2000, con 14 m de resolución).

Cada uno de estos elementos dispone de cierta calidad, la que está determinada por la nitidez de la imagen, su contenido gráfico y su grado de actualización. Comparando entre sí las

---

<sup>1</sup> [www.sinia.cl](http://www.sinia.cl)

<sup>2</sup> <http://earth.google.com/>

<sup>3</sup> <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>



diferentes fuentes, el Evaluador podrá determinar cuál es la fuente cartográfica disponible de mayor calidad.

Habiendo seleccionado ésta, se procederá a preparar el **Mapa Base de la Evaluación de Riesgos (MBER)**. Se denominará así a un mapa que el Evaluador llevará a terreno y sobre el cual apoyará la mayor parte de los trabajos de evaluación de riesgos. La escala recomendable de este mapa es 1:5.000 o superior. Para conseguir esta base se procederá a realizar alguna de las siguientes tareas, las que están ordenadas de mayor a menor calidad del producto final:

- Impresión de una imagen satelital (Ej. Google Earth) o fotografía aérea, georreferenciada, a escala exacta (1:5.000 o de mayor detalle). Esta es la opción más idónea y requiere contar con información cartográfica digital de calidad y de medios de impresión en color.
- Fotocopiado de la carta IGM (1:25.000 ó 1:50.000) aumentando la escala en la medida de lo posible.

Una vez tomada la decisión sobre la base a emplear y realizada la impresión mediante impresora o ampliando un mapa existente se dispondrá efectivamente del MBER. Este será el documento cartográfico que recogerá las anotaciones de terreno y sobre el que se desarrollarán las mediciones; sin perjuicio de que puedan existir otras fuentes cartográficas, fotografías o imágenes que sean de utilidad en distintas etapas de la evaluación y sobre las cuales se realicen diferentes trabajos. Es altamente recomendable que el MBER contenga coordenadas en su marco exterior y quede debidamente documentado el sistema de proyección empleado (WGS 84, PSAD56, etc.<sup>4</sup>).

---

<sup>4</sup> Siempre que sea posible, se debe trabajar en coordenadas UTM, en el sistema WGS84, configurando también de este modo el GPS (mayor información se encuentra en <http://www.snit.gob.cl/>).

Para conocer en qué sistema de proyección están apoyados los mapas, imágenes de satélite o fotografías aéreas empleadas se debe revisar la documentación escrita que acompaña a cada material gráfico. En el caso de emplear la cartografía oficial del IGM, el sistema de proyección está claramente indicado en el mismo mapa. En el caso de las fotografías aéreas facilitadas por el SINIA u otros proveedores oficiales, se deberá revisar la documentación digital contenida en archivos auxiliares de texto que acompañan al material gráfico. También es posible consultar la metadata<sup>5</sup> publicada en las páginas de internet que sirven estas imágenes. Para las imágenes de satélite el procedimiento a emplear es similar al anterior, siendo relativamente sencillo verificar el sistema de proyección utilizado pues éste está descrito en la documentación que acompaña a cada imagen obtenida.

=> En la FRER ([Hoja Antecedentes\\_2](#)) se registrará el tipo de información cartográfica disponible. Además se indicarán las características principales del MBER elaborado (escala, sistema de proyección, etc.).

Con la revisión de la cartografía IGM y las fotografías obtenidas, el Evaluador deberá formarse una idea precisa de la topografía del lugar de emplazamiento de la faena, así como de la red hídrica existente. Además, mediante la observación de las fotografías e imágenes de satélite (SINIA, Google Earth, etc.) el Evaluador podrá tener una visión general de los alrededores, la que incluirá una comprensión de los usos generales del suelo, la presencia o no de cursos y cuerpos de agua superficial, la ubicación de entidades pobladas, etc.

El Evaluador debe tener en cuenta que la preparación del mapa base es una etapa crucial del proceso de evaluación, pues en función de ella será posible determinar elementos que van a ser exigidos durante la evaluación de riesgos, tales como:

- las distancias desde las faenas a las redes de drenaje y distintos receptores;

---

<sup>5</sup> Metadata: Documentación que describe la información (datos que describen los datos).

- la forma y tamaño de cuencas o subcuencas con las que se podrá estimar los caudales que pueden atravesar las distintas instalaciones; y
- la dirección de escurrimientos superficiales.

El MBER deberá ser impreso en dos o más ejemplares y uno de ellos se reservará para contener una edición final del trabajo desarrollado “en limpio”.

### 3.2.3. Definición del Área de Estudio

Una vez revisados los antecedentes disponibles y estando listo el MBER, el Evaluador debe definir el Área de Estudio. Esta es la zona potencialmente afectada por una faena minera abandonada o paralizada, debido a los riesgos que se presentan sobre la salud o la seguridad de las personas, el medio ambiente o las actividades económicas.

El Área de Estudio se delimita de manera **preliminar** antes de la primera salida a terreno, trazando contornos aproximados sobre el MBER. Posteriormente, durante el reconocimiento de la FMA/P y sus alrededores, se precisarán sus límites.

El Área de Estudio debe ser establecida caso a caso, y corresponde a:

- a) la totalidad del **área ocupada por la faena** cuando ésta estaba en operación; más
- b) las áreas **que pueden verse afectadas**, directa o indirectamente, por contaminación o por eventos accidentales asociados a seguridad (tales como la liberación violenta de relaves).

Los criterios que aplican en este caso (b) son:

b.1) Formarán parte del Área de Estudio los cursos de agua superficial (ríos, arroyos permanentes, etc.) que pueden ser afectados por drenajes o escurrimientos que contienen contaminantes procedentes de la faena. La extensión de cauce que se considerará dentro del Área de Estudio está determinada por el punto en que, a juicio del Evaluador, no se presentarán efectos adversos causados por la faena en evaluación. Algunos criterios para determinar este punto son:

- lugar donde ya no se detecta contaminación, registrada mediante la medición del pH; o
- lugar donde ya no se observa turbidez (apreciable a simple vista) o presencia de sales (registrada mediante un conductivímetro), que sean atribuibles a la FMA/P; o
- lugar donde se aprecia un incremento en la biodiversidad (vuelve a aparecer vegetación en las riberas, por ejemplo).

Para tales efectos se deberán comparar las mediciones realizadas aguas arriba de la faena con aquellas otras que se vayan obteniendo en puntos localizados aguas abajo.

b.2) Formarán parte del Área de Estudio los cuerpos de agua superficial (embalses, lagos o borde costero) que puedan ser afectados por drenajes o escurrimientos con contaminantes procedentes de la faena. La superficie de este cuerpo que será considerada parte del Área de Estudio será definida por el Evaluador en base a las observaciones que realice en terreno.

b. 3) Formarán parte del Área de Estudio **los suelos** que se ubican viento abajo de obras o instalaciones que emiten polvo con sustancias contaminantes, tales

como tranques de relaves y depósitos de residuos peligrosos con material fino en la superficie. La distancia máxima a considerar la determinará el Evaluador en función de observaciones de terreno y de entrevistas que realice a los habitantes del sector.

En general, fuentes emisoras de gran extensión (más de 10 ha de superficie) pueden afectar suelos situados a más de 5 km de distancia, mientras que las fuentes más pequeñas (0,5-10 ha) tienen efectos más locales (1-5 km). Fuentes pequeñas (< 0,5 ha), no deberían ser capaces de emitir polvo a más de 1 km de distancia, pero ello debe ser corroborado con información de terreno.

- b. 4) Se incluirán dentro del Área de Estudio **los suelos** que serían afectados por una eventual liberación total de un residuo dispuesto a granel en un depósito, como puede ser un tranque de relaves. En el Anexo A (sección A.2.2.2) se incluyen criterios para calcular el Área de Estudio en estos casos.
  
- b.5) Formarán parte del Área de Estudio **los sectores habitacionales** que consuman de manera habitual productos agrícolas, ganaderos, pescados o cultivos acuícolas, producidos en las áreas indicadas en los puntos anteriores. Es decir, aquellos sectores habitados cuyo abastecimiento regular de alimentos incluye algún producto procedente de las áreas afectadas por la faena.

=> En la FRER ([Hoja Antecedentes\\_2](#)) se identificarán las áreas que pueden verse afectadas por la faena, aportando una breve justificación de su selección.

En síntesis, analizando de manera preliminar las instalaciones, acopios y obras de la faena, el Evaluador deberá dibujar en el mapa las zonas de ocupación directa (a) y sus áreas de influencia (b).

Finalmente es importante señalar que la definición del Área de Estudio es un elemento relevante de la evaluación, puesto que de quedar muy reducida se podría estar disminuyendo la magnitud de los riesgos al no considerar todos los receptores que podrían verse afectados, mientras que de quedar más amplia de lo necesario podría estarse aumentando la magnitud de algunos riesgos al incrementarse sin razón los receptores que se considerarán potencialmente afectados.

#### 3.2.4. *Caracterización de receptores en el Área de Estudio*

El Evaluador determinará cuáles son los receptores que están presentes dentro del Área de Estudio. Esta tarea de definición de receptores se inicia en gabinete, a partir de la información reunida y de las observaciones que se realicen sobre la cartografía e imágenes de satélite.

Más adelante, durante la visita a terreno, se confirmarán los receptores y se tomarán los datos que requiera la evaluación. En determinados casos podría ser conveniente realizar entrevistas a personas del sector, a fin de recabar antecedentes que el Evaluador estime necesarios para completar la información (usos del agua, distancia de polvo visible, actividades humanas dentro del Área de Estudio, etc.).

Para los efectos de este Manual los receptores han sido agrupados en tres categorías principales: Personas, Medio Ambiente y Actividades Económicas; y cada una de ellas debe ser caracterizada según el procedimiento que se detalla a continuación.

##### a. Personas

Se consideran posibles receptores a las personas que residen dentro del Área de Estudio de la FMA/P o bien ingresan a ésta en calidad de visitantes. Son estos dos grupos de personas los que estarán expuestos a los riesgos tanto por seguridad de las instalaciones como por contaminación.

Los residentes son todas aquellas personas que habitan de manera permanente en el Área de Estudio de la FMA/P. Los posibles visitantes incluyen personas que acceden a las faenas por turismo, recreación, deporte o intereses económicos tales como aprovechamiento de pastos para el ganado, uso de los suelos para cultivos agrícolas, obtención de materiales de construcción o chatarra, etc.

De igual manera, si en el Área de Estudio hay captaciones de agua potable que sirven a una población que se encuentra fuera de ella, estas personas deben considerarse receptores potencialmente afectados por la faena.

La información que es necesario obtener para caracterizar a los receptores que **residen** en el Área de Estudio es la siguiente:

- Nombre de la localidad.
- Tipo de asentamiento<sup>6</sup>. Las opciones posibles son:
  - Ciudad. Entidad urbana que posee más de 5.000 habitantes.
  - Pueblo. Entidad urbana con una población que fluctúa entre 1.001 y 5.000 habitantes.
  - Aldea. Entidad rural con una población que fluctúa entre 301 y 1.000 habitantes.
  - Caserío. Asentamiento humano con nombre propio que posee 3 viviendas o más cercanas entre sí, con menos de 301 habitantes y que no forma parte de otra entidad.
- Coordenadas del asentamiento. Cuando este es pequeño (aldea o caserío) se deberá tomar las coordenadas del centro. En localidades mayores (pueblos o ciudades) se deberá registrar un lugar céntrico y un punto del borde exterior, en el sector más

---

<sup>6</sup> [www.INE.cl](http://www.INE.cl)

cercano a la faena.

- Número y frecuencia estimada de ingresos de residentes a las faenas y su motivación.
- Forma de ingreso (a pie o en vehículo).
- Edad de las personas que ingresan, prestando especial atención a la posibilidad de que sean niños o jóvenes.
- Presencia de comunidades indígenas.
- Existencia de captaciones de agua superficial para consumo humano. Identificación (nombre de las bocatomas) y ubicación geográfica de los puntos de captación.
- Existencia de pozos para extraer agua subterránea para consumo humano. Ubicación geográfica.
- Existencia de napas freáticas, manantiales o vertientes, localizadas aguas abajo de las faenas mineras.

Para caracterizar a los **visitantes** de la faena, es decir, a aquellas personas que no residen de manera permanente en el Área de Estudio, pero que ingresan con cierta frecuencia a las obras, se deberá registrar:

- Número y frecuencia estimada de los ingresos de visitantes a la faena y su motivación.
- Ciudad o asentamiento de origen.
- Edad.

Es importante que esta información sea corroborada con pobladores locales, particularmente en lo que se refiere a la frecuencia y número de visitantes de la faena y a la existencia de captaciones de agua dentro del Área de Estudio.



=> En la FRER ([Hoja Antecedentes\\_3](#)), cuando corresponda, se registrará la presencia de personas que residen o visitan el Área de Estudio, aportando los antecedentes básicos solicitados.

## b. Medio Ambiente

La evaluación de riesgos en las FMA/P requiere la caracterización del Medio Ambiente del entorno. Este se compone de elementos naturales y culturales, cuya presencia dentro del Área de Estudio debe ser registrada. En este Manual se han agrupado los receptores del Medio Ambiente en tres categorías: Vida Acuática, Vida Silvestre Terrestre y Áreas Protegidas o Sensibles.

### b.1. *Vida Acuática*

Para efectos de la evaluación de riesgos simplificada, se va a suponer que todo curso o cuerpo de agua tiene vida que actuará como receptor.

Dentro de los cuerpos de agua considerados se encuentran los ríos, esteros, lagos, lagunas, salares, embalses y el borde costero. No se consideran cuerpos de agua las quebradas con cursos de agua estacionales.

Para poder evaluar la magnitud de los riesgos que presenten las FMA/P sobre la Vida Acuática, el Evaluador deberá estimar la extensión superficial y la longitud de los cuerpos de agua que estén presentes dentro del Área de Estudio.

Una vez evaluadas las dimensiones de los cuerpos de agua presentes en el Área de Estudio, se deberá además identificar si dentro de dicha área existe alguna **especie acuática** catalogada en alguna categoría de protección (En Peligro de Extinción, Raras, Vulnerables, Insuficientemente Conocidas, etc.). Con ello se pretende contar con una caracterización de especies especialmente relevantes que puedan ser afectadas por los Escenarios de Peligro de las FMA/P.

### b.2. *Vida Silvestre Terrestre*

Al igual que en el caso anterior, para efectos de la evaluación de riesgos, se va a suponer que todo territorio tiene vegetación natural y fauna silvestre terrestre que actuará como receptor.

En primer lugar se estimará la extensión superficial de los terrenos contenidos dentro del Área de Estudio, empleando los medios al alcance del Evaluador (mapas, fotografías aéreas, etc.).

Junto con lo anterior, se deberá caracterizar, de manera general, la fauna y flora terrestre presente en el Área de Estudio y en los alrededores. En particular, será importante determinar si existe alguna constancia sobre la presencia de especies de flora o fauna catalogadas en alguna categoría de protección (En Peligro de Extinción, Raras, Vulnerables, Insuficientemente Conocidas, etc.).

La información que debe ser registrada comprende:

- Superficie con vida silvestre terrestre incluida dentro del Área de Estudio.
- Tipos de ecosistemas representados (bosque, desierto, matorral esclerófilo, etc.).
- Estimación de abundancia (si procede).
- Pertenencia de las especies a alguna categoría de protección (si procede).
- Fuente de información consultada.

### b.3. *Áreas Protegidas o Sensibles*

El Evaluador deberá identificar la proximidad o inclusión de Áreas Protegidas o Sensibles en

el Área de Estudio de la fauna. La información que debe reunirse comprende:

- Superficie incluida en el Área de Estudio.
- Nombre del Área Protegida o Sensible.
- Categoría de protección que posee.
- Valor natural o cultural.
- Relevancia a escala local, regional y nacional.
- Presencia de especies endémicas o catalogadas en alguna categoría de protección (En Peligro de Extinción, Raras, Vulnerables, Insuficientemente Conocidas, etc.).
- Componente del medio natural que puede ser afectado por seguridad o por contaminación procedente de la FMA/P (suelo, vegetación natural, fauna silvestre, cuerpos de agua, etc.).
- Fuente de información consultada.

#### b.3.1 Áreas Protegidas

El Evaluador debe determinar si existen espacios protegidos próximos o dentro del Área de Estudio, debido a su valor ambiental o cultural. Para ello debe acudir a las siguientes fuentes:

- Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), que establece Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales <sup>7</sup>.
- Reservas Forestales <sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> [www.conaf.cl](http://www.conaf.cl)

<sup>8</sup> Art. 10. D.S. 4.363/31 del Ministerio de Tierras y Colonización. Art. 21. D.L. N°1.939/77.

- Santuarios de la Naturaleza <sup>9</sup>.
- Zonas Húmedas incluidas en la Lista de Humedales de Importancia Internacional. Sitios Ramsar <sup>10</sup>.
- Acuíferos que alimentan vegas y bofedales de las regiones de Tarapacá y Antofagasta <sup>11</sup>.
- Áreas Marinas Costeras Protegidas <sup>12</sup>.
- Áreas de Desarrollo Indígena <sup>13</sup>.
- Zonas de Interés Histórico o Científico para Efectos Mineros <sup>14</sup>.
- Zonas o Centros de Interés Turístico Nacional <sup>15</sup>.
- Áreas de Preservación Ecológica contenidas en los Instrumentos de Planificación Territorial <sup>16</sup>.
- Monumentos Arqueológicos, Monumentos Históricos, Monumentos Públicos y Zonas Típicas o Pintorescas <sup>17</sup>.
- Inmuebles Fiscales destinados por el Ministerio de Bienes Nacionales para fines de

---

<sup>9</sup> Art. 31. Ley N° 17.288/70 de Monumentos Nacionales. [www.monumentos.cl](http://www.monumentos.cl)

<sup>10</sup> D.S. N° 771/81 Ministerio de Relaciones Exteriores. [www.dga.cl](http://www.dga.cl) ; [www.conaf.cl](http://www.conaf.cl)

<sup>11</sup> Art. 63. D.F.L. N° 1.122/81. Código de Aguas. [www.dga.cl](http://www.dga.cl)

<sup>12</sup> D.S. N° 827/95 Ministerio de Relaciones Exteriores. D.F.L. N° 340/60, N° 2.222/78 y D.S. N° 475/94 del Ministerio de Defensa. [www.conama.cl](http://www.conama.cl)

<sup>13</sup> Art. 26. Ley N° 19.253. Ley Indígena. [www.conadi.cl](http://www.conadi.cl)

<sup>14</sup> Art. 17 de la Ley 18.248. Código de Minería

<sup>15</sup> D.L. N° 1.224/75 del Ministerio de Economía.

<sup>16</sup> D.F.L. N° 458/75 Ley General de Urbanismo y Construcciones y el D.S. N°47/92 Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y sus modificaciones.

<sup>17</sup> Art. 9, 17, 21 y 30. Ley N° 17.288/70 de Monumentos Nacionales. [www.monumentos.cl](http://www.monumentos.cl)

conservación ambiental, protección del patrimonio y/o planificación, gestión y manejo sustentable de sus recursos <sup>18</sup>.

En el caso de que existan espacios protegidos próximos a la faena, ellos deben ser ubicados espacialmente en el **Mapa Base de la Evaluación de Riesgos** y debe calcularse la distancia entre ambos sectores. En caso de que éstos se encuentren dentro del Área de Estudio de la faena, el Evaluador debe calcular la superficie del Área Protegida que se encuentra incluida dentro de ésta.

### b.3.2. Áreas sensibles

Se incluyen en esta categoría los ecosistemas naturales o elementos del patrimonio cultural (iglesias, cementerios, etc.) que merecen atención especial pero que no gozan de un estatus de protección específico en la normativa vigente actualmente. Para identificar estas áreas el Evaluador deberá considerar:

- Los humedales que se encuentren incluidos en el listado nacional, en especial aquellos que sean propuestos por el Comité de Humedales como “Humedal Prioritario” <sup>19</sup>.
- Los Sitios Prioritarios de la Biodiversidad según el catastro elaborado por la CONAMA en cada región para cumplir la Agenda Ambiental País <sup>20</sup>.
- Cualquier otra área que, de acuerdo al Director Regional de CONAMA, corresponda a un ecosistema sensible debido a razones como que en él vivan especies únicas o en

---

<sup>18</sup> Art. 1, 19 y 56. Decreto Ley N° 1.939/77

<sup>19</sup> Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile. CONAMA. 2005. [http://www.sinia.cl/1292/articles-35208\\_recurso\\_1.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-35208_recurso_1.pdf).

<sup>20</sup> <http://www.conama.cl/portal/1301/article-35000.html> ; <http://www.sinia.cl/>

peligro de extinción; lugares de reproducción de especies protegidas, etc.

- Las iglesias, capillas, ermitas, cementerios o cualquier otro sitio con valor patrimonial cultural que no cuente con la condición de ser un sitio protegido por la legislación.

Para conocer las áreas protegidas o sensibles relacionadas con el patrimonio natural, es importante que el Evaluador se entreviste con funcionarios de CONAMA, y/o con los encargados locales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y la Corporación Nacional Forestal (CONAF). En relación al patrimonio cultural, será preciso mantener una entrevista con el representante regional del Consejo de Monumentos Nacionales.

=> En la FRER ([Hoja Antecedentes\\_3](#)) se registrarán los elementos del Medio Ambiente presentes en el Área de Estudio, aportando los antecedentes básicos solicitados en este caso.

### c. Actividades Económicas

Las FMA/P pueden presentar riesgos para actividades económicas como la agricultura, ganadería, pesca y acuicultura <sup>21</sup>. Bajo esta premisa, este Manual considera la evaluación de riesgos para este tipo de receptores puesto que se consideran actividades de sustento y desarrollo económico.

En el caso en que existan zonas utilizadas económicamente dentro del Área de Estudio, éstas deben ser incluidas en la evaluación de riesgos. Interesará estimar el área que se encuentra utilizada y que, por tanto, podría verse afectada por las faenas, puesto que de ello dependerá la magnitud del riesgo evaluado. La evaluación se hará independiente del tipo específico de cultivo o crianza, y se enfocará tan sólo en el tamaño de la operación.

---

<sup>21</sup> El turismo, u otro tipo de actividades de carácter económico presentes sobre el territorio, son considerados de manera indirecta por el Manual en la medida en que se evalúan las consecuencias sobre el medio ambiente (particularmente en las áreas protegidas o sensibles), la agricultura, la ganadería y la pesca y acuicultura.

### c.1 *Agricultura*

Será necesaria la documentación de las siguientes características:

- Tipo de producción.
- Superficie, ubicación con respecto al Área de Estudio y distancia a la faena.
- Lugar y forma de extracción del agua que se utiliza para el regadío.
- La identificación del nivel de producción:
  - Familiar: < 10 ha
  - Local: 10-100 ha
  - Regional: > 100 ha
- Número de personas que trabajan en las labores agrícolas y su distribución a lo largo del año.

### c.2 *Ganadería*

En este caso se deberá documentar:

- Tipo de producción.
- La superficie de la actividad, su ubicación con respecto al Área de Estudio y la distancia que existe hasta la faena.
- Lugar y forma de extracción del agua que se utiliza para la bebida de animales o lugar donde éstos toman directamente el agua.
- La identificación del nivel de producción:
  - Familiar: < 10 ha
  - Local: 10-100 ha
  - Regional: > 100 ha

- Número de personas que trabajan en las labores ganaderas y su distribución a lo largo del año.

### *c.3 Acuicultura y Pesca*

La información a reunir en este caso comprende:

- Tipo de producción
- La ubicación de la actividad con respecto al Área de Estudio, distancia a la faena.
- La identificación del nivel de producción:
  - Familiar
  - Local
  - Regional

Tratándose de identificar las actividades económicas, se reitera la importancia de que el Evaluador entreviste a los habitantes del sector y a las autoridades locales, pues ellos tendrán información sobre la situación histórica de las actividades económicas y nuevos proyectos o desarrollos que puedan estar siendo planificados para el futuro.

=> En la FRER ([Hoja Antecedentes\\_3](#)) se registrarán las Actividades Económicas observadas en el Área de Estudio, aportando los antecedentes básicos solicitados en este caso.

#### *3.2.5. Preparación de la visita a terreno*

Para la preparación de la visita a terreno este Manual cuenta con una “**Guía de Apoyo para la Ejecución de la Visita a Terreno**”, disponible en papel y formato digital (Anexo G). Los evaluadores deberán atender los contenidos de esta Guía con **anterioridad a la salida de**



**terreno**, a fin de que ésta se realice en condiciones de seguridad para el Evaluador y se cumpla el objetivo de la visita. Los elementos principales de esta Guía son los siguientes:

- Confirma las actividades previas desarrolladas en gabinete.
- Define con anterioridad la necesidad de realizar entrevistas a terceros.
- Facilita un checklist sobre los elementos de protección personal que debe usar el Evaluador en terreno.
- Proporciona un checklist sobre los instrumentos de medición que pueden ser necesarios.
- Establece un protocolo de los trabajos específicos que deben ser desarrollados en terreno.

### 3.2.6. *Resumen de la Preparación de la Evaluación.*

Terminado el trabajo inicial de gabinete (descrito en las secciones 3.2.1 a 3.2.4), conviene constatar que la preparación de la evaluación se ha completado y que se dispone de los siguientes elementos:

1. El dossier o **carpeta** conteniendo toda la información recopilada sobre la faena.
2. El **Mapa Base de la Evaluación de Riesgos** donde se ha delimitado de manera preliminar el Area de Estudio de la faena y también de forma preliminar se han identificado los receptores.
3. La **FRER** (en archivo Excel) en la que se está registrando la información de la faena y seguirá sirviendo de base para la toma de datos en terreno.
4. La **Guía de Apoyo para la Ejecución de la Visita a Terreno**, debidamente llena para las condiciones de la Faena que se está evaluando.

### 3.3 Visita a terreno

La visita a terreno puede comprender una o varias jornadas, dependiendo de diversos factores como son la extensión superficial de la faena, su complejidad o las dificultades que puedan presentar los accesos, el clima, etc.

Los objetivos de este reconocimiento son, específicamente:

- Identificar y caracterizar las **instalaciones, acopios y obras** que presenta la FMA/P.
- Identificar y describir los **Escenarios de Peligro por Seguridad y por Contaminación**.
- Confirmar los **límites del Área de Estudio**, definida preliminarmente antes de salir a terreno.
- Identificar y caracterizar **los receptores** presentes en el Área de Estudio (personas, medio ambiente y actividades económicas).
- Recabar la información necesaria para estimar la **Probabilidad de Ocurrencia** de cada Escenario de Peligro, considerando las circunstancias que concurren.
- Recabar la información necesaria para estimar la **Severidad de las Consecuencias** de cada Escenario de Peligro, teniendo en cuenta la cantidad de receptores involucrados y/o la gravedad del daño.

A continuación se describe, paso a paso, cómo el Evaluador debe abordar cada uno de estos objetivos en el reconocimiento de terreno:

### 3.3.1 *Identificación y caracterización de instalaciones, acopios u obras.*

#### a) Identificación de instalaciones, acopios u obras

El Evaluador debe comenzar identificando **las instalaciones, acopios u obras** que presenta la FMA/P, haciendo un recorrido general. Cada una de ellas deberá ser identificada según el código correspondiente (sección 4.1.2.1). A continuación se presentan algunos criterios para apoyar al Evaluador en la identificación de instalaciones, acopios u obras de la faena:

- Todas las instalaciones, acopios u obras que a juicio del Evaluador puedan representar un riesgo para la seguridad de las personas, para el medio ambiente, o para el desarrollo de actividades económicas, deben ser individualizadas de manera separada. Ello significa que cada pique o socavón presente en una faena debe identificarse de manera separada; de igual manera deben identificarse separadamente las canteras o rajos que no forman una unidad continua; los depósitos de residuos mineros masivos o no masivos que estén separados entre sí, y las infraestructuras anexas (caminos, bodegas, campamentos, etc.) que se localizan en sectores distantes entre sí.
- Por el contrario, el Evaluador no deberá identificar separadamente las instalaciones, acopios u obras menores que no representan riesgos de seguridad o por contaminación, como puede ser una construcción menor, un acopio de material estéril de unos cuantos metros cúbicos, un camino de acceso, etc.
- Una planta de beneficio, por su naturaleza y reducido tamaño (por lo común), presenta diversas construcciones en su interior que representan distintos tipos de riesgos. El Evaluador debe identificar la Planta como una sola unidad, describiendo las construcciones remanentes en ella (piscinas, paredes inestables, oficinas, etc.).

- Únicamente se levantará de manera separada una instalación, acopio u obra ubicada al interior de una planta (incluyendo cualquier tipo de infraestructura anexa), cuando los Escenarios de Peligro que representa tienen una condición muy distinta a los que son propios de la planta. Tal sería el caso de acopios mayores de residuos ubicados al interior de una Planta.

b) Caracterización de instalaciones, acopios u obras

Una vez identificadas por el Evaluador las instalaciones, acopios u obras, debe hacer una descripción de ellas considerando sus dimensiones y características más relevantes relacionadas con la seguridad o con contaminación (ver detalle en sección 4.1.2.1).

=> En la FRER ([Hoja Portada\\_2](#)) se registrarán las instalaciones, acopios y obras de la faena. Complementan la descripción las coordenadas geográficas del lugar y la obtención de fotografías digitales que demuestren el estado general de este elemento.

3.3.2 *Identificación de Escenarios de Peligro para cada instalación, acopio u obra*

Como segundo paso, el Evaluador en terreno deberá identificar los **Escenarios de Peligro** que están presentes en cada una de las instalaciones, acopios u obras (ver detalle en secciones 4.1.2.1 y 4.2.2.1). Para su determinación el Evaluador consultará las Tablas 4-3 y 4.10, donde se enumeran todas las alternativas de escenarios consideradas dentro de los alcances de este Manual.

La clasificación de un Residuo presente en la faena (ya sea en un acopio, remanente en estructuras, equipos o suelos contaminados) como **residuo peligroso**, debe ser efectuada por el Evaluador en función de lo que establece el D.S. 148/03 del Ministerio de Salud “Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos” en su Título II “De la Identificación y Clasificación”. Para ello en la mayoría de los casos será necesario realizar un

muestreo (usando botellas o bolsas plásticas), para ser analizadas en laboratorio (Test de Toxicidad por Lixiviación, u otro). Cada muestra obtenida en terreno deberá ser caratulada por el Evaluador (con marcador indeleble) con un código que identifique la FMA/P, el Escenario de Peligro donde fue obtenida, el número de muestra y la fecha.

=> En la FRER se realizará el registro y descripción de los Escenarios de Peligro ([Hojas Seg\\_Paso-1](#) y [Cont\\_Paso-1](#)). A criterio del Evaluador, se obtendrán fotografías digitales que faciliten la comprensión de los escenarios identificados. Las imágenes pueden ser insertadas en formato digital en la FRER ([Hoja Fotografías](#)).

### 3.3.3 *Delimitación del Área de Estudio*

A continuación, el Evaluador determinará en su inspección el área que resultaría potencialmente afectada por los efectos negativos (por seguridad o por contaminación) de cada uno de los escenarios que están siendo evaluados. Estas observaciones le permitirán delimitar el **Área de Estudio** asociada a cada Escenario de Peligro identificado en la faena. Este ajuste del Área de Estudio que el Evaluador hace en terreno, debe quedar registrado en el Mapa **MBER** que ha llevado a terreno.

### 3.3.4 *Caracterización de Receptores para cada Escenario de Peligro*

Confirmado el perímetro del Área de Estudio, el Evaluador prestará ahora atención a los **receptores** presentes en dicha área. Las observaciones que obtenga durante esta inspección le permitirán corregir o completar la información reunida durante las etapas preparatorias. Ello incluye la constatación de la cantidad de personas que habitan o visitan el Área de Estudio, presencia de cultivos, usos ganaderos, etc. Es posible que en esta instancia del proceso el Evaluador decida recabar alguna información complementaria entrevistando a personas que residen en las inmediaciones de la FMA/P.

Cabe destacar que cada Escenario de Peligro que sea identificado en una faena tendrá asociado un cierto tipo y cantidad de receptores, a los que puede afectar. Por ejemplo, el arrastre por el viento de relaves contenidos en un depósito afectará a los receptores situados dentro del área de influencia de la pluma de contaminación; mientras que una posible descarga de contaminantes procedentes de este mismo depósito, arrastrados por la lluvia, podría afectar aquellos receptores que están situados aguas abajo del depósito. En consecuencia, las Áreas de Estudio y los receptores de cada Escenario de Peligro pueden ser muy diferentes entre sí.

=> Terminada la inspección acerca de los receptores, el Evaluador deberá registrar sus resultados en la FRER ([Hoja Antecedentes\\_3](#)).

### *3.3.5 Antecedentes de terreno para determinar la Probabilidad de Ocurrencia de cada EP*

Para cada uno de los Escenarios de Peligro identificados tanto por seguridad como por contaminación, el Evaluador debe coleccionar la información de terreno necesaria para determinar la Probabilidad de Ocurrencia. Para tal efecto el Manual facilita un conjunto de Guías de Apoyo para el Cálculo del Índice de Probabilidad (Anexos A1 y B1), las que conducen al Evaluador a determinar los valores de probabilidad en cada caso. Por esta razón, el Evaluador llevará a terreno una copia de estas Guías, a fin de seleccionar en terreno la que corresponda y registrar la información que en ella se solicita.

=> El Evaluador registrará sobre la FRER ([Hojas Seg\\_Paso-2 y Cont\\_Paso-3](#)) los datos que le permitan estimar el Índice de Probabilidad de cada Escenario de Peligro.

### 3.3.6 *Antecedentes de terreno para determinar la Severidad de las Consecuencias de cada EP*

Finalmente el Evaluador, teniendo conocimiento de los receptores potencialmente afectados, estará en condiciones de aplicar los criterios que entrega el Manual para determinar la **Severidad de las Consecuencias** de cada Escenario de Peligro (ver detalle en sección 4.1.2.3 y 4.2.2.4). Para tal efecto el Evaluador consultará las Tablas 4-6 y 4-14, las que permiten establecer una magnitud de este indicador en función de la cantidad de receptores potencialmente afectados y/o de la gravedad de los daños que pueden ser causados.

=> En la FRER ([Hojas Seg\\_Paso- 3](#) y [Cont\\_Paso -4](#)) el Evaluador escribirá el valor obtenido de Severidad para cada Escenario.

Este proceso debe ser realizado para cada una de las instalaciones, acopios u obras identificados para la faena.

### 3.3.7 *Revisión final del trabajo de terreno*

La visita a terreno finaliza con la revisión de la información reunida, comprobando el Evaluador que (1) se han visitado todas las instalaciones, acopios y obras, (2) se han descrito todos los Escenarios de Peligro presentes en la faena y, (3) se han recogido los antecedentes suficientes que permiten estimar la Probabilidad de Ocurrencia y la Severidad de las Consecuencias.

Será muy importante que el Evaluador deje registrada en la FRER toda la información relevante levantada en la visita a terreno. Con ello dejará un adecuado respaldo y fundamento de la evaluación realizada, facilitando cualquier proceso de revisión posterior por parte de otro profesional del Servicio. Ello incluye no sólo todas las materias técnicas tratadas en este Manual, sino también aquellas observaciones que pueden ser de utilidad para una próxima

visita de profesionales del Servicio a la faena, especialmente aquellas que dicen relación con condiciones de acceso y seguridad.



**CAPITULO 4**  
**EVALUACION DE RIESGOS SIMPLIFICADA**



## CAPITULO 4

### EVALUACIÓN DE RIESGOS SIMPLIFICADA

#### INDICE

<b>4.1</b>	<b>Evaluación de Riesgos Simplificada por Seguridad.....</b>	<b>4-1</b>
<b>4.1.1</b>	<b><i>Aspectos Generales.....</i></b>	<b>4-1</b>
<b>4.1.2</b>	<b><i>Proceso de ERS relacionados con la seguridad.....</i></b>	<b>4-2</b>
4.1.2.1	Paso 1: Identificación de Escenarios de Peligro.....	4-3
4.1.2.2	Paso 2: Evaluación de la Probabilidad de Ocurrencia.....	4-18
4.1.2.3	Paso 3: Estimación de la Severidad de las Consecuencias.....	4-20
4.1.2.4	Paso 4: Evaluación de la magnitud de riesgo.....	4-24
<b>4.1.3</b>	<b><i>Resultados de la Evaluación de Riesgos Simplificada por Seguridad .....</i></b>	<b>4-26</b>
<b>4.2</b>	<b>Evaluación de Riesgos Simplificada por Contaminación .....</b>	<b>4-27</b>
<b>4.2.1</b>	<b><i>Aspectos Generales.....</i></b>	<b>4-27</b>
<b>4.2.2</b>	<b><i>Proceso de la ERS relacionada con contaminación .....</i></b>	<b>4-29</b>
4.2.2.1	Paso 1: Formulación del Problema.....	4-31
4.2.2.2	Paso 2: Identificación de los Escenarios de Peligro.....	4-33
4.2.2.3	Paso 3: Estimación del Índice de Probabilidad .....	4-44
4.2.2.4	Paso 4: Estimación de la Severidad de las Consecuencias.....	4-46
4.2.2.5	Paso 5: Magnitud del Riesgo.....	4-50
<b>4.2.3</b>	<b><i>Resultado de la Evaluación de Riesgos por Contaminación .....</i></b>	<b>4-51</b>
<b>4.3</b>	<b>Resumen de la Evaluación de Riesgos de la FMA/P .....</b>	<b>4-52</b>
<b>4.4</b>	<b>Evaluación de Riesgos por Efectos Acumulativos.....</b>	<b>4-53</b>
<b>4.4.1</b>	<b><i>Necesidad de una Evaluación de Riesgos Acumulativos.....</i></b>	<b>4-53</b>
<b>4.5</b>	<b>Necesidad de realizar una Evaluación de Riesgos Detallada (ERD) .....</b>	<b>4-56</b>
<b>4.5.1</b>	<b><i>Aspectos Generales.....</i></b>	<b>4-56</b>
<b>4.5.2</b>	<b><i>Proceso para determinar la necesidad de realizar una ERD.....</i></b>	<b>4-57</b>

## TABLAS

Tabla 4-1: Contenido de la caracterización según componente.....	4-6
Tabla 4-2: Ejemplo de información que identifica y describe las instalaciones, acopios u obras de una FMA/P.....	4-7
Tabla 4-3: Escenarios de Peligro por Seguridad.....	4-8
Tabla 4-4: Ejemplo de registro de Escenarios de Peligro por Seguridad.....	4-18
Tabla 4-5: Ejemplo de registro de Índice de Probabilidad de los EPS.....	4-20
Tabla 4-6: Escala de Severidad de las Consecuencias – ERS Seguridad.....	4-22
Tabla 4-7: Valor de Severidad de las Consecuencias sobre personas.....	4-24
Tabla 4-8: Valor de Severidad de las Consecuencias sobre vida silvestre terrestre.....	4-24
Tabla 4-9: Ejemplo de registro de riesgos por seguridad.....	4-27
Tabla 4-10: Escenarios de Peligro por Contaminación.....	4-34
Tabla 4-11: Ejemplo de registro de Escenarios de Peligro por Contaminación.....	4-44
Tabla 4-12: Ejemplo de registro del Índice de Probabilidad de los EPC.....	4-46
Tabla 4-13: Receptores objeto de evaluación de riesgos.....	4-47
Tabla 4-14: Severidad de las Consecuencias en la ERS por Contaminación.....	4-49
Tabla 4-15: Valor de Severidad de las Consecuencias sobre personas.....	4-50
Tabla 4-16: Ejemplo de registro de riesgos por contaminación.....	4-52
Tabla 4-17: Ejemplo de registro de riesgos por seguridad y contaminación de una FMA/P.....	4-53
Tabla 4-18: Códigos de identificación de las celdas en la Matriz de Riesgos.....	4-57

## FIGURAS

Figura 4-1: Proceso de la ERS relacionada con Seguridad.....	4-3
Figura 4-2: Procedimiento para la evaluación del riesgo.....	4-26
Figura 4-3: Proceso de la ERS por Contaminación.....	4-31
Figura 4-4. Esquema del Modelo de Contaminación.....	4-32
Figura 4-5: Proceso de Clasificación de la FMA/P en función de sus riesgos.....	4-57

## **4. EVALUACION DE RIESGOS SIMPLIFICADA**

### **4.1 Evaluación de Riesgos Simplificada por Seguridad**

#### *4.1.1 Aspectos Generales*

La Evaluación de Riesgos Simplificada (ERS) por Seguridad de una FMA/P, permite identificar y evaluar los Escenarios de Peligro que potencialmente podrían causar efectos no deseados sobre la seguridad de las personas o la integridad física del medio ambiente o las actividades económicas.

Los Escenarios de Peligro del ámbito de la seguridad, corresponden a dos grupos:

- aquellos relacionados con el acceso de personas a la faena.
- aquellos que se derivan de fallas en depósitos de residuos mineros masivos.

Cada Escenario de Peligro entraña un riesgo, cuya magnitud depende de su Probabilidad de Ocurrencia y de la Severidad de las Consecuencias.

***La Probabilidad de Ocurrencia***, para los escenarios que dependen del acceso de personas a las faenas abandonadas, estará asociada a la frecuencia con que se produce efectivamente este ingreso, sumado a las condiciones de peligrosidad que estas faenas presentan (piques abiertos desprotegidos, caída de rocas, presencia de elementos cortopunzantes, presencia de sustancias peligrosas que pueden causar envenenamiento, etc.).

En el segundo grupo, es decir, en Escenarios de Peligro relacionados a falla de depósitos, la evaluación de la Probabilidad de Ocurrencia estará orientada a determinar las condiciones de estabilidad que presentan los taludes o bien evaluar la posibilidad de que se produzca una liberación violenta de relaves. Cada uno de estos ámbitos recibirá en este Manual un tratamiento apropiado para el cálculo de la probabilidad.

La segunda variable que determina la magnitud del riesgo es la *Severidad de las Consecuencias*. Esta es función de la cantidad de personas afectadas y de la gravedad de las lesiones en caso de que se produzca un Escenario de Peligro; de las hectáreas que pueden verse afectadas del medio ambiente; o de la escala de la actividad económica. Para su evaluación se ha preparado una tabla cuyos criterios y ponderaciones han sido establecidos por consenso entre especialistas.

Conviene recordar que la realización de una ERS está dirigida a determinar, en un breve plazo, si los riesgos son o no significativos. Sólo en aquellos casos en que se encuentren incertezas en las evaluaciones, las que incorporen un grado de inseguridad respecto a la clasificación de la faena como PAM o no PAM, es que estará indicada la realización de una Evaluación de Riesgos Detallada (Capítulo 5.1). En caso contrario, la metodología simplificada será suficiente para alcanzar los objetivos propuestos.

#### *4.1.2 Proceso de ERS relacionados con la seguridad.*

El proceso de ERS por seguridad se compone de cuatro pasos principales (Figura 4-1).

**Paso 1:** identificación de los **Escenarios de Peligro** presentes en una FMA/P. El Evaluador deberá reconocer las situaciones de peligro presentes en una FMA/P que pueden producir un daño, e identificará los posibles receptores (personas, medio ambiente o actividades económicas) que serían afectados. Los Escenarios de Peligro potencialmente presentes en las diferentes instalaciones, acopios y obras se enumeran en la Tabla 4-3.

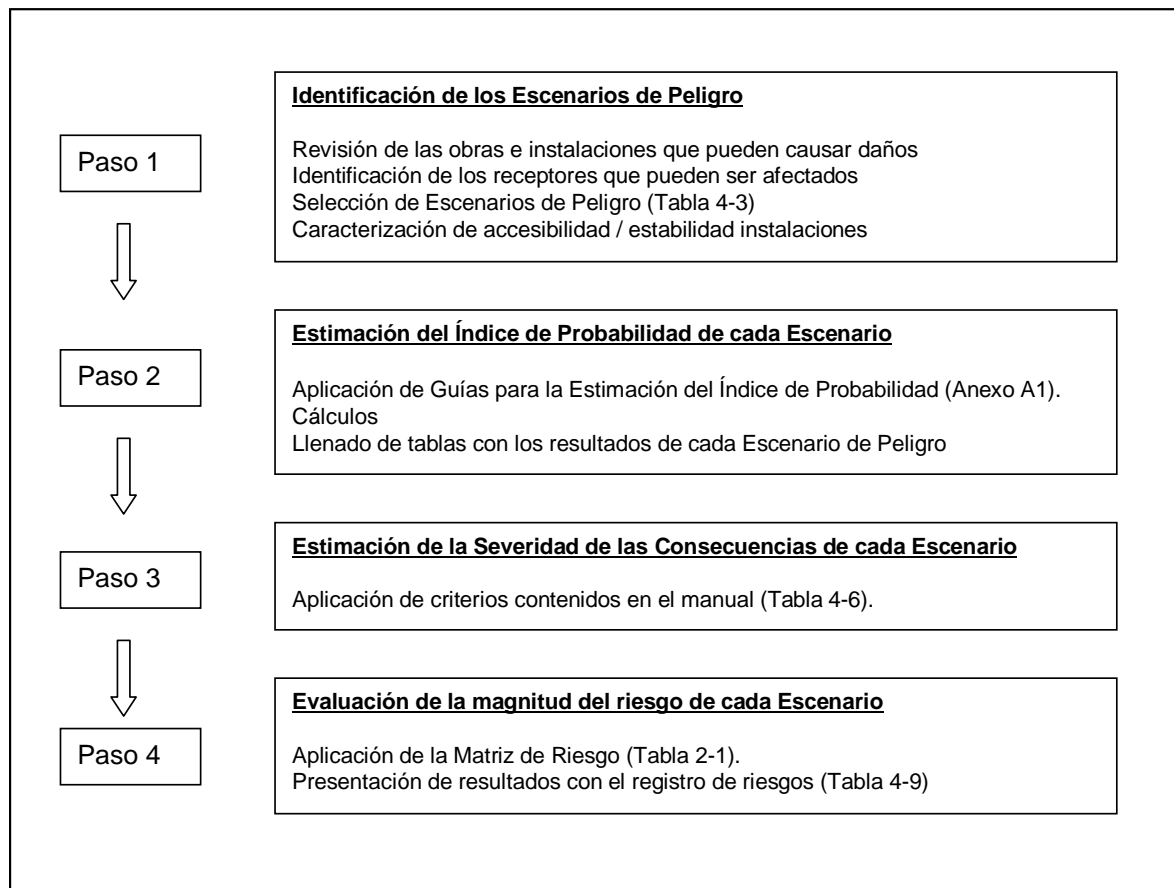
**Paso 2:** evaluación del **Índice de Probabilidad** para cada Escenario de Peligro. Para su determinación se han preparado las “Guías para la Estimación del Índice de Probabilidad por Seguridad” (Anexo A1).

**Paso 3:** estimación de la **Severidad de las Consecuencias**, a partir de la información reunida en la visita de terreno y del apoyo cartográfico disponible. Esta información se obtiene

aplicando los criterios establecidos por especialistas, los que están reunidos en la Tabla 4-6.

**Paso 4:** evaluación de la magnitud del riesgo, proceso que se lleva a cabo mediante la **Matriz de Riesgo**. La evaluación simplificada finaliza con la presentación sintética de los resultados en una tabla que registra las magnitudes del riesgo asociadas a cada Escenario de Peligro.

**Figura 4-1: Proceso de la ERS relacionada con seguridad**



#### 4.1.2.1 Paso 1: Identificación de Escenarios de Peligro

##### **a. Registro de instalaciones, acopios y obras**

La primera tarea del Evaluador durante esta etapa consiste en la inspección completa de la faena, constatando en terreno la presencia de instalaciones, acopios y obras. Para cada

elemento que sea identificado se asignará un código identificador y a continuación se realizará una descripción general de sus características y de las propiedades más importantes relacionadas con la seguridad. Estos datos se registrarán en la Ficha Facilitadora (FRER), formulario que puede encontrarse en el Anexo F de este Manual.

El código identificador que debe ser asignado se compone de una letra y de un número correlativo. La letra corresponderá a una abreviatura que dice relación con el tipo de componente de que se trate, según el siguiente criterio:

- Minas - M
- Plantas - P
- Residuos Mineros Masivos - R
- Residuos Mineros No Masivos e Industriales - N
- Infraestructuras Anexas - I

El número, por su parte, permitirá identificar diferentes instalaciones, acopios y obras del mismo tipo, de manera que el primero en ser descrito en cierta componente (por ejemplo, mina) llevará el número “1”, el segundo el “2”, y así sucesivamente.

A título de ejemplo, cabe indicar, que si en una misma faena abandonada se identifican tres piques subterráneos diferentes, estos se codificarán como M1, M2, M3. En este caso, la abreviatura “M” dice relación con la condición de “Mina” que tienen estas instalaciones, mientras que los números correlativos 1, 2 y 3 permitirán diferenciar cada uno de ellos.

La información descriptiva a completar para cada instalación, acopio u obra considera:

- su **nombre** (cuando proceda);
- las **coordenadas geográficas** y altitud de un punto central o inmediato a la unidad.



- una **descripción general** de su condición de seguridad, así como de las partes o elementos que lo componen;
- una **caracterización más precisa** que informe sobre sus dimensiones físicas, localización geográfica y, en su caso, del contenido de residuos;

El **nombre** de cada instalación, acopio u obra es aquel que tuvo dicha unidad mientras ésta se encontraba en servicio. Sólo se registrará cuando se conozca con exactitud o cuando sea facilitado por vecinos de la faena. En caso de duda es preferible no indicarlo.

Las **coordenadas geográficas** se tomarán mediante un instrumento GPS. Se registrarán los valores de abcisa y ordenada, una vez que se disponga de una lectura estabilizada. El sistema de referencia a emplear será el que determine el Servicio a nivel nacional. El grado de error en esta medición no deberá superar los 15 m. La **altitud** se registrará mediante un altímetro; o con un GPS convenientemente calibrado; o consultando la cartografía oficial disponible (mapas del IGM).

La **descripción general** consiste en un texto sintético mediante el cual el Evaluador informa del tipo de instalación, acopio u obra que se trate. Debe hacer referencia explícita, al menos, al objetivo de dicha unidad (producto que se producía en la planta, proceso empleado, etc.). También debe indicar los elementos principales que lo constituyen (sistema de drenaje, muro de contención, etc.)

Finalmente, la información que permite la **caracterización más precisa** de cada elemento varía dependiendo de cual sea el tipo de componente identificado. Por lo general comprende sus dimensiones básicas y los aspectos más importantes relacionados con su estabilidad (pendiente, altitud, presencia de grandes grietas, etc.). En la Tabla 4-1 se entregan directrices generales sobre el tipo de información que permite esta caracterización, en cada caso.

**Tabla 4-1: Contenido de la caracterización según componente.**

Componente	Contenidos de la Caracterización
Mina	Ubicación de la entrada, profundidad, dimensiones de la entrada, otras características relacionadas con la seguridad, etc.
Plantas	Tipo de planta, superficie, partes principales, características relacionadas con la seguridad, etc.
Residuos mineros masivos	Tipo de residuo almacenado; dimensiones; elementos de la obra; características relacionadas con la seguridad, etc.
Residuos mineros no masivos e industriales	Tipo de residuo almacenado; dimensiones; elementos de la obra; características relacionadas con la seguridad, etc.
Infraestructuras anexas	Tipo de obra o instalación; dimensiones; características relacionadas con la seguridad, uso por terceros, etc.

=> En la Ficha Facilitadora (Hoja [Portada 2](#)) se registrará la información que permita caracterizar cada una de las instalaciones, acopios y obras identificadas en la faena abandonada. El levantamiento de esta información debe ser realizado en terreno, de manera escrita y con apoyo de fotografías.

A modo de ejemplo, a continuación se presenta la información que permite identificar y describir en términos de seguridad una FMA/P, siguiendo las directrices del Manual (Tabla 4-2). En este caso se trata de una faena abandonada que cuenta con dos obras subterráneas y una superficial. Todas pertenecen, por lo tanto, al tipo de componente “Mina” y su codificación consiste en asignar a cada una de ellas los códigos M1, M2 y M3. La descripción de cada unidad se realiza en base a las observaciones del Evaluador en terreno.

**Tabla 4-2: Ejemplo de información que identifica y describe las instalaciones, acopios u obras de una FMA/P.**

COMPONENTE	TIPO DE INSTALACION, ACOPIO U OBRA	NOMBRE	CODIGO	DESCRIPCION GENERAL	IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE UNIDADES	COORD NORTE	COORD ESTE	ALTITUD m.s.n.m.
Mina	Labores Superficiales	Cantera	M1	Se observan diaclasas, fallas, presencia de vegetación en parte superior. Calidad de roca no competente (peligro de desprendimiento de bloques).	Banco de 25x50 mts aprox. Pendiente de talud de 90° aprox con sectores con pendientes negativas.	5937262	260023	682
Mina	Labores Subterráneas	Ex Polvorín	M2	Socavón con estocadas para el depósito de explosivos y detonadores. Situado al pie del talud.	No se observan residuos de explosivos	5937262	260023	682
Mina	Labores Subterráneas	Socavón Principal San Lorenzo	M3	Antiguo socavón principal de extracción de minerales conectado a socavones en nivel superior.	Dimensiones de 2,5x2,5 mts aprox con drenaje. Actualmente semiaterrado con fortificaciones de acceso destruidas. Medición de pH, conductividad y T° del agua de vertiente saliente.	5937262	260023	682

### b. Identificación de Escenarios de Peligro

Una vez que se han identificado y caracterizado los componentes de la FMA/P objeto de evaluación, a continuación se deben identificar los Escenarios de Peligro que afectan a la seguridad asociados a cada elemento de la tabla anterior. En la Tabla 4-3 se han enumerado los EP relacionados con la seguridad que puede presentar una FMA/P en cada una de sus componentes, instalaciones, obras y acopios; de manera que el Evaluador puede pasar revista a esta tabla empleándola como una lista de chequeo.

Como se observa en la Tabla 4-3, un mismo componente presentará generalmente varios Escenarios de Peligro. Por ejemplo, una cantera podría provocar daños a personas, al medio ambiente o a actividades económicas por el derrumbe de sus paredes y, a la vez, podría provocar accidentes de consideración por caída de rocas sobre personas o por caída de personas desde superficies a distinto nivel. En consecuencia, en la misma obra se presentarían Escenarios de Peligro diferentes, el primero asociado a posibles derrumbes, el segundo relacionado con caída de rocas sobre personas y el tercero debido a caída de personas desde superficies en altura.

**Tabla 4-3: Escenarios de Peligro por Seguridad**

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenarios de Peligro relacionado con la seguridad	Causas	Guía estimación de IP	
MINA	Labores Subterráneas	EPS 1	Subsidencia que podría provocar agrietamientos mayores que afecten personas, medio ambiente o actividades económicas que se desarrollan en la superficie.	Sismos, o inestabilidad de las estructuras de soporte de la mina subterránea o ingreso de agua.	GUIA 1	
		EPS 3	Asfixia de personas que ingresen a la mina	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7	
		EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7	
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7	
		EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7	
	Labores Superficiales	EPS 2	Colapso del rajo o labor superficial que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, erosión por agua o por falla del terreno.	GUIA 2	
		EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7	
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7	
	PLANTAS	Plantas de Procesamiento	EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
			EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
EPS 13			Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7	
EPS 14			Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7	

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenarios de Peligro relacionado con la seguridad	Causas	Guía estimación de IP
RESIDUOS MINEROS MASIVOS	Tranques de Relave	EPS 5	Liberación violenta de relaves depositados en tranques que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, aumento del nivel freático, rebalse de la cubeta.	GUIA 3
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Embalses de Relave	EPS 6	Liberación violenta de relaves depositados en embalses que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, aumento del nivel freático, rebalse de la cubeta.	GUIA 4
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Acopios de relaves depositados en torta u otro sistema	EPS 7	Falla del talud de relaves depositados en torta u otro sistema de acopio que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, erosión por agua.	GUIA 5
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Botaderos de rípios de lixiviación	EPS 8	Falla del talud de pilas de rípios de lixiviación que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, erosión por agua.	GUIA 5
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Botaderos de desmonte, estéril, minerales de baja ley	EPS 9	Falla del talud de botaderos de desmontes, estériles o minerales de baja ley que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, erosión por agua.	GUIA 6

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenarios de Peligro relacionado con la seguridad	Causas	Guía estimación de IP
RESIDUOS MINEROS MASIVOS	Botaderos de desmonte, estéril, minerales de baja ley	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Botadero de escorias	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
RESIDUOS MINEROS NO MASIVOS E INDUSTRIALES	Acopios de Residuos Industriales	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 14	Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Acopio de Residuos Mineros No Masivos	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 14	Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
INFRAESTRUCTURAS ANEXAS	Polvorines	EPS 10	Explosión que puede afectar personas.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Oficinas Campamentos	EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenarios de Peligro relacionado con la seguridad	Causas	Guía estimación de IP
INFRAESTRUCTURAS ANEXAS		EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Talleres, Bodegas	EPS 14	Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Redes y estanques de agua	EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Tendidos y subestaciones eléctricas	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Caminos y puentes	EPS 11	Accidentes de vehículos por caminos o infraestructura en mal estado (puentes).	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7

En las páginas que siguen se describen estos Escenarios de Peligro relacionados con la seguridad, con el objeto de uniformar los criterios de identificación entre los usuarios del Manual.

### **c. Descripción de los Escenarios de Peligro**

#### **EPS 1: Subsistencia de la mina que podría provocar agrietamientos mayores que afecten personas, medio ambiente o actividades económicas que se desarrollan en la superficie.**

La extracción subterránea de minerales generalmente requiere la excavación de grandes volúmenes de material. Una vez que la mina ha cesado sus operaciones estos espacios vacíos podrían provocar asentamientos en el terreno intervenido, teniendo como consecuencia la subsidencia (hundimiento o colapso de la superficie). Ello podría generar impactos en terrenos productivos, cambio en los sistemas de drenaje de aguas, o representar un riesgo para la seguridad de las personas o construcciones.

#### **EPS 2: Colapso del rajo o labor superficial que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.**

Las minas de rajo abierto pueden presentar riesgos asociados al colapso de sus paredes. La pérdida de estabilidad entre bermas suele ocurrir y no suele ser, por lo general, un problema relevante; sin embargo si el talud del rajo tiene un ángulo pronunciado y éste colapsa en su conjunto, entonces podrían verse afectados terrenos utilizados en los alrededores.

#### **EPS 3: Asfixia de personas que ingresen a la mina.**

El ingreso de personas al interior de minas abandonadas, sin los debidos implementos de protección personal, puede producir lesiones graves e incluso la muerte por la ausencia de oxígeno y/o a la presencia de gases tóxicos.



**EPS 4. Asfixia de personas por inmersión.**

Los rajos abiertos e instalaciones como estanques y piscinas pueden, en ocasiones, acumular agua procedente de lluvias o de la napa freática, resultando la faena abandonada un lugar atractivo para el baño. Si la instalación no cuenta con las medidas de seguridad apropiadas para este uso, puede ocurrir la asfixia por inmersión de los bañistas, especialmente si estos son niños y no cuentan con la supervisión de adultos. Por su parte, en minas subterráneas abandonadas también es común la acumulación de agua en los piques y galerías, representando un peligro en caso de caídas.

**EPS 5: Liberación violenta de relaves depositados en tranques que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.**

Dada la condición sísmica de nuestro país, y considerando los desastres históricos que se han producido por esta causa en este tipo de instalaciones tanto en Chile como el extranjero, es de la mayor preocupación el control de este tipo de obras en términos de seguridad. El Escenario de Peligro contempla la liberación de una cantidad considerable de relaves desde tranques que podrían afectar a los receptores.

**EPS 6: Liberación violenta de relaves depositados en embalses que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.**

Considera un evento similar al descrito anteriormente, para el caso en que los relaves están depositados en embalses.

**EPS 7: Falla del talud de de relaves depositados en torta u otro sistema de acopio que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.**

Los depósitos de relaves en ocasiones se presentan en tortas u otros sistemas de acopio conteniendo grandes acumulaciones de material, los que, dependiendo del procedimiento empleado, podrían tener taludes pronunciados e inestables. La falla del talud con

desplazamiento del material podría llegar a cubrir terrenos aledaños, afectando negativamente los receptores presentes en el Área de Estudio. Esta falla puede estar provocada por sismo o erosión por el agua.

**EPS 8: Falla del talud de pilas de ripios de lixiviación que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.**

Este Escenario aborda un evento similar al descrito en el EPS 7, para el caso en que los residuos mineros masivos estén constituidos por pilas de ripios de lixiviación.

**EPS 9: Falla del talud de botaderos de desmontes, estériles o minerales de baja ley que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.**

Considera un evento similar al descrito en el EPS 7, para el caso en que los residuos mineros masivos estén compuestos por desmontes, estériles o minerales de baja ley.

**EPS 10: Explosión que puede afectar personas.**

Este escenario contempla la posibilidad de que en la faena abandonada o paralizada se encuentren sustancias explosivas en mal estado de conservación; o bien haya residuos de estos productos repartidos por el suelo que pudieran explotar. En caso de manipulación indebida por un visitante, o falta de medidas básicas de seguridad como encender fuego, cabría la posibilidad de que se produjese una explosión.

**EPS 11: Accidentes de vehículos por caminos o infraestructura en mal estado (puentes).**

Las FMA/P tienen, por lo general, accesos que no fueron clausurados y tampoco han recibido mantenimiento desde que cesaron las labores. En ocasiones, estos caminos presentan peligros de choque o volcamiento debido a diversos factores, como pueden ser la falta de señalética, la presencia de rocas en mitad de la vía, baches de gran tamaño, reducción de la anchura mínima necesaria por efectos de la erosión, presencia de material suelto que se

suspende con el tránsito afectando la visibilidad, etc. En otros casos es posible la ausencia de puentes o su rotura al paso del vehículo por encontrarse debilitados.

**EPS 12: Caída de personas a desnivel.**

En las FMA/P pueden existir labores u obras descubiertas y sin protección, tales como piques, chimeneas, rajos, piscinas, depósitos, escaleras, pasarelas, pisos en mal estado u otros elementos, en los cuales (o desde los cuales) visitantes podrían caer. Se considerarán caídas a desnivel aquellas cuya altura es mayor a 1,5 m.

**EPS 13: Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.**

En minas subterráneas abandonadas que permanecen con sus accesos abiertos es posible el ingreso sin control de cualquier persona. El deterioro de las instalaciones y obras de fortificación por el tiempo transcurrido, puede provocar derrumbes de roca en su interior que podrían afectar a las personas que ingresen. En minas superficiales es posible el derrumbe de rocas desde taludes inclinados o verticales.

Por su parte, las plantas de procesamiento o infraestructuras remanentes de una FMA/P pueden significar un riesgo para la seguridad de personas que visiten el sitio, debido al deterioro e inestabilidad de sus componentes o estructuras situadas en altura que eventualmente podrían caer o colapsar abruptamente dañando a personas que en ese momento se encuentren próximas.

**EPS 14: Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosas.**

La presencia de residuos peligrosos es común dentro de las actividades mineras, y particularmente las de antigua data. Estos residuos corresponden generalmente a reactivos de proceso (como el cianuro); remanentes de procesos (residuos con mercurio del proceso de amalgamación o arsenicales de la tostación); a acopios de concentrados, polvos de fundición u otros; residuos de mantención, etc. En faenas abandonadas se han detectado reactivos

químicos peligrosos sin un apropiado almacenamiento o etiquetado, que pueden ser manipulados por personas poco conscientes de los daños que éstos pueden provocar.

Estos residuos industriales peligrosos pueden encontrarse almacenados o dispuestos de diversas formas, entre ellas pueden citarse los tambores, sacos, piscinas, botaderos o depósitos, los cuales podrían encontrarse en un estado de deterioro tal, que las sustancias que contienen se encuentren expuestas y, por tanto, signifiquen un peligro para las personas que entren en contacto con ellas.

Se considera como un Escenario de Peligro por seguridad aquel efecto negativo inmediato o en muy corto plazo (envenenamiento, intoxicación, quemaduras) que afecta a las personas producto de la exposición directa con sustancias peligrosas. Se considera un Escenario de Peligro por contaminación cuando el efecto ocurre en el mediano o largo plazo, causando enfermedades que podrían ocasionar la muerte (como el cáncer), o causar deterioros en la salud (efectos en el sistema nervioso, pérdida de concentración, etc.).

Cuando se desconocen las características de los materiales encontrados en el sitio y se sospecha que sean peligrosos, se deberá hacer un muestreo para, mediante análisis de laboratorio, determinar su nivel de peligrosidad (sección 3.3.2).

**EPS 15: Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.**

Las instalaciones, acopios u obras de una FMA/P pueden presentar estructuras o materiales cuyas características revistan un riesgo para las personas ante un posible contacto. Entre ellos se encuentran los elementos corto punzantes como son la chatarra, las escorias <sup>(1)</sup>, restos de paredes inestables, fierros de estructuras abandonadas, u otros elementos que puedan producir daños físicos de consideración.

---

<sup>(1)</sup> Las escorias están constituidas en un 90% o más por sílice y hierro, con algún contenido de cobre residual, en estado vítreo con fracturas de tipo conoidal, por lo que presentan propiedades corto punzantes, las que pueden provocar cortes a personas que entren en contacto directo con ellas.

Conviene considerar, adicionalmente, la posibilidad de electrocución debido al contacto con tendidos que se mantengan electrificados.

#### **d. Registro de resultados de la identificación de Escenarios de Peligro por Seguridad (FRER)**

Los Escenarios de Peligro que se identifiquen en la FMA/P se registran en la FRER (Hoja [Seg\\_Paso -1](#)). El llenado de esta tabla consiste en:

- Seleccionar del listado de opciones los EPS presentes en la faena.
- Seleccionar el código estándar que representa a cada EPS.
- Seleccionar la definición estándar que corresponde a cada EPS.
- Unir el código de la instalación, acopio u obra con el código estándar del EPS.
- Describir el Escenario de Peligro por seguridad, haciendo alusión explícita a los receptores que pueden verse afectados en este caso y a la manera concreta en que puede producirse el efecto negativo.

=> En la Ficha Facilitadora (Hoja [Seg\\_Paso -1](#)) se registrará cada uno de los Escenarios de Peligro identificados, se asignará el código correspondiente a cada uno y se describirá sintéticamente al receptor y la forma que pueden producirse efectos negativos.

Por ejemplo, en el caso de que exista una cantera abandonada, el código de identificación del componente mina será “M1”. Si se identifica el peligro de caída a desnivel, el escenario respectivo lleva por código estándar “EPS12”. De tal modo que el código del Escenario de Peligro identificado en la obra será clasificado como “M1-EPS12”. Si existieran tres piques similares en la misma faena y con la misma condición de peligro por posible caída de personas, se denominará a cada uno de ellos “M2-EPS12”, “M3-EPS12” y “M4-EPS12”, respectivamente.

En otro ejemplo, en la Tabla 4-4 se presenta un registro de Escenarios de Peligro por Seguridad que pudiera presentar una FMA/P. Obsérvese la descripción realizada en cada escenario, que alude a los receptores que pueden ser afectados.

**Tabla 4-4: Ejemplo de registro de Escenarios de Peligro por Seguridad**

NOMBRE	CODIGO	CODIGO ESTANDAR EPS	DESCRIPCION DEL EPS (según el manual)	CODIGO EPS FAENA	DESCRIPCION DEL EPS (para la faena en evaluación)
Cantera	M1	EPS 2	Colapso del rajo o labor superficial que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	M1-EPS2	Colapso de talud inestable sobre personas. Presenta inclinación de 90°, grietas y árboles.
Cantera	M1	EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	M1-EPS13	Caída de rocas desde paredes del rajo sobre personas. Este no cuenta con protección ni señalización.
Ex Polvorín	M2	EPS 10	Explosión que puede afectar personas.	M2-EPS10	Explosión de sustancias explosivas remanentes en polvorín abandonado que puede afectar personas.

Es posible que el Evaluador identifique uno o más EPS que no están contenidos en la Tabla 4-3, en cuyo caso deberá añadirlos en la FRER. Su descripción debe cumplir el siguiente modelo:

- (1) Indicar el *Efecto negativo que puede ocurrir*
- (2) Indicar el *Receptor*
- (3) Indicar el código con un número sucesivo, a partir del 15 (por ejemplo: M1-EPS16).

#### 4.1.2.2 Paso 2: Evaluación de la Probabilidad de Ocurrencia

La Probabilidad de Ocurrencia de cada Escenario de Peligro se evalúa mediante un Índice de Probabilidad (IP), valor cualitativo, adimensional, que se obtiene mediante la aplicación de “Guías para la estimación del Índice de Probabilidad por seguridad” (Anexo A). Los valores que puede tomar el IP son:

- Alto
- Medio
- Bajo
- Despreciable

Los Escenarios de Peligro relacionados con la seguridad comprenden dos tipos de situaciones: aquellas que dependen del acceso de personas al interior de las faenas abandonadas y las que tienen relación con fallas en la estabilidad de obras o instalaciones. En el primer tipo de casos, la probabilidad “Despreciable” corresponde a los Escenarios de Peligro donde la accesibilidad es muy reducida. Valores más altos de probabilidad se asignan en la medida en que el acceso de personas se incrementa y concurren factores que hacen más factible la ocurrencia de daños (como la falta de medidas de seguridad, evidencia de sucesos anteriores, tales como derrumbes, rajos abiertos, etc.).

Para los casos de falla en las instalaciones, la Probabilidad de Ocurrencia es función de las condiciones de estabilidad que ellas demuestran y de la presencia de agentes externos que activen el evento de falla (sismos, precipitaciones, escorrentías, etc.). En consecuencia, las asignaciones de una probabilidad despreciable indican que el conjunto de factores involucrados demuestran una posibilidad casi nula de que se produzca un evento no deseado. La Probabilidad de Ocurrencia se incrementa en la medida en que estén presentes factores que afecten la estabilidad de la instalación, acopio u obra y sea mayor la frecuencia de ingreso de personas a la faena.

Durante la aplicación de las Guías de Estimación del Índice de Probabilidad por seguridad es posible que el Evaluador no pueda responder a alguna de las consultas planteadas. Ello puede ocurrir, por ejemplo, cuando las obras quedaron enterradas bajo residuos mineros masivos. Ante este tipo de situaciones, el Evaluador optará por elegir el valor más conservador de los propuestos en la consulta respectiva, salvo que existan razones para proceder de otro modo.

La información que debe ser registrada en la FRER es la siguiente:

- El número de la Guía empleada.
- El valor de IP obtenido mediante la aplicación de la citada Guía.
- Una breve justificación que apoya la estimación realizada.

=> En la FRER (Hoja [Seg\\_Paso -2](#)) se registrará un valor de Probabilidad de Ocurrencia para cada uno de los Escenarios de Peligro identificados. Este valor procede de la aplicación de las Guías contenidas en el Anexo A-1.

A modo de ejemplo, en la Tabla 4-5 se indica un valor de probabilidad para cada uno de los Escenarios de Peligro identificados.

**Tabla 4-5: Ejemplo de registro de Índice de Probabilidad de los EPS**

NOMBRE	CODIGO EPS FAENA	GUIA APLICADA	INDICE DE PROBABILIDAD	JUSTIFICACION
Cantera	M1-EPS2	GUIA 2	BAJO	Población muy alejada de la faena. No hay evidencia de visitantes.
Cantera	M1-EPS13	GUIA 7	DESPRECIABLE	No hay evidencia de derrumbes. Roca competente.
Ex Polvorín	M2-EPS10	GUIA 7	DESPRECIABLE	Entrada cerrada con portón metálico y candado.

#### 4.1.2.3 Paso 3: Estimación de la Severidad de las Consecuencias

La Severidad de las Consecuencias de los Escenarios de Peligro se evalúa en función de la cantidad de receptores que, se estima, serán afectados en caso de ocurrir el daño no deseado asociado a éste, así como por la gravedad del daño. Para ello, el Evaluador cuenta con un levantamiento de los receptores presentes en el Área de Estudio (realizado según lo indicado en el punto 3.2.4).



La Severidad de las Consecuencias se determina aplicando una serie de criterios establecidos por consenso entre especialistas (Tabla 4-6), los que conducen a la siguiente escala:

- Despreciable
- Baja
- Moderada
- Alta
- Catastrófica

Se considera que una consecuencia sobre personas es “Despreciable” cuando el daño producido no requiere tratamiento médico. Por su parte, una consecuencia sobre el medio ambiente o las actividades económicas es “Despreciable” cuando no existe este tipo de receptores en el Área de Estudio. Las consecuencias más graves son progresivamente asignadas en función del incremento que se registre en el número de receptores afectados o en el aumento de la gravedad del daño que puede ser ocasionado. Es importante hacer presente que el grado “Catastrófica” se ha reservado para cuando los receptores afectados son las personas. Para el medio ambiente y las actividades económicas la Severidad de las Consecuencias más elevada se cataloga como “Alta”.

**Tabla 4-6: Escala de Severidad de las Consecuencias – ERS Seguridad**

		Severidad de las Consecuencias				
		Despreciable	Baja	Moderada	Alta	Catastrófica
PERSONAS	Seguridad Pública (número de personas)	No requiere tratamiento médico	Discapacidad reversible o heridas que requieren hospitalización	Discapacidad irreversible moderada (<50%) de 1 o más personas	- Muerte de una persona - Discapacidad irreversible severa (>50%) de 1 - 50 personas	- Múltiples fatalidades ó - Discapacidad irreversible severa (>50%) a más de 50 personas
	Salud Pública	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
MEDIO AMBIENTE	Vida Acuática	Ausencia	< 50 ha para lagos y reservas de agua ó < 0,5 km para ríos y costa	50 - 100 ha para lagos y reservas ó 0,5 a 2 km para ríos y costa	> 100 ha para lagos y reservas de agua ó > 2 km para ríos y costa	
	Vida Silvestre Terrestre	Ausencia	< 10 ha	10 - 100 ha	> 100 ha	
	Áreas protegidas o sensibles	Ausencia	< 1 ha	1 - 10 ha	>10 ha	
ACTIV. ECONÓMICAS	Agricultura	Ausencia	Familiar (< 10 ha)	Local (10 - 100 ha)	Regional (> 100 ha)	
	Ganadería	Ausencia	Familiar (< 10 ha)	Local (10 - 100 ha)	Regional (> 100 ha)	
	Pesca y Acuicultura	Ausencia	Familiar	Local	Regional	

En la práctica, esta etapa del proceso consiste en la determinación de la Severidad de las Consecuencias para cada uno de los Escenarios de Peligro identificados, sobre cada uno de los receptores (personas, medio ambiente y actividades económicas), por lo cual se obtendrán varios valores: uno por cada ámbito en que pueden producirse efectos negativos.

Considerando que un mismo Escenario de Peligro puede afectar a la vez a distintos receptores (por ejemplo, personas, agricultura y ganadería), y puede que ello ocurra con

valores de severidad diferentes, se debe agregar un sufijo al Escenario de Peligro con el que pueda ser claramente identificado el receptor al que éste afecta. Los sufijos para cada receptor se han definido como sigue:

- “**pe**”, en el caso de que el receptor sean Personas;
- “**vt**”, en el caso de que el receptor sea la Vida Terrestre;
- “**va**”, en el caso de la Vida Acuática;
- “**ap**”, en el caso de Áreas Protegidas o Sensibles;
- “**ag**”, en el caso de que el receptor sea la Agricultura;
- “**ga**”, en el caso de la Ganadería ;y
- “**ac**” en el caso de Acuicultura y Pesca.

La información que se registra en la FRER es la siguiente:

- El valor de Severidad de las Consecuencias obtenido mediante la aplicación de la Tabla 4-6.
- Una breve justificación que apoya la estimación realizada.

=> En la FRER (Hojas [Seg\\_Paso-3-1](#), [Seg\\_Paso-3-2](#) y [Seg\\_Paso-3-3](#)) se registrará un valor de Severidad de las Consecuencias para cada uno de los Escenarios de Peligro identificados y receptores potencialmente afectados. Este valor se obtiene de la aplicación de los criterios indicados en la Tabla 4-6.

A modo de ejemplo, en las Tablas 4-7 y 4-8 se indican los valores estimados de Severidad de las Consecuencias sobre personas y vida silvestre terrestre, respectivamente, para cada uno de los escenarios identificados en una cierta faena.

**Tabla 4-7: Valor de Severidad de las Consecuencias sobre personas.**

NOMBRE	DESCRIPCION DEL EPS (para la faena en evaluación)	CODIGO EPS FAENA	SEVERIDAD DE CONSECUENCIAS PERSONAS	JUSTIFICACION
Cantera	Colapso de talud inestable puede caer sobre personas y terrenos aledaños. Presenta inclinación de 90°, grietas y árboles.	M1-EPS2	ALTA	Gran altura del talud y bloques preformados. Posible desplome produciría muerte o discapacidad irreversible severa.
Cantera	Caída de rocas desde paredes del rajo sobre personas. Este no cuenta con protección ni señalización.	M1-EPS13	ALTA	Gran altura del talud. Posible caída de rocas produciría muerte o discapacidad irreversible severa.
Ex Polvorín	Explosión de sustancias explosivas remanentes en polvorín abandonado que puede afectar personas.	M2-EPS10	BAJA	Escasa cantidad de residuos que pueden explotar. Produciría lesiones leves. Discapacidad reversible.

**Tabla 4-8: Valor de Severidad de las Consecuencias sobre vida silvestre terrestre.**

NOMBRE	DESCRIPCION DEL EPS (para la faena en evaluación)	CODIGO EPS FAENA	SEVERIDAD CONSECUENCIAS VIDA SILVESTRE TERRESTRE	JUSTIFICACIÓN
Cantera	Colapso de talud inestable puede caer sobre personas y terrenos aledaños. Presenta inclinación de 90°, grietas y árboles.	M1-EPS2	BAJA	3 ha
Cantera	Caída de rocas desde paredes del rajo sobre personas. Este no cuenta con protección ni señalización.	M1-EPS13	DESPRECIABLE	Caída de rocas no afectaría vida silvestre terrestre.
Ex Polvorín	Explosión de sustancias explosivas remanentes en polvorín abandonado que puede afectar personas.	M2-EPS10	DESPRECIABLE	Explosión de escasa magnitud; no alcanzaría vida silvestre terrestre.

#### 4.1.2.4 Paso 4: Evaluación de la Magnitud de Riesgo

Una vez estimadas la Probabilidad de Ocurrencia y la Severidad de las Consecuencias, se debe emplear la Matriz de Riesgos para determinar la magnitud del riesgo que entraña cada Escenario de Peligro. El resultado de la evaluación se registra en la misma matriz.

Esta operación se realiza aplicando el siguiente procedimiento (Figura 4-2):

(1) Para un Escenario de Peligro determinado, se verifica el Índice de Probabilidad asignado y se localiza la fila correspondiente en la Matriz de Riesgos.

(2) Para el mismo Escenario de Peligro se verifica la Severidad de las Consecuencias asignada para un receptor y se localiza la columna correspondiente en la Matriz de Riesgos.

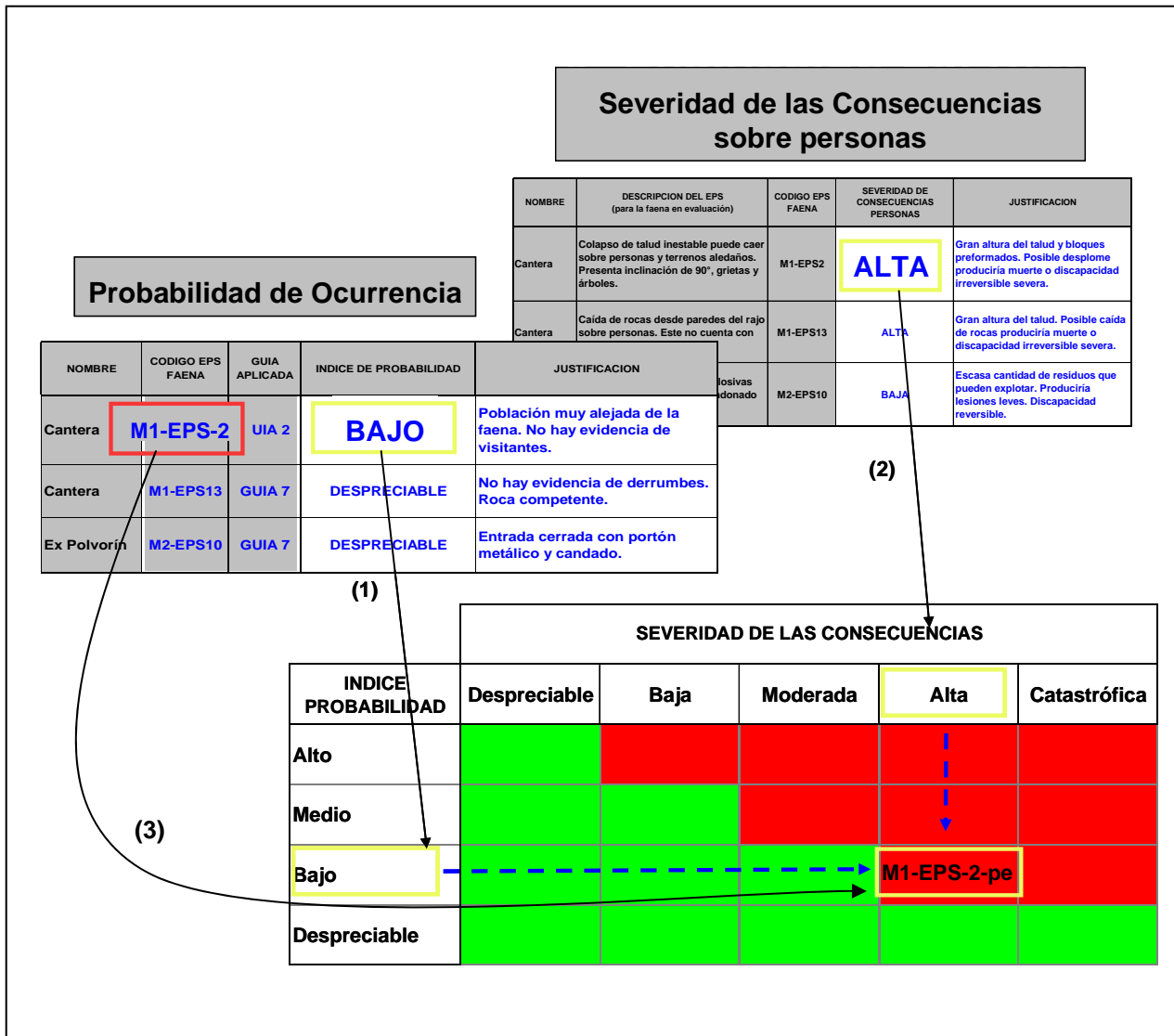
(3) La fila y la columna seleccionadas determinan una magnitud del riesgo del Escenario de Peligro sobre ese receptor (por ejemplo, personas), debiendo registrarse el riesgo escribiendo el código del Escenario de Peligro respectivo junto con el código del receptor ( “pe” ) en la celda seleccionada.

(4) A continuación se repiten las operaciones (2) y (3) teniendo en consideración el siguiente receptor (por ejemplo, vida silvestre terrestre). De este modo se determinará el riesgo del Escenario evaluado sobre este nuevo receptor y se escribirá en la celda correspondiente el código respectivo (en este ejemplo, M1-EPS2 – vt).

Así quedarán evaluados todos los riesgos asociados al primero de los Escenarios de Peligro, considerando cada uno de los receptores que pueden ser afectados por este. El resultado de esta evaluación quedará registrado en la Matriz de Riesgos.

(5) La operación anterior debe repetirse para todos los Escenarios de Peligros identificados en la faena objeto de evaluación.

Figura 4-2: Procedimiento para la evaluación del riesgo.



4.1.3 Resultados de la Evaluación de Riesgos Simplificada por seguridad

Completada la evaluación de riesgos de cada uno de los Escenarios de Peligro identificados en una FMA/P, el proceso finaliza con la Matriz de Riesgos de la FMA/P donde cada EPS está localizado en la celda que le corresponde en función de la evaluación de su Probabilidad de Ocurrencia y Severidad de las Consecuencias sobre cada receptor.

A modo de ejemplo, a continuación (Tabla 4-9) se presenta el registro de riesgos que podría resultar de la evaluación de una FMA/P donde se han identificado una cantera (M1) y un Polvorín, de pequeño tamaño, anexo a la cantera (M2), donde hubieran sido descritos 3 Escenarios de Peligro por seguridad (Tabla 4-4). Los posibles receptores en este caso son las personas (pe) y la vida silvestre terrestre (vt). En este registro de riesgos, cada uno de los Escenarios ocupa la posición que le corresponde en base a los valores de probabilidad (Tabla 4-5) y severidad (Tablas 4-7 y 4-8) que recibieron durante la evaluación.

**Tabla 4-9: Ejemplo de registro de riesgos por seguridad**

INDICE PROBABILIDAD	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
	Despreciable (A)	Baja (B)	Moderada (C)	Alta (D)	Catastrófica (E)
Alto (4)					
Medio (3)					
Bajo (2)	M1-EPS13-vt	M1-EPS2-vt		M1-EPS2-pe M1-EPS13-pe	
Despreciable (1)	M2-EPS10-vt	M2-EPS10-pe			

=> En la FRER (Hoja [Matriz](#)) se escribirán sobre la Matriz de Riesgos los riesgos evaluados, situando en las celdas que correspondan los códigos de los Escenarios de Peligro por seguridad. Cada uno de ellos llevará el sufijo del receptor al que afecta.

## 4.2 Evaluación de Riesgos Simplificada por Contaminación

### 4.2.1 Aspectos Generales

La Evaluación de Riesgos Simplificada (ERS) por contaminación permite la evaluación de los riesgos de una FMA/P cuando en ella hay sustancias químicas nocivas que

potencialmente podrían causar efectos no deseados en la salud de la población, en el medio ambiente o en actividades económicas.

La magnitud del riesgo se define por la Probabilidad de Ocurrencia del Escenario de Peligro y por la Severidad de las Consecuencias (Capítulo 2). En el ámbito de la contaminación, cobra importancia:

- la **vía de exposición (exposure pathway)**, es decir, la forma por la cual un contaminante entra en contacto con un receptor (ingestión, contacto dérmico, inhalación); y
- el **“medio ambiental” (environmental media)** a través del cual el contaminante se propaga en el ambiente (agua superficial, agua subterránea, aire, suelo).

La probabilidad asociada a un Escenario de Peligro por Contaminación va a ser determinada mediante un **“Índice de Probabilidad”**, (IP) que es un indicador del grado en que la contaminación asociada a un Escenario de Peligro afecta a un receptor. Los IP por contaminación, para cada Escenario de Peligro, se estiman en base a criterios sencillos de determinar en terreno como son la distancia existente desde la fuente emisora hasta los receptores o las dimensiones aproximadas de las fuentes generadoras de contaminación (depósitos de residuos peligrosos, reactivos remanentes, relaves, etc.). Para determinar los IP por contaminación propios de cada Escenario se ha preparado un conjunto de Guías Metodológicas para el Cálculo del Índice de Probabilidad (Anexo B1).

La estimación de la **Severidad de las Consecuencias** por contaminación comparte los mismos principios que se emplearon en el caso de la Evaluación de Riesgos Simplificada por seguridad. Es decir, es una estimación de la gravedad de los efectos no deseados asociados a un Escenario de Peligro. Si llega a contaminarse un medio ambiental como el suelo, el aire o el agua superficial, los efectos no deseados pueden afectar potencialmente a todos los receptores situados dentro del Área de Estudio específica de ese Escenario de Peligro. Esta circunstancia hace que, conservadoramente, la Severidad de las Consecuencias se evalúe en



función del número de personas o hectáreas que estén presentes dentro del Área de Estudio del Escenario de Peligro.

La ERS por contaminación, al igual que por seguridad, es un procedimiento diseñado para determinar, en una primera aproximación, si la FMA/P bajo estudio presenta razones para ser considerada un PAM. En los casos en que la ERS muestre grados de incertidumbre sobre el resultado, que pudieran conducir a clasificar una FMA/P como PAM no siéndolo, o pudiendo ocurrir la situación inversa, procederá realizar la Evaluación de Riesgos Detallada (ERD, descrita en el Capítulo 5).

Conviene tener presente, entonces, que las herramientas y procedimientos propios de esta evaluación son relativamente simples en aras de aplicar una metodología expedita, capaz de resolver rápidamente aquellos casos de FMA/P donde se presenten los argumentos suficientes para considerarlas, o no, un PAM.

#### *4.2.2 Proceso de la ERS relacionada con contaminación*

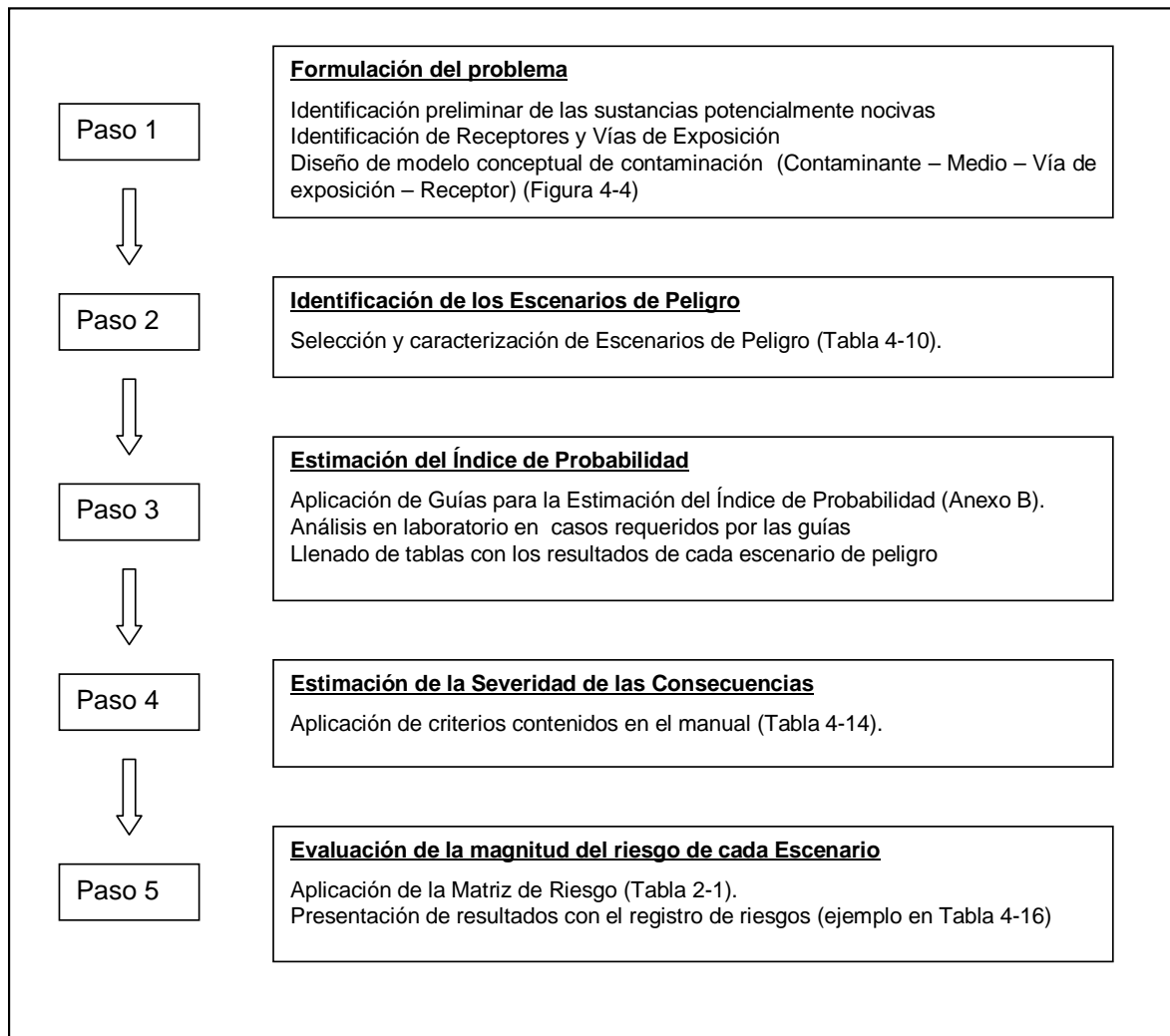
La ERS por contaminación es un procedimiento que comprende 5 pasos principales (Figura 4-3), que son:

**Paso 1 - Formulación del Problema.** El primer paso de la ERS por contaminación consiste en establecer un diagrama que relaciona las fuentes de contaminación presentes en la faena, la forma en que los contaminantes se movilizan, la vía de exposición y los receptores que afectan. Con este esquema se facilitará al Evaluador la identificación de los Escenarios de Peligro asociados a la contaminación que genera la faena (ver modelo conceptual en Figura 4-4).

**Paso 2 - Identificación de los Escenarios de Peligro** presentes en una FMA/P. Aplicando el concepto de riesgo de contaminación, deben reconocerse las sustancias químicas potencialmente nocivas, los receptores y las vías de exposición. Estando presentes estos tres

elementos se cumplen los requisitos del modelo conceptual, es decir, se constituye un Escenario de Peligro por contaminación, el que puede ser descrito en un texto explicativo.

**Figura 4-3: Proceso de la ERS por contaminación**



**Paso 3 - Estimación del Índice de Probabilidad**, el que se obtiene aplicando los procedimientos contenidos en las “Guías para la Estimación del Índice de Probabilidad por Contaminación” (Anexo B1). En algunos casos será necesario el análisis en laboratorio de un conjunto limitado de parámetros, lo que permitirá caracterizar apropiadamente el IP.

**Paso 4 - Estimación de la Severidad de las Consecuencias**, a partir de la información

reunida en el Área de Estudio y del apoyo cartográfico disponible.

**Paso 5 - Evaluación de la magnitud del riesgo**, mediante la aplicación de la Matriz de Riesgo. Este proceso finaliza con el registro de los riesgos evaluados a lo largo de la ERS para cada medio ambiental (aire, agua, suelo, etc.) y cada receptor (personas, medio ambiente, actividades económicas).

#### 4.2.2.1 Paso 1: Formulación del Problema

##### a. **Proceso a seguir**

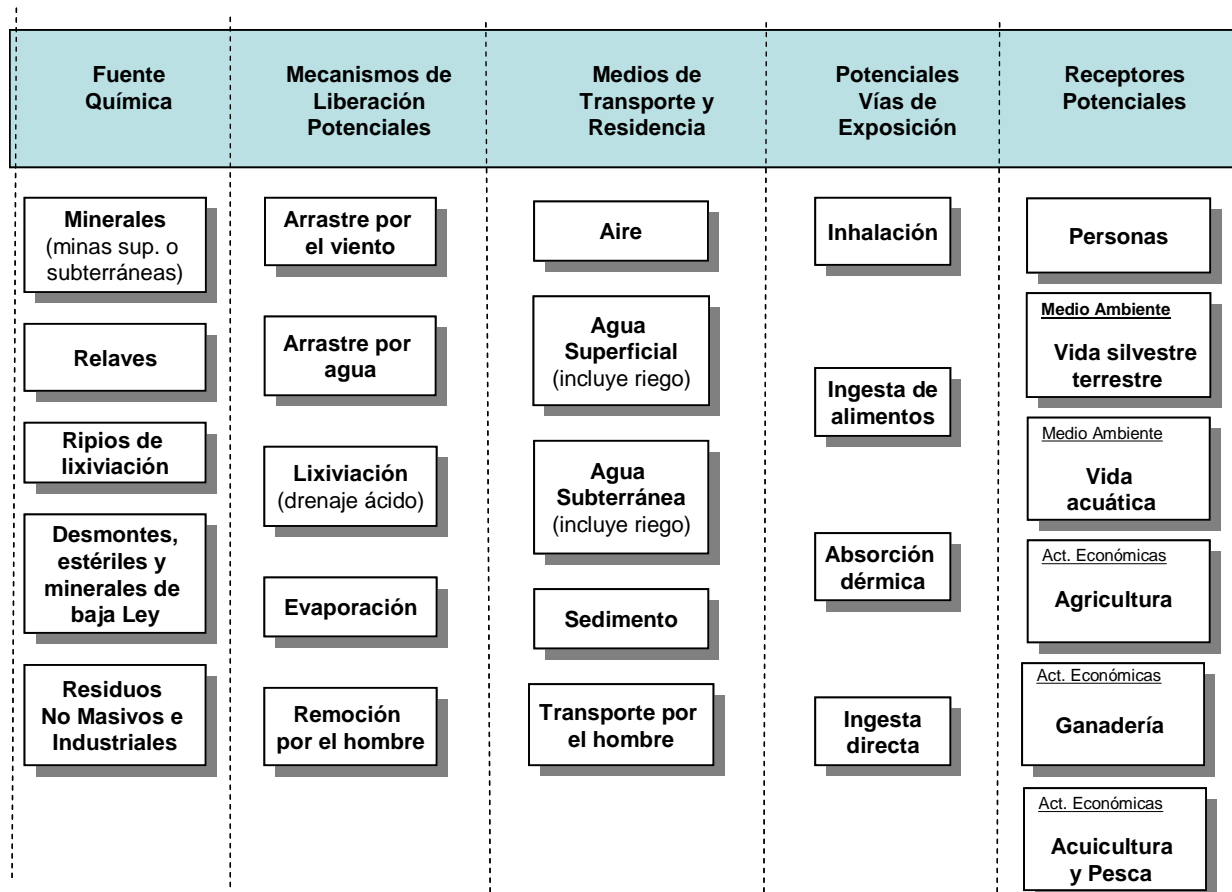
La formulación del problema consiste en identificar los elementos que forman parte del Modelo Conceptual de Contaminación (Figura 4-4), esto es:

- Fuente Química en que está presente la sustancia contaminante (minerales presentes en la roca, relaves, residuos, etc.).
- Mecanismo que permite la liberación del contaminante (arrastre por el viento, por el agua, lixiviación, etc.).
- Medio de transporte y/o residencia que promueve el traslado del contaminante desde la fuente hacia el receptor (aire, agua, transporte por el hombre, etc.).
- Vías potenciales de exposición (inhalación, ingesta o contacto dérmico).
- Receptores potenciales que pueden ser afectados (personas, vida silvestre terrestre, vida acuática, etc.).

El Evaluador puede representar este modelo en forma de esquema. A tal fin se ha preparado la Figura 4-4 en la que pueden enlazarse a través de líneas los bloques que aplican al caso estudiado.

=> En la Ficha Facilitadora (Hoja [Cont\\_Paso -1](#)) se dibujarán las líneas que representan el Modelo de Contaminación y se describirá este mediante un texto explicativo. En caso de que el esquema pueda inducir a confusión, por la complejidad de la faena, se emplearán hojas independientes para separar cada uno de los casos de posible contaminación encontrados.

**Figura 4-4. Esquema del Modelo de Contaminación.**



#### 4.2.2.2 Paso 2: Identificación de los Escenarios de Peligro

##### **a. Proceso a seguir**

Una vez formulado el Modelo de Contaminación, a continuación se deben identificar los Escenarios de Peligro por Contaminación. En la Tabla 4-10 se han enumerado los EP relacionados con la contaminación que puede presentar una FMA/P en cada una de sus instalaciones, obras y acopios; las que podrían llegar a contaminar medios tales como el agua superficial, el agua subterránea, el suelo o el aire.

El Evaluador debe pasar revista a la Tabla 4-10 empleándola como una lista de chequeo. Cabe destacar que un mismo componente puede presentar uno o más Escenarios de Peligro.

**Tabla 4-10: Escenarios de Peligro por Contaminación**

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenario de Peligro por Contaminación	Medio Susceptible de contaminación	Guía estimación de IP
MINA	Labores Subterráneas	EPC 1	Presencia de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 1
		EPC 2	Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 2
		EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
	Labores Superficiales	EPC 1	Presencia de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 1
		EPC 2	Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 2
		EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
PLANTAS	Plantas de Procesamiento	EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
		EPC 4	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 4
		EPC 5	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 5

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenario de Peligro por Contaminación	Medio Susceptible de contaminación	Guía estimación de IP
PLANTAS	Plantas de Procesamiento	EPC 6	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar el suelo y afectar por ingestión o contacto dérmico a las personas, medio ambiente o actividades económicas.	Suelo	GUIA 6
		EPC 7	Desarrollo de actividades en la superficie de relaves, acopios o suelos contaminados, que podrían afectar a las personas, medio ambiente o actividades económicas por inhalación, ingestión accidental o contacto dérmico.	Suelo	GUIA 7
		EPC 8	Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Aire	GUIA 8
RESIDUOS MINEROS MASIVOS	Tranques, Embalses y Acopios de Relave	EPC 1	Presencia de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 1
		EPC 2	Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 2
	Botaderos de Rípios de Lixiviación	EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
	Botaderos de Desmonte / Estéril / Acopios de baja ley	EPC 7	Desarrollo de actividades en la superficie de relaves, acopios o suelos contaminados, que podrían afectar a las personas, medio ambiente o actividades económicas por inhalación, ingestión accidental o contacto dérmico.	Suelo	GUIA 7
		EPC 8	Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Aire	GUIA 8

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenario de Peligro por Contaminación	Medio Susceptible de contaminación	Guía estimación de IP
RESIDUOS MINEROS NO MASIVOS E INDUSTRIALES	Botadero de Residuos Mineros no Masivos  y de Residuos Industriales	EPC 1	Presencia de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 1
		EPC 2	Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 2
		EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
		EPC 4	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 4
		EPC 5	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 5
		EPC 6	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar el suelo y afectar por ingestión o contacto dérmico a las personas, medio ambiente o actividades económicas.	Suelo	GUIA 6
		EPC 7	Desarrollo de actividades en la superficie de relaves, acopios o suelos contaminados, que podrían afectar a las personas, medio ambiente o actividades económicas por inhalación, ingestión accidental o contacto dérmico.	Suelo	GUIA 7
		EPC 8	Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Aire	GUIA 8



Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenario de Peligro por Contaminación	Medio Susceptible de contaminación	Guía estimación de IP
INFRAESTRUCTURA ANEXA	Talleres y Bodegas Tendidos y subestaciones eléctricas	EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
		EPC 4	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 4
		EPC 5	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 5
		EPC 6	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar el suelo y afectar por ingestión o contacto dérmico a las personas, medio ambiente o actividades económicas.	Suelo	GUIA 6
		EPC 7	Desarrollo de actividades en la superficie de relaves, acopios o suelos contaminados, que podrían afectar a las personas, medio ambiente o actividades económicas por inhalación, ingestión accidental o contacto dérmico.	Suelo	GUIA 7
		EPC 8	Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Aire	GUIA 8

## **b. Descripción de los Escenarios de Peligro**

### **EPC 1: Presencia de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.**

Consiste en el drenaje de agua cargada con metales u otros elementos disueltos que puede liberarse desde la faena hacia el exterior, contaminando cursos de aguas superficiales. Este efecto puede generarse desde minas subterráneas, rajos, depósitos de residuos mineros masivos tales como relaves, desmontes, estériles, depósitos de residuos mineros no masivos, etc.; y está directamente relacionado con las características mineralógicas y la presencia de condiciones climáticas que definen la ocurrencia de drenaje ácido y con ello la disolución de la mayoría de los metales de preocupación <sup>2</sup>. Sin embargo, en ambientes básicos (pH superiores a 7) también se disuelven elementos de preocupación ambiental, como son el molibdeno y el zinc.

En las minas subterráneas el drenaje puede aparecer hacia el exterior a través de túneles y bocaminas. En ocasiones también se pueden producir afloramientos aguas abajo de mina subterránea, que pueden contener drenaje que procede de la infiltración de aguas que estuvieron en contacto con las faenas mineras (ver concepto de drenaje en el anexo B2).

En el caso de rajos, el escurrimiento por las paredes puede producir drenaje ácido afectando negativamente a cursos naturales de agua. Ello puede ocurrir también a través de la infiltración de aguas acumuladas en el fondo del rajo, las que atravesando porciones del subsuelo pueden volver a aflorar aguas abajo de las faenas a través de manantiales. Estos drenajes pueden ser ácidos con un alto contenido de metales disueltos, o bien básicos con concentraciones altas de metales como molibdeno o zinc.

En depósitos de relave la generación de efluentes que podrían contaminar cursos o cuerpos de agua superficial puede ocurrir a través de los vertederos de descarga, cuando éstos existen, o

---

<sup>2</sup> Guía Metodológica sobre Drenaje Ácido en la Industria Minera. Acuerdo Marco de Producción Limpia Sector Gran Minería. Ministerio de Minería, Consejo Minero, Santiago, 2002.

por rebalse, en su ausencia. La descarga se puede producir por causa de lluvias extraordinarias que produzcan el rebalse de agua con arrastre de sólidos o bien por infiltraciones desde el muro del tranque o embalse. En el caso de acopios, el drenaje puede producirse mediante escurrimientos superficiales desde el área de relaves hacia el exterior.

Los botaderos de desmonte, estéril y acopios de baja ley corresponden a material removido para tener acceso al cuerpo mineralizado, pues fueron descartados al no ser comercial su procesamiento. Entre ellos, los acopios de baja ley son los que tienen una mayor capacidad de generar drenaje contaminante, pues presentan mayores contenidos de mineral. La mayoría de estos depósitos son dispuestos cerca de la mina o rajo y en algunos casos pueden estar interrumpiendo quebradas con flujo de agua intermitente. Estos materiales pueden producir drenaje, el que puede llegar a afectar a recursos hídricos superficiales.

Los residuos mineros no masivos e industriales (cenizas, polvos de fundición, etc.) también pueden generar drenaje ácido en función de sus características mineralógicas, en caso de que entren en contacto con oxígeno y agua. Este drenaje también puede afectar los recursos hídricos superficiales que puedan ser alcanzados por el efluente.

**EPC 2: Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.**

Este escenario tiene su origen en las situaciones descritas anteriormente, y corresponde a aquellos casos en que las aguas infiltradas desde la faena afecten la calidad de los recursos hídricos subterráneos.

**EPC 3: Presencia de aguas contaminadas en las labores que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).**

En ciertos rajos circulares se genera una piscina artificial que puede tener agua contaminada. Esta piscina es usada en algunos casos para recreación de habitantes del lugar, para bebida de animales e incluso para pesca. Dependiendo de las características de las aguas, esto

representa un riesgo para la salud de los receptores afectados, vale decir no basta que haya presencia de agua en un rajo para establecer un Riesgo <sup>(3)</sup>.

En otras ocasiones, en tranques o embalses de relave, es posible la formación de una laguna de aguas claras sobre la superficie de los depósitos. En algunos casos esta laguna puede ser usada como recreación por los habitantes del lugar, fuente de bebida de animales o riego. Las aguas claras de estas lagunas deben ser analizadas para determinar si cumplen con las normas de bebida humana y de ganadería, a fin de establecer si existe un riesgo para la salud de los receptores.

Similar situación puede ocurrir en otras instalaciones tales como piscinas, estanques u otros lugares donde se produzca acumulación de agua.

**EPC 4: Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas**

Como consecuencia de las actividades propias de una faena minera, se generan residuos industriales peligrosos y no peligrosos. Los residuos no peligrosos (chatarra, madera, plásticos, gomas, mangueras de PVC, cables, etc.) en general no son motivo de preocupación de la ERS por Contaminación, aunque se deja abierta la posibilidad que el Evaluador defina un Escenario de Peligro asociado a este tipo de residuos, debidamente justificado.

Dentro de los residuos peligrosos que pueden estar presentes en faenas abandonadas se encuentran los reactivos usados durante el proceso (cianuro, ácido sulfúrico, zinc, mercurio), acopios de concentrados generados en el proceso que quedaron abandonados en la faena, residuos con aceites y lubricantes, estanques con restos de combustibles, asbesto, askareles (PCB), residuos arsenicales, etc.

---

<sup>(3)</sup> Se hace presente que un sistema para evitar la generación de drenaje ácido en rajos circulares es inundarlos con agua generando lagos. Con ello se evita el contacto del mineral de las paredes con oxígeno, y por lo tanto no se produce la oxidación necesaria para movilizar los metales al agua.

Este Escenario de Peligro corresponde ser aplicado cuando los residuos peligrosos puedan ser arrastrados por el agua de precipitaciones o por un curso superficial, en cuyo caso podrían ser transportados hasta llegar a cursos o cuerpos de agua superficial.

**EPC 5: Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.**

Este escenario es similar al anterior y recoge la posibilidad de que las sustancias contaminen el suelo infiltrándose hasta afectar aguas subterráneas.

**EPC 6: Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar el suelo y afectar por ingestión o contacto dérmico a las personas, medio ambiente o actividades económicas.**

En este caso se contempla la posibilidad de que los residuos peligrosos de la faena sean movilizados por el agua (por lluvias o escorrentía) o por el viento, y sean depositados en los suelos de alrededores de la faena en donde pueden afectar a personas y o animales al entrar éstas en contacto directo con los contaminantes, por ingestión (niños) o contacto dérmico.

**EPC 7: Desarrollo de actividades en la superficie de relaves, acopios o suelos contaminados, que podrían afectar a las personas, medio ambiente o actividades económicas por inhalación, ingestión accidental o contacto dérmico.**

Existen casos en que los depósitos de relaves abandonados, terrenos con suelos contaminados u otros acopios son utilizados por personas para el desarrollo de diversas actividades (recreativas, deportivas u otras), aprovechando la superficie plana de su cubeta cuando ésta se encuentra seca. En el caso de tranques de relaves, esta exposición directa de las personas a los depósitos, que presentan material fino y sustancias potencialmente tóxicas en ellos, constituye un riesgo potencial que debe ser evaluado. Esta situación ocurre, particularmente, cuando estas obras abandonadas se encuentran en las inmediaciones de una población y no

existen obras que impidan el acceso.

**EPC 8: Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.**

Los depósitos de relaves abandonados u otros acopios masivos son una fuente de emisión de material particulado al ambiente. Estas emisiones dependerán de la granulometría de los residuos, las características de los vientos y el nivel de humedad del material en superficie. El nivel de humedad en tranques se relaciona con su ubicación geográfica (nivel de precipitaciones) y tiempo que ha estado sin recibir descarga. En la zona norte del país los depósitos se encontrarán habitualmente secos; en la zona central estarán secos durante la mitad más húmeda del año; mientras que en la zona sur el periodo seco será menor, del orden de un par de meses. Tanto la fracción fina del material transportado como las sustancias contaminantes potencialmente presentes en él podrían representar un riesgo para las personas, el medio ambiente o las actividades económicas.

**c. Registro de Resultados de la identificación de Escenarios de Peligro por Contaminación.**

Los Escenarios de Peligro por contaminación que se identifiquen en la FMA/P deben ser registrados por el Evaluador en una tabla que está incluida en la FRER (Hoja [Cont\\_Paso - 2](#)). Esta tabla se debe completar de manera similar a la indicada en la evaluación por seguridad (sección 4.1.2.1, d), es decir, el Evaluador deberá:

- seleccionar del listado de opciones los EPC identificados para la faena;
- seleccionar el código estándar que representa a cada EPC;
- seleccionar la definición estándar que corresponde a cada EPC;
- unir el código de la instalación, acopio u obra con el código estándar del EPC; y

- describir el Escenario de Peligro por contaminación, haciendo referencia a los receptores que pueden verse afectados en este caso, a la vía de exposición (inhalación, ingestión, o contacto dérmico) y al medio ambiental involucrado (agua superficial, suelo, aire, etc.), apoyado en el esquema desarrollado para la faena (Paso 1).

=> En la Ficha Facilitadora (Hoja [Cont\\_Paso -2](#)) se registrará cada uno de los Escenarios de Peligro identificados, se asignará el código correspondiente a cada uno y se describirá sintéticamente al receptor, la vía de exposición y el medio ambiental a través del que se moviliza el contaminante.

La codificación de un EPC se realiza siguiendo el mismo procedimiento que fue indicado en el capítulo 4.1.2.1 (por seguridad). Esto es, reuniendo el código identificador del componente de la FMA/P junto a las siglas “EPC–n”, siendo “n” el número de EPC respectivo según el listado entregado en la Tabla 4-10.

Por ejemplo, en el caso de que exista un tranque de relaves abandonado, el código de identificación de este componente mina será “R1”. Si se identifica el peligro de drenaje que puede afectar a cuerpos de agua superficiales, el escenario respectivo tiene el código “EPC1”. De tal modo que el código final del escenario en el será “R1-EPC1”. Si existieran tres tranques similares en la misma faena y con la misma condición de peligro por contaminación, se denominará a cada uno de ellos “R1-EPC1”, “R2-EPC1” y “R3-EPC1”, respectivamente.

En otro ejemplo, a continuación se muestra el registro de Escenarios de Peligro por contaminación de una faena abandonada en la que se identificaron tres escenarios, derivados de la presencia de un tranque de relaves (Tabla 4-11). En este caso se advierte que es posible afectar a personas, medio ambiente y actividades económicas debido a la posible movilización de sustancias contaminantes a través de las aguas subterráneas, las aguas superficiales y el aire.

**Tabla 4-11: Ejemplo de registro de Escenarios de Peligro por Contaminación**

TIPO DE INSTALACION, ACOPIO U OBRA	NOMBRE	CODIGO	CODIGO ESTANDAR EPC	DESCRIPCION DEL EPC (según el manual)	CODIGO EPC FAENA	DESCRIPCION DEL EPC (para la faena en evaluación)
Acopio de relaves depositados en torta u otro sistema	Tranque 1	R1	EPC 1	Descarga de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	R1-EPC1	Tranque con acumulación de agua en superficie, sin sistemas de drenaje y con curso de agua superficial en las inmediaciones.
Acopio de relaves depositados en torta u otro sistema	Tranque 1	R1	EPC 2	Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	R1-EPC2	Tranque con acumulación de agua en superficie. En el sector las napas freáticas son sub-superficiales.
Acopio de relaves depositados en torta u otro sistema	Tranque 1	R1	EPC 8	Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.	R1-EPC8	Relave expuesto a la intemperie, rodeado de cultivos y con núcleo de población a menos de 200 m.

A lo largo de este trabajo es posible que el Evaluador identifique algún EPC que no esté contenido en la Tabla 4-10, en cuyo caso deberá añadirlo y describirlo adecuadamente en la FRER. Su descripción debe cumplir el siguiente modelo:

- (1) Indicar el *Efecto negativo* que puede ocurrir.
- (2) Indicar el *Receptor*.
- (3) Indicar el código con un número sucesivo, a partir del 8 (por ejemplo: M1-EPC9).

#### 4.2.2.3 Paso 3: Estimación del Índice de Probabilidad

Para la estimación del **Índice de Probabilidad** (Paso 2) se dispone de un conjunto de guías que permiten determinar en qué categoría se encuentra cada Escenario de Peligro por Contaminación (Anexo B-1). La guía que corresponde a cada EP está indicada en la Tabla 4.10. La asignación de categorías es de tipo cualitativo y las clases del Índice de Probabilidad posibles a asignar son: “Despreciable”, “Bajo”, “Medio” y “Alto”.

Un Índice de Probabilidad “Despreciable” corresponde a aquellos casos en que, o bien la concentración de sustancias peligrosas en componentes de la faena abandonada es



insignificante; o bien no existe posibilidad de que las sustancias químicas nocivas puedan trasladarse por el aire, el agua o el suelo; o bien éstas no alcanzarían más allá que en calidad de trazas hasta los receptores.

El Índice de Probabilidad “Alto” se reserva para aquellos casos en que se presume la existencia de concentraciones elevadas de las Sustancias Químicas de Interés en la faena abandonada, siendo posible la movilización de éstas a través del aire, el suelo o el agua, con distancias hasta los receptores menores y en circunstancias en que la exposición es frecuente.

En los casos en que existe drenaje desde una faena, la evaluación del Índice de Probabilidad requerirá la medición del pH durante la visita terreno, pues ello permite contar con una evidencia de la contaminación potencial y su condición de toxicidad.

En términos generales, valores ácidos de pH están asociados con la presencia de metales pesados disueltos en el agua que presentan efectos tóxicos para la vida acuática y terrestre incluido el hombre. De igual manera, tratándose de pH básicos, la exposición de un receptor puede ser también negativa ya que algunos elementos como el zinc, el arsénico y molibdeno son solubles a estos niveles de pH. Por ello se deben conocer las características químicas del drenaje para compararlas con las normas de emisión vigentes en Chile para descargas a cuerpos de agua superficiales (DS 90/00) y aguas subterráneas (DS 46/02). Se hace presente que estas normas se aplican a las descargas mismas, no a la calidad del medio receptor una vez producida la descarga, para lo cual existen Normas de Calidad para diferentes usos.

Esto requerirá que el Evaluador visite el sitio con los elementos necesarios para muestrear los drenajes de la faena, dependiendo del pH que ellos presentan.

El requerimiento de análisis químico de la descarga se exceptúa únicamente cuando el pH del drenaje es neutro (entre 6,5 y 7,5), y no se evidencian efectos de contaminación.

La aplicación de las guías para el cálculo del Índice de Probabilidad permite estimar los valores de este parámetro para cada uno de los Escenarios de Peligro identificados.

En síntesis, la información que debe ser registrada en la FRER es la siguiente:

- El número de la Guía empleada.
- El valor de IP obtenido mediante la aplicación de la citada Guía al EPC.
- Una breve justificación que apoya la estimación realizada.

=> En la Ficha Facilitadora (Hoja [Cont\\_Paso - 3](#)) se registrará un valor de Probabilidad de Ocurrencia para cada uno de los Escenarios de Peligro por contaminación identificados en la faena. Este valor procede de la aplicación de las Guías contenidas en el Anexo B-1.

A modo de ejemplo, en la Tabla 4-12 se han indicado posibles valores que podría tomar el IP en una faena que presenta Escenarios de Peligro por Contaminación.

**Tabla 4-12: Ejemplo de registro del Índice de Probabilidad de los EPC.**

NOMBRE	DESCRIPCION DEL EPC	CODIGO EPC FAENA	GUIA APLICADA	INDICE DE PROBABILIDAD	JUSTIFICACION
Tranque 1	Descarga de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	R1-EPC1	GUIA 1	MEDIO	El drenaje puede llegar a cauce próximo por gravedad, particularmente en ocasión de lluvias intensas. Se realiza medición de pH y se envía muestra a laboratorio. Aplicando criterios de la Guía 8 resulta valor de probabilidad Medio.
Tranque 1	Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	R1-EPC2	GUIA 2	ALTO	Se realiza medición de pH y se envía muestra a laboratorio. Napa a 5 m de profundidad. Aplicando criterios de la Guía 8 resulta valor de probabilidad Medio.
Tranque 1	Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.	R1-EPC8	GUIA 8	MEDIO	Vegetación nativa y cultivos en el entorno próximo a la faena presentan evidencia de relaves transportados por el viento. Residentes, situados a más de 200 m de distancia no manifiestan molestias.

#### 4.2.2.4 Paso 4: Estimación de la Severidad de las Consecuencias

La Severidad de las Consecuencias se evalúa considerando 7 tipos de receptores posibles, los

que tienen relación con las personas (Salud Pública), el medio ambiente y las actividades económicas (Tabla 4-13):

**Tabla 4-13: Receptores objeto de evaluación de riesgos**

Personas	Medio Ambiente			Actividades Económicas		
1	2	3	4	5	6	7
Salud Pública	Vida Silvestre Terrestre	Vida Acuática	Áreas Protegidas o Sensibles	Agricultura	Ganadería	Acuicultura y pesca

Para cada Escenario de Peligro, la Severidad de las Consecuencias está determinada por la cantidad de receptores presentes dentro del Área de Estudio específica para este Escenario. Estos receptores fueron identificados durante la etapa de definición del Área de Estudio (Capítulo 3), en la cual el Evaluador identificó los receptores (personas, medio ambiente o actividades económicas) que pudieran ser afectados por sustancias contaminantes transportadas desde las instalaciones de la FMA/P, y que pudieran llegar hasta ellos a través de alguna vía de exposición (ingesta, inhalación o contacto dérmico).

La evaluación conduce entonces a disponer de un valor de la Severidad de las Consecuencias para cada posible receptor, y para cada Escenario de Peligro. Los valores que se asignan son también cualitativos, como ocurría en el caso del IP, y comprenden las siguientes categorías:

- Despreciable
- Baja
- Moderada
- Alta
- Catastrófica

Una asignación de “Despreciable” sería la indicada para los casos en que no existen receptores en el área de estudio; o de existir, ellos están presentes en un número muy

reducido (i.e. algún animal disperso, un visitante esporádico que ingresa en el Área de Estudio, un cultivo aislado, etc.). Los Escenarios de Peligro que revisten una severidad mayor, desde la condición de “Baja” hasta alcanzar una magnitud “Catastrófica” han sido establecidos en una escala creciente, dependiendo del número de personas, elementos del medio ambiente o actividades económicas que podrían verse afectadas por la posible contaminación.

Es importante hacer presente que la asignación de la categoría “Catastrófica” se reserva para los receptores “Personas”, mientras que la máxima asignación de Severidad de las Consecuencias en el caso del medio ambiente o las actividades económicas es “Alta”.

Los criterios que se aplican para asignar una magnitud de Severidad de las Consecuencias a los EP por contaminación identificados en una FMA/P se presentan en la Tabla 4-14.

Como resultado de la evaluación de la Severidad de las Consecuencias se obtiene una tabla resumen, que registra los valores para cada uno de los 7 tipos de receptores considerados.

=> En la FRER (Hojas [Cont\\_Paso-4-1](#), [Cont\\_Paso-4-2](#) y [Cont\\_Paso-4-3](#)) se registrará un valor de Severidad de las Consecuencias para cada uno de los Escenarios de Peligro identificados y receptores potencialmente afectados. Este valor se obtiene de la aplicación de los criterios indicados en la Tabla 4-14.

**Tabla 4-14: Severidad de las Consecuencias en la ERS por Contaminación**

		Severidad de las Consecuencias				
		Despreciable	Baja	Moderada	Alta	Catastrófica
PERSONAS	Seguridad Pública	No Aplica				
	Salud Pública. (nº de personas que pueden entrar en contacto con Sust. Químicas)	Ausencia	1 - 9 Personas	10 - 99 Personas	100 - 500 Personas	> 500 Personas
MEDIO AMBIENTE	Vida Acuática (superficie o long. del cuerpo de agua)	Ausencia	< 50 ha para lagos y reservorios de agua ó < 0,5 km para ríos y costa	50 - 100 ha para lagos y reservorios ó 0,5 a 2 km para ríos y costa	> 100 ha para lagos y reservorios de agua ó > 2 km para ríos y costa	No Aplica
	Vida Silvestre Terrestre (área de suelo afectado)	Ausencia	< 10 ha	10 - 100 ha	> 100 ha	No Aplica
	Áreas Protegidas o Sensibles (área)	Ausencia	< 1 ha	1 - 10 ha, o sitios del patrimonio cultural de importancia local	>10 ha o sitios del patrimonio cultural de importancia regional/nacional	No Aplica
ACTIVIDADES ECONÓMICAS	Agricultura ( tamaño operación)	Ausencia	Familiar (< 10 ha)	Local (10 - 100 ha)	Regional (> 100 ha)	No Aplica
	Ganadería (tamaño operación)	Ausencia	Familiar (< 10 ha)	Local (10 - 100 ha)	Regional (> 100 ha)	No Aplica
	Acuicultura y Pesca (tamaño operación)	Ausencia	Familiar	Local	Regional	No Aplica

Como ejemplo, a continuación se presentan los valores de Severidad de las Consecuencias sobre personas de los Escenarios de Peligro por contaminación que pudiera contener una FMA/P (Tabla 4-15).

**Tabla 4-15: Valor de Severidad de las Consecuencias sobre personas**

NOMBRE	DESCRIPCION DEL EPC	CODIGO EPC FAENA	CONSECUENCIA DE SEVERIDAD PERSONAS	JUSTIFICACION
Tranque 1	Descarga de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	R1-EPC1	DESPRECIABLE	Aguas abajo del punto de descarga, dentro del Área de Estudio de este Escenario de Peligro, no existe población que pueda ser afectada.
Tranque 1	Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	R1-EPC2	BAJA	El cuidador, que vive sólo, se abastece de agua de un pozo localizado en las inmediaciones de la faena.
Tranque 1	Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.	R1-EPC8	MODERADA	Las personas que residen en el Caserío localizado dentro del Área de Estudio de este Escenario de Peligro son alrededor de 25.

#### 4.2.2.5 Paso 5: Magnitud del Riesgo

Para determinar la magnitud del riesgo de cada Escenario de Peligro se combina los dos factores involucrados, Probabilidad de Ocurrencia y Severidad de las Consecuencias, en la Matriz de Riesgos. El resultado de la evaluación se vuelca sobre esta matriz, que ya fue presentada en la sección 4.1.2.4 de este Manual con la evaluación de riesgos relacionados con seguridad (Tabla 4-9).

Para realizar esta operación de evaluación de riesgos se aplica la misma metodología que ya fue expuesta (ver Figura 4-2), esto es:

- (1) Para un Escenario de Peligro determinado, se verifica el Índice de Probabilidad asignado y se localiza este valor en la correspondiente fila en la Matriz de Riesgos.
- (2) Para el mismo Escenario de Peligro se verifica la Severidad de las Consecuencias que se asignara para un receptor, y se localiza la correspondiente columna en la Matriz de Riesgos.

- (3) La fila y la columna seleccionadas determinan una magnitud del riesgo del Escenario de Peligro sobre ese receptor, debiendo registrarse el riesgo escribiendo el nombre del Escenario de Peligro respectivo y el receptor (por ejemplo, R1-EPC1 -pe) en la celda seleccionada.
- (4) Los riesgos asociados a cada Escenario de Peligro por contaminación quedarán evaluados luego de ubicar en la matriz la evaluación sobre cada uno de los receptores que se han identificado.
- (5) La operación anterior debe repetirse para todos los Escenarios de Peligro por Contaminación identificados para la faena en evaluación.

La codificación de los Escenarios de Peligro en el caso de la contaminación, de cara a su incorporación en la matriz, se rige por los mismos criterios que fueron aplicados en el caso de la seguridad, es decir, éstos se incorporan en la tabla con la codificación empleada (i.e M1-EPC3) y un sufijo que permite identificar al receptor que puede ser afectado (personas, medio ambiente o actividades económicas).

Los sufijos a emplear serán los mismos indicados para el caso de la evaluación de la seguridad (sección 4.1.2.3), esto es: “**pe**” en el caso de que los receptores sean personas; en el medio ambiente, “**vt**”, “**va**”, o “**ap**”, según afecten a la Vida Silvestre Terrestre, la Vida Acuática o las “Áreas Protegidas o Sensibles”, respectivamente; y para las actividades económicas se empleará “**ag**”, “**ga**” y “**ac**”, para referirse a la Agricultura, Ganadería y Acuicultura y Pesca.

#### *4.2.3 Resultado de la Evaluación de Riesgos por Contaminación*

Completada la evaluación de riesgos de cada uno de los Escenarios de Peligro identificados en una FMA/P, la Evaluación de Riesgos Simplificada por contaminación finaliza con la Matriz de Riesgos de la FMA/P por contaminación, que es la tabla en la que cada EPC está

codificado y localizado en la celda que le corresponde, en función de sus magnitudes de Probabilidad de Ocurrencia y Severidad de las Consecuencias.

A modo de ejemplo, a continuación se presenta la Matriz de Riesgos por contaminación de una FMA/P donde hubieran sido descritos 3 Escenarios de Peligro por contaminación (Tabla 4-16). Se indican sus efectos sobre los receptores, en este caso personas, a través del sufijo “pe”. En este registro de riesgos, cada uno de ellos ocupa la posición que le corresponde en base a los valores de probabilidad y severidad que demostraron durante la evaluación.

**Tabla 4-16: Ejemplo de registro de riesgos por contaminación**

INDICE PROBABILIDAD	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
	Despreciable	Baja	Moderada	Alta	Catastrófica
<b>Alto</b>		R1-EPC2-pe			
<b>Medio</b>	R1-EPC1-pe		R1-EPC8-pe		
<b>Bajo</b>					
<b>Despreciable</b>					

### 4.3 Resumen de la Evaluación de Riesgos de la FMA/P

Una vez que se ha completado la Evaluación de Riesgos Simplificada relacionada con la seguridad (Capítulo 4.1) y con la contaminación (Capítulo 4.2), se dispone de las respectivas Matrices de Riesgo de la FMA/P (Tablas 4-9 y 4-16). Ambas tablas pueden integrarse en una sola que contenga todos los riesgos que presenta la FMA/P objeto de evaluación (Tabla 4-17).



**Tabla 4-17: Ejemplo de registro de riesgos por seguridad y contaminación de una FMA/P**

INDICE PROBABILIDAD	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
	Despreciable	Baja	Moderada	Alta	Catastrófica
Alto		R1-EPC2-pe			
Medio	R1-EPC1-pe		R1-EPC8-pe		
Bajo	M1-EPS13-vt	M1-EPS2-vt		M1-EPS2-pe M1-EPS13-pe	
Despreciable	M2-EPS10-vt	M2-EPS10-pe			

Esta tabla reúne de un modo claro y sintético el tipo de riesgos que presenta la FMA/P, indicando cuál es la magnitud asociada a cada uno de ellos, si tienen relación con la seguridad o con contaminación y cuáles son los receptores que pueden ser afectados.

=> En la FRER (Hoja [Matriz](#)) se escribirán sobre la Matriz de Riesgos los riesgos que presenta la faena por contaminación, situando en las celdas que correspondan los códigos de los Escenarios de Peligro evaluados. Esta hoja es única, de manera que en ella se escriben los riesgos por seguridad y por contaminación.

#### 4.4 Evaluación de Riesgos por Efectos Acumulativos

##### 4.4.1 Necesidad de una Evaluación de Riesgos Acumulativos

Una vez realizada la Evaluación de Riesgos de la FMA/P, se deberá revisar si, debido a la presencia de dos o más faenas próximas, existen efectos acumulativos que pueden afectar la evaluación de los riesgos ya realizada en cada una de ellas (Figura 2-2).

En estos casos el efecto acumulativo, producto de la cercanía de las faenas, podría representar un riesgo mayor que aquél evaluado individualmente para cada faena, llevando

eventualmente a que dos faenas que carecían de riesgos significativos, evaluadas en su conjunto puedan tener uno o más riesgos significativos y por lo tanto sean ambas faenas en conjunto clasificadas como PAM. Lo anterior es debido a que la presencia de dos o más faenas próximas puede generar un aumento en la Probabilidad de Ocurrencia de un Escenario de Peligro, y eventualmente también podrían aumentar los receptores afectados y la Severidad de las Consecuencias sobre ellos.

Los riesgos que deben ser revisados por posibles efectos acumulativos corresponden únicamente a aquellos Escenarios de Peligro que pueden verse afectados producto de la presencia de dos o más faenas próximas. Es por ello que el Evaluador deberá revisar todos los Escenarios de Peligro identificados para las FMA/P involucradas en la evaluación por efectos acumulativos, tanto los asociados a Seguridad como por Contaminación.

Para determinar la necesidad de realizar una Evaluación de Riesgos por Efectos Acumulativos (ERA) se debe:

- Identificar si el Área de Estudio de la FMA/P objeto de evaluación se superpone con Áreas de Estudio de otras FMA/P. Si no se cumple con esta condición de superposición entre dos o más Áreas de Estudio de diferentes faenas no será necesaria la Evaluación de Riesgos Acumulativos. Si, por el contrario, se cumple esta condición de traslape se procede entonces a realizar esta evaluación.
- Revisar si alguno de los Escenarios de Peligro de las faenas puede ser afectado por la ocurrencia de Escenarios de Peligro pertenecientes a la (s) otra (s) faena (s).
- Revisar el Área de Estudio para definir, si procede, una nueva Área de Estudio que contemple la combinación de Escenarios de Peligro.
- Revisar la evaluación realizada en cada FMA/P (Probabilidad de Ocurrencia y Severidad de las Consecuencias), teniendo en consideración la manera en que una faena pueda afectar a la otra.

Por ejemplo, en el caso de evaluaciones de riesgo por seguridad, si se determina que dos tranques de relave distintos, correspondientes a dos FMA/P diferentes, pueden afectarse entre sí pues están situados en una misma cuenca hidrográfica y a una distancia tal que el colapso de uno de ellos pudiera alcanzar al segundo, entonces se requiere realizar una ERA. Para ello se revisará la Probabilidad de Ocurrencia de falla en este último tomando en consideración al primero y, adicionalmente, se revisará si se producen cambios en la cantidad de receptores que puedan ser afectados por la falla combinada de ambos, ampliando la Severidad de las Consecuencias si ello fuera necesario.

Una vez revisadas las evaluaciones de Probabilidad de Ocurrencia y Severidad de las Consecuencias, se confirmará o modificará el riesgo registrado para cada FMA/P.

Tratándose de Evaluaciones de Riesgo por Contaminación se evaluará si existen condiciones tales que hagan que Escenarios de Peligro de faenas diferentes puedan afectar combinadamente a los receptores presentes en las áreas con solape. Por ejemplo, en el caso de que el viento arrastre material particulado desde dos o más faenas próximas, se revisarán las componentes del riesgo a fin de ajustarlo como corresponda a la situación de efectos acumulativos.

Para efectos de simplificar el proceso, la ERA se realiza una vez que las faenas ya hayan sido evaluadas individualmente.

=> En la FRER ([Hojas ERA-1](#) a [ERA-4](#)) se registrarán los antecedentes relacionados con la Evaluación de Riesgos Acumulada, si ésta fuera pertinente.

## 4.5 Necesidad de realizar una Evaluación de Riesgos Detallada (ERD)

### 4.5.1 Aspectos Generales

Una vez que ha concluido la Evaluación de Riesgos Simplificada (ERS) de todos los Escenarios de Peligro asociados a una FMA/P, el Evaluador deberá determinar la necesidad de realizar una Evaluación de Riesgos Detallada (ERD) en función de la claridad que exista en la definición de la faena como PAM o no PAM.

El Evaluador deberá coordinar la realización de una ERD en aquellos casos en que:

- En una faena que **no presentó riesgos significativos**, el Evaluador considere que alguno de los mayores riesgos encontrados podría estar subestimado, no existiendo seguridad respecto a la evaluación realizada. En este contexto de incertidumbre se corre el riesgo de que una FMA/P no sea declarada como PAM cuando sí le correspondía esta condición. La ERD permitirá resolver la inseguridad de la evaluación y asignar a los riesgos la magnitud correcta.
- En una faena que **presentó riesgos significativos**, el Evaluador considere que todos los riesgos significativos encontrados podrían estar sobre-estimados, no existiendo en ellos seguridad respecto a la evaluación realizada. Este error en la evaluación conduciría a la calificación de una FMA/P como PAM, lo que conlleva posibles inversiones en remediación a futuro que, en realidad, no hubieran sido necesarias. La ERD permite entonces tener seguridad respecto a la magnitud real de los riesgos que fueron catalogados inicialmente como significativos.

El Evaluador debe hacer un riguroso esfuerzo a lo largo de su trabajo por minimizar la incertidumbre en la ERS de todos los Escenarios de Peligro, para lo cual debe hacer una recopilación exhaustiva de toda la información disponible y hacer un buen levantamiento de la información de terreno solicitada para la ERS. Es aconsejable que el Evaluador pida apoyo a otros profesionales del SERNAGEOMIN en las especialidades en las que el

Evaluador no siente la confianza de su evaluación. De igual manera pueden existir casos en que la incertidumbre se relaciona con una medición de terreno que no es muy costosa, en cuyo caso el Evaluador debe procurar levantar esta información de modo de evitar la ERD.

#### 4.5.2 *Proceso para determinar la necesidad de realizar una ERD*

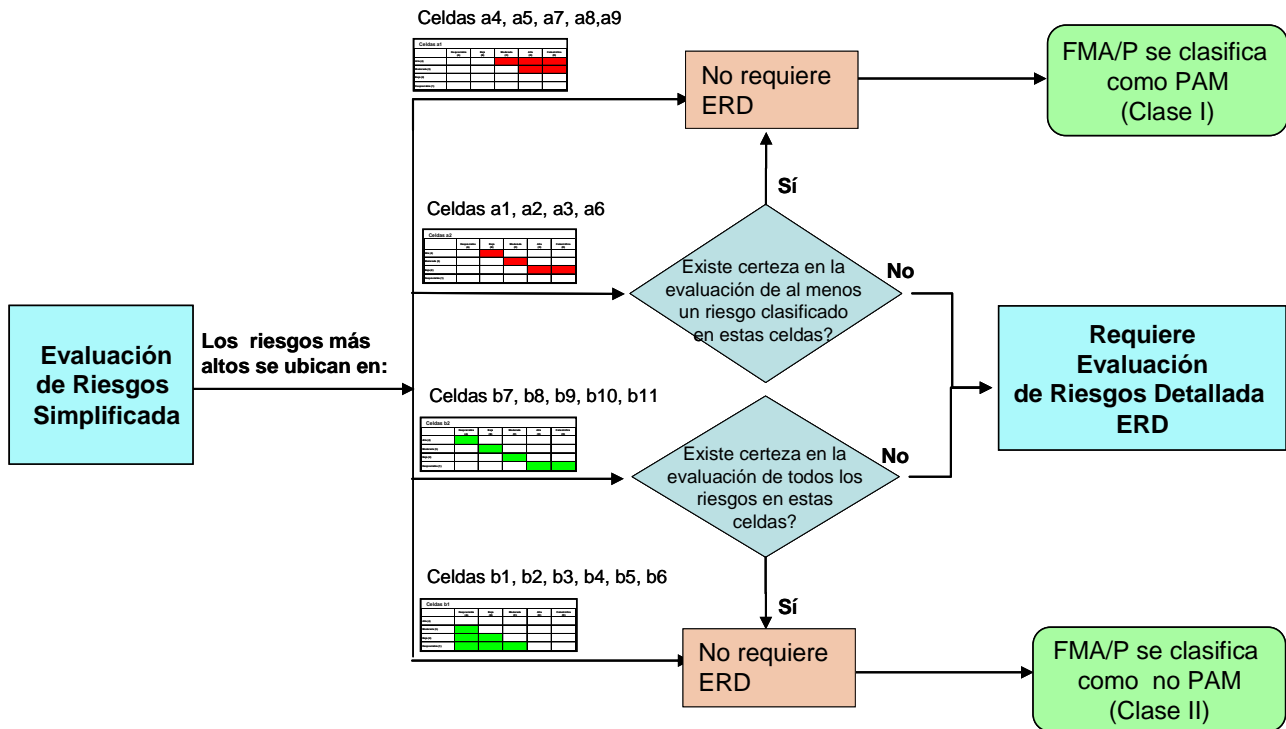
El proceso para determinar la necesidad de hacer una ERD comienza con la Matriz de Riesgos de la FMA/P, la que reúne los resultados de la ERS por seguridad y por contaminación (Tabla 4-17). En ella estarán localizados los Escenarios de Peligro en función del riesgo que éstos presentan. Cada una de las celdas de esta tabla tiene asignado un código alfanumérico, según se vio en el Capítulo 2 (Tabla 4-18).

**Tabla 4-18: Códigos de identificación de las celdas en la Matriz de Riesgos**

	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
PROBABILIDAD	Despreciable (A)	Baja (B)	Moderada (C)	Alta (D)	Catastrófica (E)
Alto (4)	b 7	a1	a4	a7	a9
Medio (3)	b4	b8	a2	a5	a8
Bajo (2)	b2	b5	b9	a3	a6
Despreciable (1)	b1	b3	b6	b10	b11

Los riesgos significativos corresponden a los de mayor magnitud y se muestran de color rojo en la matriz. Por otra parte, los riesgos no significativos corresponden a los de menor magnitud, y se muestran de color verde en la matriz (Tabla 4-18). En este nivel del proceso cobra importancia la ubicación de los riesgos dentro de la Matriz de Riesgos, pues dependiendo de la posiciones, se determinará la necesidad de realizar una Evaluación de Riesgos Detallada (ERD); o, por el contrario, se podrá concluir que la ERS realizada fue suficiente para declarar que una faena como PAM o no PAM. Para tales efectos se debe emplear la Figura 4-5, que muestra el camino a seguir para llegar a cada conclusión. En particular, el proceso consiste en la revisión de la Matriz de Riesgos de la FMA/P, revisando los riesgos de mayor a menor magnitud, tal y como se indica a continuación.

Figura 4-5: Proceso de Clasificación de la FMA/P en función de sus riesgos



- En la Matriz de Riesgos de la FMA/P se debe observar si el riesgo de mayor magnitud se sitúa en las celdas **a4, a5, a7, a8 ó a9** (riesgos significativos). En este caso la FMA/P se califica como PAM, y por lo tanto no es necesaria la realización de una ERD.
- Por el contrario, si en la Matriz de Riesgos de la FMA/P se observa que el riesgo de mayor magnitud está localizado en las celdas **b1, b2, b3, b4, b5 ó b6** (no significativos), la FMA/P se califica como no PAM, y por lo tanto no es necesaria la realización de una ERD.
- En caso en que los riesgos de mayor magnitud se ubiquen en las celdas **a1, a2, a3 ó a6**, el Evaluador debe analizar si la evaluación se desarrolló con un nivel de incertidumbre bajo, para al menos uno de los riesgos localizados en estas celdas.

- ⇒ Si hay certeza suficiente en la evaluación de al menos uno de estos riesgos, es decir, que se confía en que uno de los riesgos es efectivamente significativo, la FMA/P será calificada como PAM. La ERS concluye en este punto y no procede realizar una ERD.
  
- ⇒ En caso contrario, es decir, cuando todos los riesgos localizados en estas celdas manifiestan incertidumbre, entonces es necesario realizar una ERD para evaluar uno a uno estos riesgos (Capítulo 5.1 ó 5.2). Uno a uno, se procederá a realizar la ERD de los riesgos que ocupaban estas posiciones en la matriz. En la medida en que uno de ellos sea confirmado en su condición de ser riesgo significativo, se resuelve la incertidumbre y la FMA/P será calificada como PAM no siendo necesario completar la ERD para los riesgos que aún no hayan sido evaluados.
  
- Finalmente, si los riesgos de mayor magnitud de la Matriz de Riesgos de la FMA/P se ubican en las celdas **b7, b8, b9, b10 ó b11**, ello significa que la faena sólo muestra riesgos no significativos, pero en estos casos es necesario analizar el grado de incerteza que tuvo el proceso para no incurrir en un error. Por lo tanto se requiere responder sobre el nivel de certeza de todos los riesgos que estén situados en celdas b7 a b11.
  - ⇒ Si a juicio del Evaluador todos los riesgos muestran un grado de incerteza menor en la evaluación, entonces la FMA/P se califica como no PAM.
  
  - ⇒ Por el contrario, si alguno de los riesgos situados en celdas b7 a b11 presenta un nivel de incertidumbre mayor, entonces procede realizar la ERD (Capítulos 5.1 ó 5.2). La ERD se irá aplicando de uno en uno a estos riesgos. En la medida en que alguno de ellos resultara ser un riesgo significativo (sector rojo de la matriz), se resuelve la incertidumbre y la FMA/P será calificada como PAM. Si, por el contrario, evaluados todos estos riesgos, ninguno de ellos termina siendo catalogado como significativo, entonces la FMA/P será

### calificada como no PAM

En resumen, aplicando esta revisión (Figura 4-5) se podrá determinar la necesidad de realizar una ERD (Capítulos 5.1. ó 5.2), o bien proceder directamente a registrar el resultado final de la evaluación de riesgos de la faena calificándola como PAM o no PAM, para posteriormente pasar a la priorización global (Capítulo 6).

- => En la FRER (Hoja [Clasificación](#)) el Evaluador registrará el análisis llevado a cabo para determinar si alguno de los riesgos evaluados requiere o no ser objeto de una evaluación detallada (Figura 4-5). En las celdas respectivas podrá exponer las justificaciones que correspondan y subrayar el resultado alcanzado. Si la respuesta es positiva, es decir, si es precisa la ERD, la FRER dispone entonces de una hoja anexa (Hoja [Apéndice 1\\_ERD](#)) para identificar cuáles son los Escenarios de Peligro que ameritan ser objeto de una evaluación detallada, sus objetivos y alcances.



**CAPITULO 5**  
**EVALUACION DE RIESGOS DETALLADA**



## CAPITULO 5

### EVALUACION DE RIESGOS DETALLADA

#### INDICE

<b>5.1</b>	<b>Evaluación de Riesgos Detallada por Seguridad .....</b>	<b>5-1</b>
<b>5.1.1</b>	<b><i>Aspectos Generales.....</i></b>	<b>5-1</b>
<b>5.1.2</b>	<b><i>Estudio de Subsistencia .....</i></b>	<b>5-4</b>
5.1.2.1	Investigaciones de terreno .....	5-5
5.1.2.2	Análisis de Laboratorio .....	5-6
5.1.2.3	Análisis y Modelación.....	5-6
5.1.2.4	Contenido de los Informes .....	5-8
5.1.2.5	Referencias Bibliográficas .....	5-8
<b>5.1.3</b>	<b><i>Evaluación de la estabilidad de taludes.....</i></b>	<b>5-8</b>
5.1.3.1	Estudio de la estabilidad de taludes en su condición actual .....	5-10
5.1.3.2	Consideraciones sobre la estabilidad frente a sismo .....	5-20
5.1.3.3	Consideraciones relacionadas con el nivel freático.....	5-21
5.1.3.4	Contenido de los informes de evaluación de la estabilidad .....	5-22
5.1.3.5	Referencias y programas disponibles para el análisis de la estabilidad de taludes.....	5-24
<b>5.1.4</b>	<b><i>Tranques y embalses .....</i></b>	<b>5-25</b>
5.1.4.1	Desarrollo de las investigaciones de tranques y embalses en terreno .....	5-26
5.1.4.2	Ensayos de laboratorio para el estudio de tranques y embalses .....	5-27
5.1.4.3	Análisis y modelación de los tranques y embalses .....	5-27
5.1.4.4	Contenido de los informes de ERD en caso de tranques y embalses .....	5-30
5.1.4.5	Referencias bibliográficas relacionadas con tranques y embalses de relaves .....	5-31
<b>5.2</b>	<b>Evaluación de Riesgos Detallada por Contaminación.....</b>	<b>5-34</b>
<b>5.2.1</b>	<b><i>Introducción .....</i></b>	<b>5-34</b>
<b>5.2.2</b>	<b><i>Proceso de ERD relacionada a contaminación.....</i></b>	<b>5-36</b>
<b>5.2.3</b>	<b><i>Formulación del Problema – PASO 1.....</i></b>	<b>5-38</b>
5.2.3.1	Evaluación de las Fuentes de Contaminación .....	5-39
5.2.3.2	Identificación Preliminar de las Sustancias Químicas de Interés Potencial .....	5-41
5.2.3.3	Identificación Preliminar de los Receptores y Vías de Exposición .....	5-42
5.2.3.4	Elaboración del Modelo Conceptual .....	5-43
5.2.3.5	Requerimientos de Estudios o Muestreo Adicional .....	5-44

<b>5.2.4</b>	<b><i>Recolección de Información Complementaria - PASO 2</i></b> .....	<b>5-44</b>
5.2.4.1	Visita a la FMA/P .....	5-44
5.2.4.2	Recolección y Análisis de Muestras Complementarias .....	5-48
<b>5.2.5</b>	<b><i>Confirmación de las Sustancias Químicas de Interés Potencial - PASO 3</i></b> .....	<b>5-64</b>
<b>5.2.6</b>	<b><i>Análisis de Riesgo - PASO 4</i></b> .....	<b>5-67</b>
5.2.6.1	Análisis de Riesgo para Salud Humana .....	5-69
5.2.6.2	Análisis de Riesgo Ecológico .....	5-91
<b>5.2.7</b>	<b><i>Reevaluación del Índice de Probabilidad y Severidad de las Consecuencia - PASO 5</i></b> .....	<b>5-108</b>
<b>5.2.8</b>	<b><i>Revisión de informes de Evaluación de Riesgos Detallada</i></b> .....	<b>5-111</b>

## **TABLAS**

Tabla 5-1: Escenarios de Peligro por seguridad para los que se presenta una ERD .....	5-2
Tabla 5-2: Investigación de terreno para estudio de estabilidad de taludes. ....	5-12
Tabla 5-3: Fuentes de Contaminación y Medios Susceptibles de Contaminación .....	5-40
Tabla 5-4: Tipos de Minería/ Proceso y Principales Sustancias Químicas de Interés .....	5-41
Tabla 5-5: Plan de Muestreo de los Diferentes Medios Susceptibles de Contaminación ..	5-49
Tabla 5-6: Análisis Químicos Recomendados para las Diferentes Instalaciones y Fuentes de Contaminación .....	5-58
Tabla 5-7: Estándares de Calidad de Referencia para la Confirmación de las Sustancias Químicas de Interés Potencial <sup>(1)</sup> .....	5-66
Tabla 5-8: Tipos de Análisis de Riesgo según Receptor .....	5-68
Tabla 5-9: Características Físicas de los receptores recomendadas para el cálculo de exposición .....	5-73
Tabla 5-10: Vías de Exposición a Considerar para la Evaluación de la Exposición .....	5-75
Tabla 5-11: Frecuencia y Duración de la Exposición .....	5-75
Tabla 5-12: Índice de Probabilidad de Acuerdo al Valor del Riesgo .....	5-87
Tabla 5-13: Evaluación de Riesgo Ecológico. Posibles vías de exposición según medio susceptible de contaminación .....	5-94

Tabla 5-14: Índice de Probabilidad en relación al valor de riesgo ecológico obtenido como Cuociente de Peligro (HQ).....	5-106
Tabla 5-15: Severidad de las Consecuencias en la ERD por Contaminación.....	5-109
Tabla 5-16: Índice de Probabilidad en la ERD por Contaminación.....	5-110

## **FIGURAS**

Figura 5-1: Delimitación del área con peligro de subsidencia en labores mineras subterráneas con menos de 30 de pendiente.....	5-7
Figura 5-2: Diagrama general Evaluación de Riesgos Detallada por Contaminación.....	5-35
Figura 5-3: Pasos de la Evaluación de Riesgos Detallada .....	5-37
Figura 5-4: Comparación de UCL y el 95 Percentil.....	5-59

## **5. EVALUACION DE RIESGOS DETALLADA**

### **5.1 Evaluación de Riesgos Detallada por Seguridad**

#### *5.1.1 Aspectos Generales*

La Evaluación de Riesgos Detallada (ERD), asociada a seguridad, está enfocada a determinar de acuerdo con el estado del arte, la probabilidad y consecuencias de falla de las distintas obras e instalaciones presentes en una FMA/P.

Para evaluar en mayor detalle los riesgos asociados a seguridad de instalaciones, obras y acopios son necesarios estudios especializados que requieren ser realizados por especialistas en el tema. El material que se entrega en esta sección es de apoyo a los profesionales del SERNAGEOMIN, para que puedan especificar el tipo de estudios requeridos en cada caso y actúen como contrapartes en la revisión y aprobación de los informes que entreguen los especialistas.

Es importante tener presente que no es posible hacer una ERD para todos los riesgos asociados a la seguridad de las obras. Tal es el caso de los accidentes de personas por caídas en piques o labores abiertas, que no pueden ser evaluados mas allá de lo realizado en la evaluación simplificada. La Tabla 5-1 muestra cuales riesgos pueden ser evaluados de un modo detallado y para cuáles esto no es posible. En el primer caso se indica cuál es la sección que describe la ERD.

Hay tres clases de estudios geotécnicos en que procede realizar una ERD, éstos son: estudios de subsidencia (sección 5.1.2), de estabilidad de taludes (sección 5.1.3) y de seguridad de los tranques y embalses (sección 5.1.4). Cabe señalar que los últimos suelen incluir, típicamente, elementos de estabilidad de taludes, como también otros aspectos más específicos.

En la Tabla 5-1 se indica los Escenarios de Peligro para los cuales se presenta una ERD y aquellos que deben evaluarse a través de la ERS. La ERD se presenta por obra o instalación, abordando para cada una los Escenarios de Peligro correspondientes.

**Tabla 5-1: Escenarios de Peligro por seguridad para los que se presenta una ERD**

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenarios de Peligro relacionado con la seguridad	Guía estimación de IP
MINA	Mina Subterránea	EPS 1	Subsidencia que podría provocar agrietamientos mayores que afecten personas, medio ambiente o actividades económicas que se desarrollan en la superficie.	Sí – evaluación de la subsidencia (5.1.1)
		EPS 3	Asfixia de personas que ingresen a la mina	No – ERS es suficiente
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
	Mina superficial (rajo abierto)	EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	No – ERS es suficiente
		EPS 2	Colapso del rajo o labor superficial que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sí – evaluación de la estabilidad (5.1.2)
		EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	No – ERS es suficiente
PLANTAS	Plantas de Procesamiento	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
		EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	No – ERS es suficiente
		EPS 14	Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	No – ERS es suficiente
RESIDUOS MINEROS MASIVOS	Tranques de Relave	EPS 5	Liberación violenta de relaves depositados en tranques que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.	Sí – evaluación del tranque o embalse (5.1.3)
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
	Embalses de Relave	EPS 6	Liberación violenta de relaves depositados en embalses que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.	Sí – evaluación del tranque o embalse (5.1.3)
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
	Acopios de relaves depositados en torta u otro sistema	EPS 7	Falla del talud de relaves depositados en torta u otro sistema de acopio que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sí – evaluación de la estabilidad (5.1.2)
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenarios de Peligro relacionado con la seguridad	Guía estimación de IP
RESIDUOS MINEROS MASIVOS	Botaderos de rípios de lixiviación	EPS 8	Falla del talud de pilas de rípios de lixiviación que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sí – evaluación de la estabilidad (5.1.2)
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
	Botaderos de desmonte, estéril, minerales de baja ley	EPS 9	Falla del talud de botaderos de desmontes, estériles o minerales de baja ley que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sí – evaluación de la estabilidad (5.1.2)
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
	Botadero de escorias	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	No – ERS es suficiente
RESIDUOS MINEROS NO MASIVOS E INDUSTRIALES	Acopios de Residuos Industriales	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
		EPS 14	Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	No – ERS es suficiente
	Acopio de Residuos Mineros No Masivos	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
		EPS 14	Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	No – ERS es suficiente
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	No – ERS es suficiente
INFRAESTRUCTURAS ANEXAS	Polvorines	EPS 10	Explosión que puede afectar personas.	No – ERS es suficiente
	Oficinas Campamentos	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
		EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	No – ERS es suficiente
	Talleres, Bodegas	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
		EPS 14	Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	No – ERS es suficiente
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	No – ERS es suficiente



Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenarios de Peligro relacionado con la seguridad	Guía estimación de IP
INFRAESTRUCTURAS ANEXAS	Redes y estanques de agua	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
		EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	No – ERS es suficiente
	Tendidos y subestaciones eléctricas	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	No – ERS es suficiente
	Caminos y puentes	EPS 11	Accidentes de vehículos por caminos o infraestructura en mal estado (puentes).	No – ERS es suficiente
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	No – ERS es suficiente

### 5.1.2 Estudio de Subsistencia

Un evento de subsidencia es el hundimiento de la superficie del terreno, producto de la inestabilidad generada por el laboreo subterráneo que tuvo lugar relativamente cerca de la superficie del terreno. A los efectos de este manual se evaluarán los riesgos por subsidencia sólo en aquellas faenas que han sido abandonadas y que pueden presentar o presentan en la actualidad una dinámica de hundimiento de la superficie del terreno “**no deseada o no esperada**”. Quedan fuera de los alcances de esta evaluación de riesgos aquellas faenas cuyas operaciones mineras fueron proyectadas para que efectivamente ocurriese este fenómeno, por lo que la subsidencia que pueda presentarse en la actualidad forma parte del proceso normal de explotación.

La evaluación de subsidencia “no deseada o no esperada” en minas abandonadas es un tema complejo, que en general requerirá de diversos y costosos estudios para determinar en forma detallada su Probabilidad de Ocurrencia, ya sea por terremotos, ingreso de agua o por la inestabilidad de las estructuras de roca y fortificación.

Esta probabilidad de colapsar está relacionada con el espesor del puente de roca que queda por sobre la labor subterránea hasta el terreno, la calidad o resistencia de la roca en dicho sector y la calidad y estado de las fortificaciones si la hubieren.

El Evaluador debe considerar, al igual que en todos los casos, que junto con minimizar la probabilidad de subsidencia, se puede eliminar la presencia de receptores en la superficie de terreno sujeta a colapso, y así reducir la magnitud del riesgo, sin necesidad de invertir en estudios y/o en obras de estabilización. Qué solución o combinación de ellas se puede tomar en cada caso, depende de los costos tanto de estudiar y analizar los riesgos en detalle, como el costo de implementar una medida de remediación.

#### 5.1.2.1 Investigaciones de terreno

Para predecir subsidencia en una labor minera es muy importante realizar una investigación en terreno. Como mínimo, los trabajos requieren la caracterización de la extensión de la mina y del material existente entre la labor minera subterránea y la superficie.

Las investigaciones de terreno para determinar probabilidad de subsidencia considerarán principalmente:

- Identificación de grietas en superficie, descartando aquellas cuyo origen sean debidas a la escorrentía.
- Reconocimiento al interior de las faenas, para determinar la existencia y calidad de fortificaciones, evidencias de fracturación de la roca y desprendimientos de bloques, ingreso de agua por grietas, estimación de la profundidad de la obra subterránea para evaluar el puente de roca (habitualmente un puente de roca seguro debería ser mayor que 3 veces la altura de la cavidad), distancia entre pilares y, en consecuencia, envergadura abierta de las cavidades, etc.
- Estimación de la calidad geotécnica del macizo rocoso, de acuerdo al Sistema Índice “Q” o Clasificación estandarizada tipo N.G.I., Clasificación de Laubscher, Clasificación Bieniawski.

- Perfiles transversales topográficos que incluyan las excavaciones y la superficie del terreno.
- Cálculos geomecánicos para verificar la estabilidad de las excavaciones.

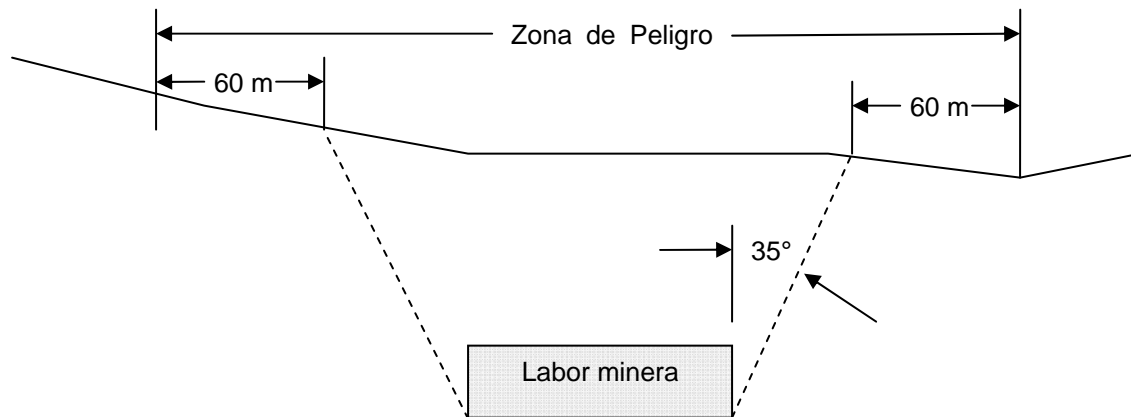
#### 5.1.2.2 Análisis de Laboratorio

La cantidad de análisis de laboratorio que puedan ser necesarios varía dependiendo con la cantidad de datos que están disponibles para el sitio en consideración, particularmente aquellos relacionados con las capas del terreno y con el basamento rocoso que exista por encima o por debajo de las faenas mineras. El análisis puede incluir la evaluación de parámetros relacionados con la cohesión del suelo y de la roca presente en las áreas de las faenas.

#### 5.1.2.3 Análisis y Modelación

Las evaluaciones más simples de la subsidencia de minas están basadas en reglas geométricas simples que han sido desarrolladas empíricamente basadas en experiencias históricas, como las presentadas por Amuedo y Ivey, 1978. Estas reglas están basadas en la observación de que el área afectada por subsidencia es típicamente más grande que el área que ha sido excavada. La aplicación de estas reglas se usa para elaborar mapas de la superficie del terreno con riesgo de subsidencia. Una evaluación así requiere el mapeo de las zonas que fueron intervenidas por laboreo minero. Para zonas relativamente planas (menos de 30° de pendiente), la zona de peligro puede obtenerse proyectando un ángulo de 35° desde el nivel más bajo de la extracción. Al límite obtenido se suele añadir un cordón adicional de 60 m por razones de seguridad (Figura 5-1). Un procedimiento similar se aplica en faenas mineras con mayor pendiente.

**Figura 5-1: Delimitación del área con peligro de subsidencia en labores mineras subterráneas con menos de 30 de pendiente**



Profesionales especializados pueden realizar evaluaciones más sofisticadas de la probabilidad de subsidencia de una faena subterránea. Éstas se basan en evidencias directas de agrietamiento del terreno superficial; en mediciones de la calidad geomecánica del macizo rocoso; en la estimación de la altura del puente de roca, la calidad de las fortificaciones; y eventualmente, consideran el nivel de fragmentación de la roca.

La geología local necesita ser evaluada cuidadosamente. Fallas o líneas de fractura situadas en la roca sobre la mina pueden crear zonas de debilidad en las cuales pueden producirse efectos de subsidencia. Dependiendo de la orientación de estas zonas de fractura, ellas pueden causar la extensión de las zonas de subsidencia ampliando los límites más allá de lo esperado.

Un factor crucial que debe ser considerado dentro de una ERD de subsidencia es la circulación del agua en la faena. Los flujos o acumulaciones de agua con fluctuación de niveles pueden erosionar las bases subterráneas de la mina. Por otro lado, la inundación de la mina con agua puede ser benéfica para reducir la subsidencia, al proporcionar un medio que evita la oxidación de los minerales que forman parte de las estructuras resistentes.

La evaluación de la probabilidad de subsidencia por parte del especialista dependerá del método de explotación usado. En la pequeña minería metálica y del carbón, por lo general, no son técnicamente definidos, mientras que en la mediana y gran minería en Chile corresponden a métodos de gran productividad, como son el Block Caving, Panel Caving, Sublevel Caving, Sublevel Stopping, Room and Pillar y Cut and Fill.

#### 5.1.2.4 Contenido de los Informes

Los informes sobre subsidencia deben incluir una descripción de los límites estimados y máximos posibles para la zona que podría ser afectada por este fenómeno, contemplando tanto el área como la profundidad de la subsidencia. También debe incluirse una discusión sobre los mecanismos que la provocarían. Los datos reunidos durante las investigaciones de terreno y los análisis de laboratorio deben ser presentados y discutidos.

La documentación de la subsidencia debe también incluir referencias a medidas de control disponibles, incluyendo aquellas que permitan prevenir estos efectos o que induzcan intencional y controladamente la aparición de subsidencia a fin de prevenir fenómenos que a futuro pudieran producirse sin control.

#### 5.1.2.5 Referencias Bibliográficas

Coal and Clay Mine Hazard Study and Estimated Unmined Coal Resources, Jefferson County, Colorado (1978) Amuedo and Ivey.

Subsidence – Occurrence, Prediction and Control. Developments in Geotechnical Engineering 56. (1989) Whittaker B.N., Reddish D.J.

#### *5.1.3 Evaluación de la estabilidad de taludes*

La evaluación de la estabilidad de taludes aplica a los siguientes casos:

- Botadero de relaves depositados en torta u otro sistema sin tranque o embalse.
- Botaderos de rípios de lixiviación.
- Botaderos de desmonte, estéril o minerales de baja ley.
- Rajos abiertos (colapso del rajo).

La estabilidad de un talud se estudia inicialmente considerando las condiciones estáticas que este presenta en la actualidad. Para ello se realizan:

- Investigaciones de terreno.
- Ensayos de laboratorio.
- Análisis numérico y modelación de datos con la información reunida, aplicando diferentes métodos, los que reproducen las condiciones geométricas, características de los materiales y solicitaciones a las que se ve sometido.

Una vez que se conoce la estabilidad del talud en su condición actual, se puede evaluar cómo sería su comportamiento en dos nuevos escenarios: cuando el talud es sometido a un sismo y cuando se produce un aumento del nivel freático (producto de lluvias torrenciales u otras cuando los sistemas de drenaje no existen o se encuentran en mal estado). Tanto en el caso de sismo como en el caso del aumento del nivel freático se pueden volver a aplicar los mismos métodos y modelos matemáticos que se emplearon originalmente, de manera de poder comparar los resultados en cada escenario.

La evaluación de la estabilidad de los ríajos abiertos es generalmente más difícil. En estos casos suelen ser necesarios estudios geológico-geotécnicos que permitan definir los sistemas de fracturas y fallas que presenta el macizo de roca a fin de poder realizar el análisis de la estabilidad. Estos trabajos requieren del desarrollo de modelos numéricos sofisticados cuyo costo puede alcanzar a cientos de miles de dólares. Si además se considera el costo de las medidas de

remediación (Manual de Remediación), es posible predecir que en los rajos abiertos, la única solución factible económicamente sea eliminar el riesgo a la seguridad de las personas, evitando el acceso.

#### 5.1.3.1 Estudio de la estabilidad de taludes en su condición actual

##### **- Investigaciones de terreno**

El estudio detallado de la estabilidad de taludes requiere una investigación en terreno. El detalle y extensión de este trabajo varía en función del tamaño y heterogeneidad de las pendientes involucradas, como también debido a la geología local. Sin embargo, los componentes que típicamente deben integrarse en un estudio de estabilidad son:

- Topografía del sitio (levantamiento).
- Investigación del sitio, incluyendo la medición de pendientes, localización de fallas, grietas, cárcavas y zonas de debilidad, descargas de agua, etc.
- Sondajes, que permitan la caracterización de subsuelo, incluyendo tipos de suelo y textura, niveles freáticos, compactación (i.e. tests de penetración) y toma de muestras para su análisis en laboratorio.
- Ensayos de penetración, de densidad “in situ” y otros.
- Instalación de instrumentos de medición, incluyendo indicadores de pendiente y extensómetros (para observar el movimiento de la pendiente) y piezómetros (para medir y monitorear los niveles freáticos).

Dependiendo de las características específicas del sitio, pueden ser necesarias otras investigaciones tales como:

- Fotogrametría, mediante la cuál se estudian pares estereoscópicos (compuestos por fotografías aéreas) para determinar cambios en las pendientes.
- Estudios electromagnéticos, que permiten evaluar la presencia de zonas débiles en el subsuelo.

En sitios especiales que revistan mayor importancia pueden ser aplicadas técnicas de perforación más sofisticadas. Por ejemplo, la evaluación detallada de la estabilidad del suelo y su potencial de liquefacción bajo influencia sísmica se realiza mediante el Test de Penetración de Cono (Cone Penetration Tests, o CPT), el que forma parte de los trabajos de sondaje o de mediciones de la resistencia a la penetración cuando se perfora con una plataforma Becker.

La selección del número de sondajes y su ubicación en el sitio es una tarea específica a desarrollar en cada lugar; sin embargo, en la Tabla 5-2. Se entregan lineamientos generales a este respecto. En los rajos abiertos se requieren algunos componentes adicionales para poder caracterizar la estabilidad de las paredes. Estos son:

- Evaluación de las características de los taludes por medio de un estudio de geología estructural. Este estudio permitirá definir los patrones estructurales (fracturas cerradas, abiertas y fallas).
- En caso de detectar posibles deslizamientos, como resultado del modelamiento anterior, se deben precisar las inestabilidades de los bloques debido a la presencia de estructuras geológicas mayores, evaluando la existencia de modos de inestabilidad tales como deslizamientos planos, deslizamiento de cuñas o problemas de volcamiento.
- Determinación de la extensión de los escombros procedentes de fallas parciales que se hayan producido hasta la fecha en el talud.



**Tabla 5-2: Investigación de terreno para estudio de estabilidad de taludes.**

Aplicación	Número mínimo de puntos y su ubicación	Profundidad mínima
Fundación de terraplenes y muros de presas	Como mínimo, se requiere de un punto de investigación cada 60 m de largo de terraplén o talud, cuando dichos puntos están dispuestos de manera errática. Para puntos que están dispuestos de forma uniforme se requiere de una medición cada 120 m de largo de terraplén o talud. En zonas críticas tales como el sector de altura máxima del terraplén o talud o donde se encuentra la profundidad máxima de material blando, se deberá realizar un mínimo de tres puntos de investigación en la sección transversal para definir las condiciones del subsuelo.	La profundidad de la investigación debe ser, como mínimo, igual a dos veces la altura del terraplén o talud, a menos que se encuentre un estrato duro a una profundidad menor. Si se encuentran estratos de material blando a profundidades mayores que el doble de la altura del terraplén o talud, la profundidad de la investigación debe ser suficiente como para penetrar el estrato de material blando hasta encontrar suelos de mejor calidad (ej. material cohesivo duro, material no cohesivo compactado o denso, basamento rocoso).
Taludes de Corte	Como mínimo se requiere de un punto de investigación cada 60 m de largo de talud, cuando dichos puntos son dispuestos de manera errática. Para puntos dispuestos de forma uniforme se requiere de un punto de investigación cada 120 m de largo de talud. En zonas críticas tales como el sector de altura máxima del corte o donde se encuentre la profundidad máxima de material blando se deberá realizar un mínimo de tres puntos de investigación en la sección transversal para definir las condiciones del subsuelo para los análisis de estabilidad. Para cortes en roca se deberán realizar mapeos geológicos a lo largo del talud de corte.	La profundidad de la investigación debe encontrarse a un mínimo de 5 m por debajo de la altura mínima del corte, a menos que se encuentre un estrato duro a una profundidad menor. La profundidad de la investigación debe ser suficiente como para penetrar completamente los estratos de suelo blandos hasta encontrar suelos de mejor calidad (ej. material cohesivo duro, material no cohesivo compactado o denso, basamento rocoso). En lugares donde la base del corte está por debajo el nivel de aguas subterráneas, se debe aumentar la profundidad de la investigación hasta poder determinar la profundidad del estrato permeable.

La conveniencia de emplear alguna de estas técnicas en el estudio de la estabilidad de taludes depende del tipo de material, altura y método de explotación empleado.

La inspección in situ de las grietas, cárcavas y signos de deformación es la técnica más usada en todo el mundo. Esta práctica es limitada en cuanto a su precisión y sólo provee un registro puntual que refleja la situación del talud al momento de realizarse la inspección. Entre sus ventajas se encuentra el poder abarcar un gran área rápidamente, por lo que es un método esencial de evaluación que puede ser aplicado de forma regular en estudios de estabilidad. Para ser de utilidad, las inspecciones deben ser realizadas en intervalos regulares y frecuentes, y el observador debe completar un formulario donde se registren las observaciones de una manera sistemática.

Las técnicas topográficas, en especial la nivelación, han sido aplicadas con éxito en el estudio de deformaciones del coronamiento de botaderos y pilas. Su principal desventaja es que provee un registro puntual y las fallas pueden desarrollarse y ocurrir entre los periodos donde se realiza la nivelación.

Otro aspecto importante relacionado con la estabilidad es la condición del nivel freático al interior de la pila o botadero. Para llevar a cabo esta tarea se recurre al uso de piezómetros que permitirán conocer la ubicación del nivel freático en el tiempo.

#### **- Ensayos de Laboratorio relacionados con la estabilidad**

En los trabajos de terreno se debe obtener gran cantidad de información relacionada con la estabilidad de los taludes. Sin embargo, conocer el comportamiento del suelo ante esfuerzos es también un parámetro crítico en estos estudios y en ciertos casos pueden ser necesarios ensayos de laboratorio. La selección del número y tipo de test geotécnico será una decisión que depende de cada faena en particular, basado en el tamaño del sitio, la complejidad de la geología local y la cantidad de información disponible. A continuación se enumeran alguna de las técnicas más empleadas, aunque esta lista no debe considerarse exhaustiva, pues en algunos casos podrían ser necesarias técnicas diferentes:

- Análisis del granulometría.
- Contenido de humedad.
- Límite líquido, límite plástico, Índice de Plasticidad, Límites de Atterberg.
- Ensayo de Corte Directo (Direct Shear strength testing).
- Ensayo de Corte Triaxial (Triaxial Shear strength testing).
- Test de Proctor (estándar o modificado).
- Ensayo de consolidación.

Para la determinación de la reacción del suelo ante esfuerzos, se requieren ensayos de corte, que pueden ser realizados con técnicas directas o con un aparato triaxial. En general, los ensayos de corte directos sólo se usan para obtener una estimación rápida y más económica.

La reacción del suelo ante esfuerzos es una propiedad muy ligada a la capacidad de drenaje del suelo, es decir, a la capacidad del agua para atravesar una muestra. Los ensayos para muestras de suelo sin drenar serán diferentes a aquellas que se obtengan de suelos drenados. La selección del test más apropiado para medir esfuerzos del suelo requieren juicio de especialistas, pues intervienen factores como el tipo de suelo (distribución del tamaño del grano) y los datos obtenidos en terreno.

#### **- Análisis y modelación de datos**

El análisis de los problemas de estabilidad de taludes es un área bien estudiada. El proceso contempla la caracterización de las pendientes actuales y la determinación de los factores de seguridad. Cuando éstos últimos son bajos, un análisis adicional puede ser aplicado para

determinar las medidas de remediación más apropiadas. Por ejemplo, si la mejor estimación del factor de seguridad de una pendiente es 1.2 y el mínimo requerido es 1.3 se puede determinar qué medida puede mejorar en mayor grado el factor evaluando distintas alternativas como el perfilado de la pendiente, la reducción del nivel freático, la instalación de bermas al pié del talud, etc. y conjuntamente evaluar su costo.

Los métodos de análisis de estabilidad se basan en un planteamiento físico-matemático en el que intervienen las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de estabilidad. Se pueden agrupar en métodos **probabilísticos** y métodos **determinísticos**. Otros métodos aplicables a las paredes de rocas propias de los rajes abiertos también serán discutidos.

#### **a. Métodos probabilísticos**

Consideran la probabilidad de rotura de un talud bajo unas condiciones determinadas. Es necesario conocer las funciones de distribución de los diferentes valores considerados como variables aleatorias en los análisis (lo que supone su mayor dificultad por la gran cantidad de datos necesarios, dadas las incertidumbres que existen sobre las propiedades de los materiales), realizándose a partir de estas variables los cálculos del factor de seguridad mediante procesos iterativos. Se obtienen así las funciones de densidad de probabilidad y de distribución de probabilidad del factor de seguridad, y curvas de estabilidad del talud, con el factor de seguridad asociado a una determinada Probabilidad de Ocurrencia.

#### **b. Métodos determinísticos**

Se aplican cuando son conocidas o supuestas las condiciones en que se encuentra un talud, y ellas indican si éste es o no estable. En la práctica, los métodos consisten en seleccionar los valores adecuados de los parámetros físicos y resistentes, los que controlan el comportamiento del material para, a partir de ellos y de las leyes de equilibrio estático o dinámico, definir el estado de estabilidad o el factor de seguridad del talud. Existen dos grupos de métodos determinísticos:

- Métodos de Equilibrio Límite, y
- Métodos Tenso - Deformacionales.

### **b.1 Métodos Determinísticos de Equilibrio Límite**

Analizan el equilibrio de una masa potencialmente inestable, y consisten en comparar las fuerzas tendientes al movimiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo, a lo largo de una determinada superficie de rotura. Estos son los más usados y se basan en:

- La selección de una superficie de rotura en el talud.
- El criterio de rotura de Mohr-Coulomb.
- La definición del “coeficiente de seguridad”.

Los problemas de estabilidad son estáticamente indeterminados y para su resolución es preciso considerar una serie de hipótesis de partida, las que son diferentes según los métodos que se apliquen. En este caso se asumen las siguientes condiciones:

- La superficie de rotura debe ser postulada con una geometría tal que sea compatible con el deslizamiento, es decir, será una superficie cinemáticamente posible.
- La distribución de las fuerzas actuando en la superficie de rotura podrá ser computada utilizando datos conocidos (peso específico del material, presión de agua, resistencia al corte del suelo, etc.).
- La resistencia se moviliza simultáneamente a lo largo de todo el plano de rotura.

Con estas condiciones, se establecen las ecuaciones de equilibrio entre las fuerzas que inducen el

deslizamiento y las resistentes. Los análisis proporcionan el valor del coeficiente de seguridad del talud para la superficie analizada, referido al equilibrio estricto o límite entre las fuerzas que actúan. El coeficiente de seguridad,  $F$ , para alcanzar el equilibrio estricto está dado por la siguiente ecuación:

$$F = \text{Fuerzas estabilizadoras} / \text{Fuerzas desestabilizadoras}$$

O expresado en términos de tensiones:

$$F = \text{Tensiones tangenciales resistentes} / \text{Tensiones tangenciales deslizantes}$$

Una vez evaluado el coeficiente de seguridad de la superficie supuesta, es necesario analizar otras superficies de rotura, cinemáticamente posibles, hasta encontrar aquella que tenga el menor coeficiente de seguridad,  $F_{\min}$ , la cual se admite como superficie potencial de rotura del talud.

Las fuerzas actuando sobre un plano de rotura o deslizamiento potencial, suponiendo que no existan fuerzas externas sobre el talud (caso estático), son las debidas al peso del material, a la cohesión y a la fricción.

Existen varios métodos para el cálculo del coeficiente de seguridad por equilibrio límite, desarrollados fundamentalmente para materiales tipo suelo. Estos métodos se clasifican en aquellos que consideran el análisis del bloque o masa total y los métodos que consideran la masa dividida en rebanadas o fajas verticales.

Generalmente las fallas circulares se asocian a suelos homogéneos y sin planos preferenciales de falla. En este caso el método de Bishop resulta ser uno de los más apropiados para realizar el análisis.

Cuando el talud presenta planos preferenciales de falla, como el caso de una geomembrana en la base, el método de bloques es el que mejor representa este tipo de falla y es el método de Janbu el

que se emplea. Algunos programas que se encuentran disponibles para realizar este tipo de análisis son Slope/W, Slide y Xstabl.

En general, los métodos descritos arriba son adecuados para obras o casos simples o de dimensiones de menores a medias.

## **b2. Métodos tenso-deformacionales**

Estos métodos constituyen una alternativa a los métodos de equilibrio límite, siempre y cuando su utilización esté justificada y sea apropiada para el análisis del talud considerado. Su principal ventaja reside en que consideran las relaciones tensión-deformación que sufre el material durante el proceso de deformación y rotura, siendo estas relaciones las que dan la pauta de su comportamiento y las que controlan su resistencia.

Ante determinadas cargas, el terreno se deforma en función de sus propiedades resistentes y deformacionales, siguiendo su ley de comportamiento hasta alcanzar, en su caso, la rotura; a la vez que se van generando diferentes estados tensionales en las distintas zonas del talud. Los métodos tenso-deformacionales permiten modelar esta evolución a partir del modelo geométrico representativo de la estructura, estratigrafía e hidrogeología del talud o ámbito de estudio considerado (debiendo aplicar unas determinadas condiciones de borde al modelo); de la aplicación de la ley de comportamiento adecuada del material; y de las propiedades resistentes y deformacionales de las diferentes litologías involucradas en el modelo.

La resolución de las ecuaciones de la elasticidad o plasticidad (u otro modelo de comportamiento) mediante el método de elementos finitos, o diferencias finitas, aporta los valores de los desplazamientos deformaciones y tensiones que se van generando en todo el modelo analizado, proporcionando la naturaleza y magnitud de los desplazamientos del material compatibles con el estado de equilibrio del talud.

A diferencia de los métodos de equilibrio límite que consideran sólo las fuerzas que actúan sobre

uno o varios puntos de la superficie de rotura, y que suponen que la rotura se produce en forma instantánea y que la resistencia se moviliza al mismo tiempo a lo largo de toda la superficie, los métodos tensión - deformación analizan el proceso de deformación en cada uno de los puntos seleccionados del modelo. Estos métodos permiten evaluar la influencia de los diferentes parámetros en el estado de estabilidad del talud, como tensiones naturales del terreno, fuerzas dinámicas, presiones de poros de agua, etc.

El conocimiento de la ley o leyes de comportamiento que siguen los materiales es fundamental para su modelación, así como la determinación de los valores de sus parámetros resistentes y deformacionales, lo que constituye la principal limitación de este tipo de métodos.

Existen diferentes programas computacionales disponibles que proporcionan salidas gráficas con los desplazamientos, tensiones, deformaciones, etc., del talud, que permiten deducir las zonas con riesgo de inestabilidad y los mecanismos y modelos de rotura, pudiendo también proporcionar el valor del coeficiente de seguridad (que no es exactamente igual que en los métodos de equilibrio límite, al no definirse concretamente una superficie de rotura).

Su aplicación está más extendida para análisis de taludes de suelo y macizos rocosos más complejos en cuanto a geometría y materiales como rocas intensamente fracturadas, suelos blandos o poco competentes (que pueden considerarse medios continuos donde las roturas y deformaciones no están controladas por planos preexistentes de discontinuidad) o en macizos rocosos masivos.

Algunos programas típicos que realizan análisis de este tipo son FLAC 2D, FLAC 3D, Praxis y Phase.

### **c. Métodos de análisis para rajo abierto**

El estudio de la estabilidad de los taludes en un rajo abierto es un problema especial debido a la naturaleza de las paredes de roca. El colapso de un talud del rajo deposita escombros en el fondo



del mismo. Si el rajo es un embudo cerrado, el escombros queda confinado al fondo del mismo. Si el rajo es una pared abierta, el área de influencia se extenderá como máximo unas dos veces la altura del rajo en dirección perpendicular a la pared. Si la pendiente bajo la pared fuera mayor a 20° esta distancia puede ser mayor. Conviene tener presente estas consideraciones, de manera de evaluar la pertinencia de realizar este tipo de estudios.

El análisis detallado de la probabilidad de falla del talud de un rajo debe incluir la evaluación de riesgo sísmico. También implica estudios geológico-geotécnicos que permitan definir los sistemas de fracturas y fallas del macizo de roca. Los análisis de estabilidad dinámicos se realizan aplicando modelos numéricos sofisticados.

Los métodos que permiten definir la probabilidad de falla de este tipo de taludes son:

- Tratándose de falla por estructuras, se revisa el diseño Banco-Berma. Para cada orientación de talud se chequea si una o más combinaciones de estructuras definen cuñas que pueden deslizar, mediante software como el SWEDGE (Rocscience, 2002).
- Tratándose de fallas circulares, la evaluación de la estabilidad de los taludes se realiza mediante métodos numéricos (Slide, Flac, Phase).

#### 5.1.3.2 Consideraciones sobre la estabilidad frente a sismo

Para realizar el estudio de estabilidad frente a sismo, se requiere conocer en forma detallada tanto los parámetros resistentes de cada uno de los materiales que componen el muro, como también las características del suelo de fundación. Los parámetros por conocer básicamente corresponden a: (1) cohesión, (2) densidad natural, (3) granulometría y (4) ángulo de reposo interno.

Para la determinación de los parámetros resistentes, en general existen dos formas:

- Basados en la experiencia del consultor y en datos teóricos tomados de literatura técnica

específica para este tipo de obras.

- Realización de campaña de toma de muestras de los materiales que constituyen el muro y la fundación de éste. Esta campaña puede consistir en:
  - Ejecución de calicatas profundas y/o superficiales, con toma de muestras.
  - Sondajes con recuperación de testigos.
  - Sondajes para la estimación de la profundidad de la roca basal.
  - Ensayos in-situ (penetración, compresión, etc.).
  - Refracción sísmica.

En la Tabla 5-2 se indica el número mínimo de puntos de investigación que debieran considerarse en estudios de este tipo.

Para evaluar la estabilidad de los depósitos de relaves en zonas sísmicas, se deberá hacer un estudio de Riesgo Sísmico formal que permita:

- Definir el sismo de diseño (aplicando principios de la Norma Sísmica NCh 433 Of. 96).
- Definir la sollicitación (sismo de diseño) para el sitio.
- Definir la aceleración equivalente pseudo estática o el espectro del evento.
- Realizar análisis pseudo estáticos o análisis dinámicos dependiendo de la importancia del depósito.

### 5.1.3.3 Consideraciones relacionadas con el nivel freático

El análisis de los niveles freáticos es un asunto de crucial importancia en los estudios de estabilidad de taludes. Una pendiente que es estable a los niveles actuales puede convertirse en

inestable en respuesta a pequeños incrementos en la elevación de las aguas subterráneas. En concreto, la presencia del agua reduce la cohesión interna del suelo y las fallas pueden ser más probables; mientras que su ausencia produce el efecto contrario. En consecuencia, es importante caracterizar el nivel de las napas en la actualidad y también evaluar cómo pueden ser los cambios en el futuro.

La elevación de los niveles freáticos puede cambiar en respuesta a una cierta gama de circunstancias. Cambios en el sistema de drenaje pueden producir la llegada de mayor cantidad de agua al talud. La precipitación comúnmente induce fallas en las laderas por un rápido incremento en los niveles o por la reducción de la presión negativa del agua (que incrementa la cohesión del suelo) en las capas que quedan por encima del nivel freático. Cambios en la presión de los poros debido al rápido descenso del nivel freático pueden también ser importantes en la estabilidad de las laderas.

Los estudios detallados deben evaluar los cambios en los niveles freáticos. Al menos, el análisis de la estabilidad de taludes debe incluir una caracterización de las condiciones actuales mostrando la magnitud de los cambios en los niveles de agua que podrían producir un impacto sobre la seguridad del talud. Para sitios más grandes o sensibles puede ser necesario desarrollar una modelación numérica para relacionar la precipitación de tormentas con periodos de retorno específicos (para 25 o 100 años) con los cambios en los niveles freáticos y los consecuentes impactos sobre la estabilidad de los taludes. Estudios similares pueden ser necesarios para evaluar el impacto de cambios sobre el sistema de drenaje, propuesto o posible. Estos estudios requerirán, generalmente, las mediciones de parámetros adicionales del sitio, como la conductividad hidráulica saturada, las tasas de infiltración, y posiblemente, la curva característica de agua en el suelo (Soil Water Characteristic Curve, SWCC).

#### 5.1.3.4 Contenido de los informes de evaluación de la estabilidad

Los resultados de los análisis de la estabilidad de los taludes son típicamente informados en términos del Factor de Seguridad (FS). Un FS igual a 1 corresponde a la situación en que justo

comienza la estabilidad en las condiciones actuales. Las pendientes más estables usadas en aplicaciones geotécnicas presentan valores mínimos situados entre 1.25 y 1.35. El FS necesario en cada lugar depende de la sensibilidad del sitio, estado de abandono de la obra y de la incertidumbre de los parámetros empleados. En caso de existir incertidumbre en los parámetros geomecánicos, se debería seleccionar el escenario más conservador que es aquel en que se combina la carga máxima con la mínima resistencia. El informe deberá incluir los FS mínimos estimados para los taludes existentes y la sensibilidad de los cálculos, demostrando cómo el FS podrá variar en respuesta a cambios en las propiedades estimadas del suelo y en los niveles freáticos.

El FS puede ser también muy sensible a los mecanismos de falla usados en la determinación. El informe final debe indicar claramente los mecanismos de falla (incluyendo deslizamiento de superficies) y el tipo o tipos de análisis usados.

Los análisis de estabilidad de los taludes son intrínsecamente sensibles a los valores empleados para caracterizar las propiedades de los suelos. Todos los valores de cohesión del suelo y sus correspondientes ensayos de laboratorio deben estar claramente presentados, y cualquier supuesto usado en los análisis deberá estar expresado y justificado. La información reunida durante las investigaciones de terreno y los ensayos de laboratorio deberá ser presentada y discutida.

En los sectores donde se identificaron los riesgos, deben presentarse medidas de mitigación, con su respectiva discusión. Medidas comunes incluyen el perfilado de las laderas logrando un ángulo más plano, la adición de muros o contrafuertes en las bases, el rebaje de las crestas, la mejora de la solidez en los taludes (mediante columnas u otros métodos) y la mejora de las condiciones de drenaje. También pueden presentarse otras medidas alternativas específicas para el sitio objeto de estudio y un cálculo de costos a un nivel conceptual

Estas medidas de mitigación serán las que se implementarán en la etapa de remediación de la faena, en el caso que el riesgo por falla del talud se considere significativo.

### 5.1.3.5 Referencias y programas disponibles para el análisis de la estabilidad de taludes

Entre los programas más comunes disponibles para el análisis de la estabilidad aplicando el modelo de equilibrio límite (y sin que el listado sea exhaustivo) pueden citarse los siguientes:

- Slope/W (2004) Geo-Slope International Ltd. (<http://www.geo-slope.com/> )
- Slide 5.0 (2005) Rocscience Inc. (<http://www.rocscience.com/products/Slide.asp>)
- Xstable 5.0 (1994) Interactive Software Designs Ltd.  
(<http://www.xstabl.com/XSTABL/xstabl.htm>)
- Ansys ( <http://www.ansys.com> ).
- Galena ([http://www.slope-analysis.com/html/galena\\_details.html](http://www.slope-analysis.com/html/galena_details.html) )

En el caso de la aplicación de modelos tenso-deformacionales, los programas que pueden emplearse son:

- Slide 5.0 (2005) Rocscience Inc. (<http://www.rocscience.com/products/Slide.asp>)
- Flac 5.0/ Flac3D 3.0 (2002) HClItasca Consulting Group Inc.  
(<http://www.itascacg.com/software/index.html>)
- Plaxis 8.2 (2006) Plaxis BV (<http://www.plaxis.com/> )
- Phase2 (2005) Rocscience Inc. (<http://www.rocscience.com/products/>)

En el caso de análisis de rajos abiertos, puede emplearse:

- SWEDGE (2002) Rocscience Inc. (<http://www.rocscience.com/products/Swedge.asp>)

#### 5.1.4 *Tranques y embalses*

Los principales fenómenos que inciden fuertemente en la estabilidad global de un depósito de relaves son:

- Sismos.
- Aumento del nivel freático dentro del prisma resistente (o muros de contención).
- Ingreso de aguas directamente a la cubeta del depósito, por crecidas de cauces debido a tormentas.

Para evaluar la estabilidad de los depósitos de relaves, y especialmente de los muros de contención o prisma resistente, se recurre a análisis numéricos que reproducen las condiciones geométricas, características de los materiales y sollicitaciones a las que se ve sometido el depósito.

Dado que los estudios de estabilidad se basan en los mismos fundamentos teóricos, lo indicado en el punto 5.1.3 referente a taludes es completamente aplicable a muros de tranques de relaves. Dentro de la estabilidad de los muros de contención de un tranque de relaves, el nivel freático al interior de la cubeta es un factor crítico en la estabilidad, por lo que la determinación de ésta y/o su comportamiento deben ser conocidos para evaluar la condición de seguridad de la obra.

Otra variable que incide fuertemente en la estabilidad global de un depósito de relaves corresponde a las crecidas afluentes a estas estructuras. El efecto del ingreso de volúmenes grandes de agua a la cubeta puede provocar un posible rebalse que no sea manejado por el vertedero, si es que existe, erosionando el muro de arena con el colapso de gran parte del tranque por debilitamiento del muro. Adicionalmente el ingreso y embalse de volúmenes grandes de agua pueden elevar el nivel freático, llevando el tranque a la situación descrita en el punto 5.1.3.3 anterior.

#### 5.1.4.1 Desarrollo de las investigaciones de tranques y embalses en terreno

Los elementos involucrados en las investigaciones en terreno de un muro dependen del tamaño de éste. En general, estos trabajos incluyen todos los aspectos que ya fueron tratados en la evaluación de la estabilidad de los taludes, ahora aplicados a las laderas del muro. Adicionalmente, puede ser necesario caracterizar el volumen de almacenamiento del relleno, la presencia, tamaño y condiciones de cualquier estructura hidráulica (como sistemas de drenaje y vertederos). Como las consideraciones geoquímicas pueden ser importantes, deben estudiarse estas propiedades (como el potencial de oxidación y otros factores).

Para los trabajos de campo, los aspectos clave incluyen la caracterización del agua subterránea, el suelo que sirve de asiento al muro, la caracterización del tipo de material depositado, la topografía y el drenaje. Estos trabajos involucran:

- El levantamiento topográfico detallado, caracterizando la geometría del tranque o embalse y el sistema de drenaje. Debe incluir también el levantamiento de cualquier infraestructura de drenaje a fin de que sea posible una adecuada evaluación hidrogeológica. La altura del borde de la obra debe ser caracterizada a lo largo de toda su longitud, así como también debe prestarse atención a la lámina de agua y/o a los depósitos de materiales contenidos por el muro.
- Inspección en terreno del estado de todos los muros y estructuras asociadas. La longitud total del muro debe ser revisada para detectar roturas, sumideros, grietas, filtraciones u otras irregularidades. La condición estructural de las obras de control hidráulico también debe ser revisada. En aquellos casos en que exista agua almacenada en el depósito procede observar si existen medidas de control de la erosión (tales como la ubicación de rocas), y se debe evaluar su eficacia.
- Lectura de piezómetros, cuando éstos existan.

- Sondajes. Para caracterizar el subsuelo, incluyendo la descripción de tipos de suelo, texturas, presencia de napa, cohesión del suelo y colecta de muestras para ensayo en laboratorio.
- Ensayo en terreno de muestras, tales como test de penetración, densidad “in situ”, etc.
- Instalación de instrumentos tales como indicadores de pendiente y extensómetros (para monitorear el movimiento de la pendiente) y piezómetros (para dar seguimiento a los niveles freáticos).
- Refracción sísmica.

#### 5.1.4.2 Ensayos de laboratorio para el estudio de tranques y embalses

En general, los ensayos de laboratorio contemplan todos los elementos que ya fueron evaluados en los estudios de estabilidad de los taludes (sección 5.1.3.1). Estos test se realizan para estudiar las propiedades de los depósitos y del subsuelo subyacente de un modo muy similar al aplicado en el caso anterior. Además de estudiar la fuerza de cohesión del suelo en los análisis de estabilidad, se necesita conocer la conductividad hidráulica saturada para los análisis de filtraciones.

#### 5.1.4.3 Análisis y modelación de los tranques y embalses

El análisis y modelación de los tranques y embalses contempla tres grandes tópicos: consideraciones geotécnicas/estructurales, sismicidad y capacidad o potencial de rebalse. A continuación se indican los requerimientos de información necesarios en cada caso.

#### **- Consideraciones geotécnicas / estructurales**

Los muros de tranques de relave son terraplenes construidos y recrecidos con materiales de la



zona según fueron progresando las faenas mineras. Por ello están sujetos a consideraciones geotécnicas tales como filtraciones, estabilidad de las laderas y esfuerzos de cohesión en las fundaciones. Todos estos elementos deben ser completamente evaluados, basándose en los datos reunidos en terreno y en la medición de propiedades de los materiales del muro. Las consideraciones desarrolladas en el estudio de la estabilidad de taludes (sección 5.1.3.1) aplican a la estabilidad de los muros de tranques de relave. En el caso de estructuras son especialmente importantes las filtraciones y la situación de las fundaciones.

La erosión que acompaña a las filtraciones ha sido la causa de falla en tranques en el pasado. En caso de que existan filtraciones en el muro, debe desarrollarse un estudio completo de éstas, incluyendo la respuesta del muro a cambios en los niveles de agua almacenada. Las áreas en donde existe un gradiente hidráulico elevado que puede interferir con la integridad estructural del muro (licuefacción) deben ser atendidas. En relación con esto también deben ser evaluadas todas las estructuras que permitan la evacuación del agua.

La solidez de las fundaciones es también importante. Fallas ocurridas en el pasado en muros de contención de relaves han sido atribuidas a problemas en los suelos donde se instalaron los muros. Las fallas pueden ser debidas a la presencia de zonas de debilidad en el material subyacente o a la generación de estas características a través de procesos geoquímicos. El análisis de estas estructuras en el depósito de relaves debe considerar estos riesgos.

Para todos los componentes con un carácter geotécnico o estructural, las cargas que considera la estructura deben tener en cuenta la actividad sísmica o los cambios en los niveles de agua.

#### **- Sismo**

El potencial de que se produzcan impactos debidos a actividad sísmica sobre los relaves debe ser considerado teniendo en cuenta las características sísmicas regionales. Para ello es necesario reunir información suficiente, regional y localmente, y calcular con ella el tipo movimiento que habría debido a la sismicidad (Earthquake Design Ground Motion, EDGM). El EDGM deberá

estar basado en una probabilidad de excedencia para el sitio, la cual debe estar basada en las consecuencias que tendría la falla de la obra.

### **- Consideraciones relacionadas con crecidas**

Todas las estructuras hidráulicas deben ser evaluadas en relación a su capacidad para recibir una crecida de diseño (asociada a cierto periodo de retorno), así como también deben estimarse las consecuencias que tendría una Crecida Máxima Probable (Probable Maximum Flood, PMF). Debe evaluarse la posibilidad de que las aguas rebalsen por encima del muro por la acción del viento y la formación de olas en condiciones de crecida.

En particular, para evaluar el grado de incidencia de una crecida sobre un depósito de relaves, se debe conocer y/o estimar lo siguiente:

- Volumen y duración de las crecidas normales (para períodos de retorno reducidos).
- Volumen y duración de las crecidas extraordinarias (para periodos de retorno altos).
- Capacidad de regulación del depósito (almacenamiento y descarga).
- Existencia de vertederos adecuados para las condiciones anteriores.
- Existencia de canales de contorno, que eviten el ingreso de escorrentías.

Para la estimación de los volúmenes y duración de las crecidas se deben realizar los estudios hidrológicos correspondientes. Las metodologías para la realización de estos estudios son diversas, dependiendo de la información disponible y de las características de la cuenca.

El criterio de seguridad recomendado para obras abandonadas debiera depender de las posibles consecuencias que tendría la falla, pues no será igual el caso en que puedan verse afectadas vidas humanas, que aquel otro caso en que la posible falla por rebalse de la crecida no tenga mayores consecuencias sobre bienes o personas. Asimismo, la presencia y estado de conservación de los sistemas de desviación perimetral influyen a la hora de estimar cuál es el volumen que debiese

poder controlar el embalse. En general, en la actualidad las obras nuevas se proyectan con criterios de seguridad que involucran crecidas cuyos periodos de retorno van de los 500 a los 10.000 años, ampliándose incluso hasta la PMF.

#### **- Otras consideraciones**

Los muros de relaves pueden o no contener otras estructuras, como las que permiten el control de los flujos, drenajes, o vertederos de descarga. Donde existan estas estructuras deben evaluarse las capacidades de diseño para cumplir sus funciones. La geoquímica de los relaves debe ser evaluada como parte de una evaluación de riesgos detallada. Estas características pueden afectar la calidad del agua de los relaves en el largo plazo, la calidad de las filtraciones, posibles interacciones entre el agua de los relaves y el suelo subyacente y el potencial de causar impactos aguas abajo del depósito, en el caso de una liberación.

#### 5.1.4.4 Contenido de los informes de ERD en caso de tranques y embalses

Los informes sobre la investigación de tranques y embalses deben proporcionar un completo detalle sobre la seguridad de estas obras. Elementos cruciales del análisis incluyen (según la Guía de Seguridad de la Asociación Canadiense de Embalses, 2005):

- Descripción de los Modos de Falla.
- Diseño de crecidas.
- Capacidad de resistencia sísmica.
- Otras capacidades de carga y combinación de ellas.
- Estabilidad y funcionalidad.
- Confiabilidad y funcionalidad de las instalaciones de descarga.
- Eficacia general de los sistemas de seguridad del tranque o embalse.

Estos informes deberán incluir información clara sobre las características hidrológicas, hidrogeológicas, geotécnicas y estructurales de la obra, explicando los patrones comunes de drenaje, capacidad de almacenamiento, medición de niveles de agua, características del suelo y cualquier otro resultado obtenido en las investigaciones realizadas en terreno.

Los parámetros seleccionados en los diseños deben estar claramente identificados, particularmente los de crecidas y los dedicados a caracterizar eventos sísmicos. En estos informes se debe presentar claramente el potencial impacto de estos parámetros sobre la funcionalidad general de la obra y en particular su integridad estructural. El análisis debe ser especificado en términos de la Probabilidad de Ocurrencia y la Severidad de sus Consecuencias; a fin de permitir la evaluación de los Escenarios de Peligro relacionados a la seguridad del tranque o embalse.

#### 5.1.4.5 Referencias bibliográficas relacionadas con tranques y embalses de relaves

Debido a las consecuencias catastróficas que en el pasado tuvieron algunos depósitos de relave, hoy en día hay una extensa bibliografía disponible de apoyo para el diseño y evaluación de estas obras. Algunos de estos documentos son:

- a. El Comité Internacional de Grandes Presas (International Committee on Large Dams, ICOLD) ha publicado los siguientes documentos específicamente dedicados a aspectos relacionados con relaves (<http://www.icold-cigb.net/listepublications.aspx>):
  - 44 Bibliography: Mine and Industrial Tailings Dams and Dumps (1982).
  - 44a Bibliography: Mine and Industrial Tailings Dams and Dumps (1989).
  - 45 Manual on Tailings Dams and Dumps (1982).
  - 74 Tailings Dam Safety – Guidelines (1989).

- 97 Tailings Dams – Design of Drainage (1994).
- 98 Tailings Dams and Seismicity – Review and recommendations (1995).
- 101 Tailings Dams – Transport, Placement and Decantation (1995).
- 103 Tailings Dams and the Environment – Review and recommendations (1996).
- 104 Monitoring of Tailings Dams – Review and recommendations (1996).
- 106 A Guide to Tailings Dams and Impoundments – Design, construction, use and rehabilitation (1996).
- 121 Tailings Dams: Risk of dangerous occurrences – Lessons learnt from practical experience (2001).

b. La Asociación Minera de Canadá (The Mining Association of Canada, MAC) ha publicado los siguientes documentos, que están disponibles en español e inglés (<http://www.mining.ca/>):

- Guía para la administración de instalaciones de relaves.
- Elaboración de un manual de operación, mantenimiento y vigilancia para las instalaciones de gestión de relaves y de recursos hídricos.

c. La Asociación Canadiense de Presas (Canadian Dam Association, CDA) ha elaborado varios documentos para embalses de relaves (<http://www.cda.ca>). En particular cabe destacar:

- Principles for Dam Safety (2005).
- CDA Dam Safety Guidelines (1999).

d. Otra referencia de utilidad, por contener manuales relacionados con el manejo de relaves es:

<http://www.tailings.info/guidelines.htm>

e. Finalmente, existe una lista de publicaciones del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica relacionadas con la seguridad de estas instalaciones en:

<http://www.fema.gov/plan/prevent/damfailure/publications.shtm>

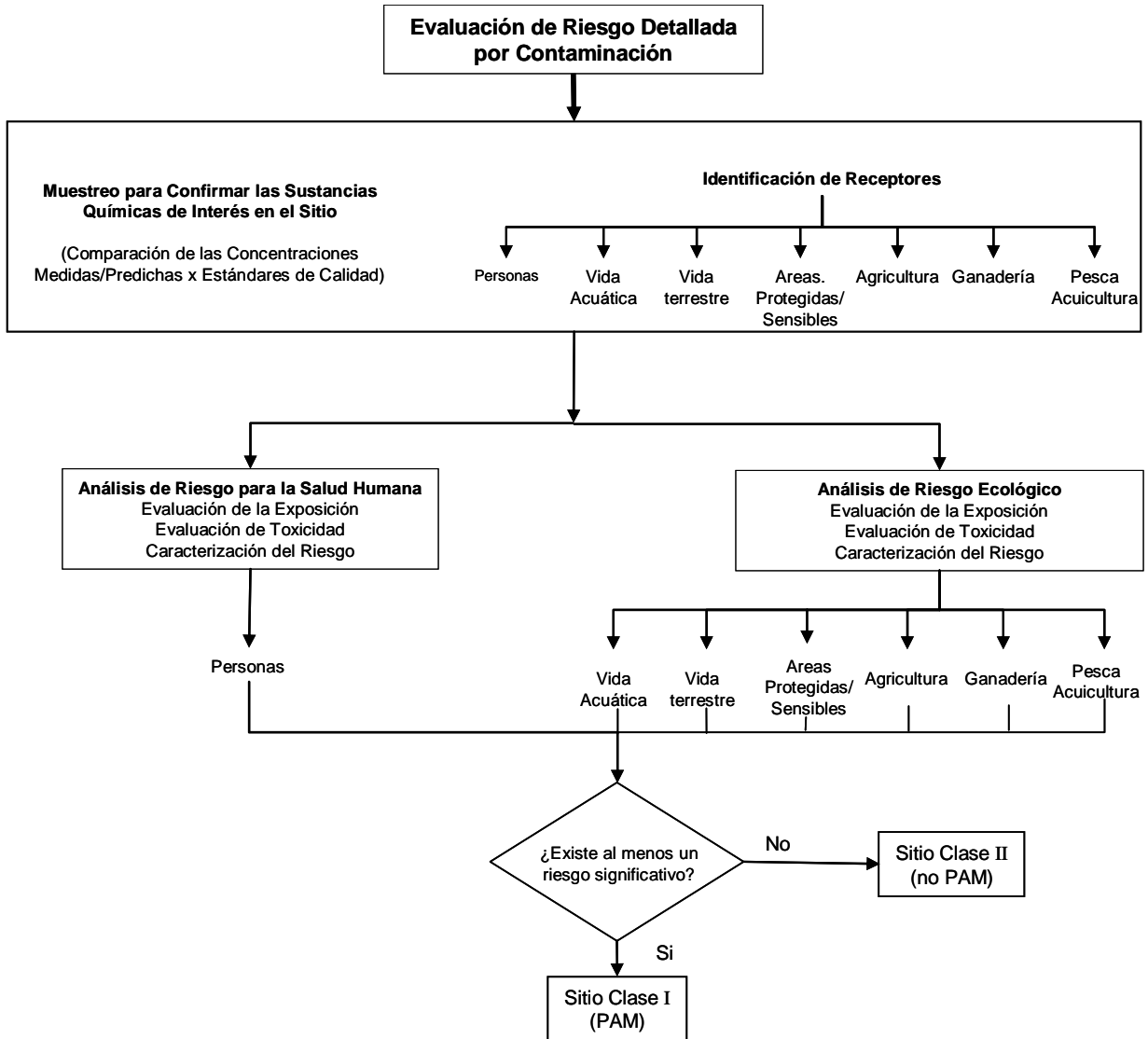
## **5.2 Evaluación de Riesgos Detallada por Contaminación**

### *5.2.1 Introducción*

La Evaluación de Riesgos Detallada (ERD) por Contaminación se realiza mediante metodologías complejas, que deben ser realizadas por especialistas dentro de los que se deben incluir expertos en toxicología. Es por ello que, en este caso, el presente Manual entrega nociones generales de la metodología utilizada para evaluar riesgos sobre receptores humanos, el medio ambiente y las actividades económicas (Figura 5-2), y adicionalmente presenta listas de chequeo para la revisión y aprobación por parte del SERNAGEOMIN de los estudios realizados por especialistas.

La ERD se debe realizar para todos los receptores y medios susceptibles de ser contaminados (agua superficial, sedimento, agua subterránea, suelo, aire) que pueden estar presentes en una faena minera. En este sentido, es importante señalar, que la ERD será diferente para cada sitio y dependerá de los resultados de la ERS. Por ejemplo, no es necesario realizar una ERD identificando las sustancias químicas de interés potencial para el grupo de receptores asociados a “Medio Ambiente” (vida acuática, vida terrestre, Áreas Protegidas o Sensibles), si en la ERS se concluyó que los receptores de preocupación son los receptores “Personas” y “Actividades Económicas”.

Figura 5-2: Diagrama General Evaluación de Riesgos Detallada por Contaminación





### 5.2.2 *Proceso de ERD relacionada a contaminación*

En la presente sección se describen los diferentes pasos a seguir en la Evaluación de Riesgo Detallada, los cuales se muestran en la Figura 5-3, **y que son:**

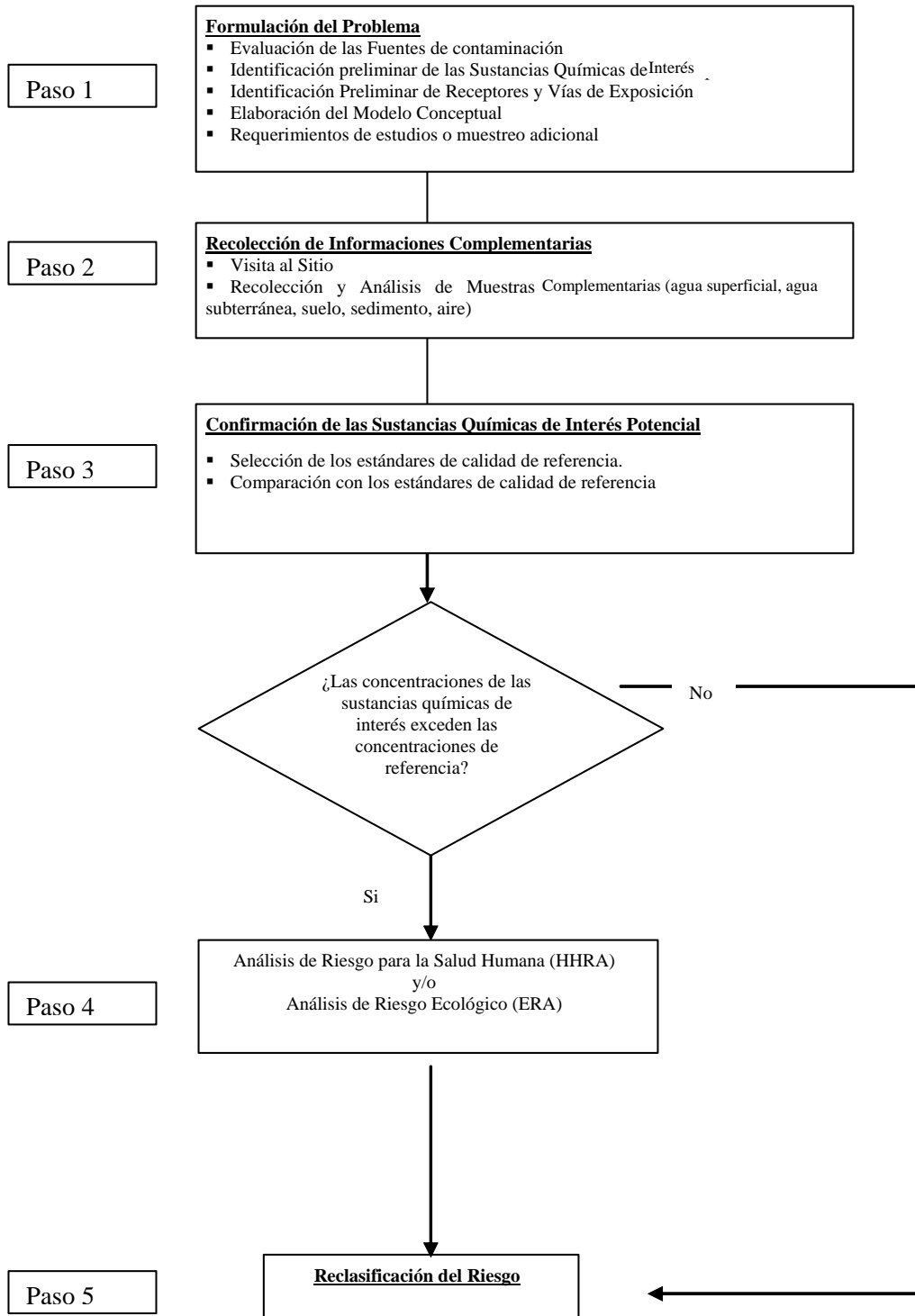
**Paso 1 – Formulación del Problema:** Identificación de las fuentes de contaminación y de manera preliminar de las Sustancias Químicas de Interés Potencial, los receptores y vías de exposición. Estos tres elementos son integrados en un modelo conceptual el cual ilustra las vías de contaminación desde la fuente hasta los diferentes medios ambientales (agua, suelo, aire) y receptores de interés. Seguidamente, se definirá la necesidad de estudios o muestreos adicionales requeridos para realizar la caracterización de los diferentes medios susceptibles de contaminación.

**Paso 2 – Recolección de Información complementaria:** descripción de los procedimientos para la recolección de información complementaria, que incluye la visita al sitio y muestreo de los diferentes medios susceptibles de contaminación y análisis de las sustancias químicas.

**Paso 3 – Confirmación de las Sustancias Químicas de Interés Potencial:** una vez se tengan los resultados de los análisis, se confirman las Sustancias Químicas de Interés Potencial mediante la comparación de los resultados analíticos con valores de referencia (estándares de calidad vigentes en Chile y, en caso de no haber, valores referenciales de otros países), para diferentes receptores (personas, vida acuática, etc.). Basado en lo anterior, se podrá determinar una de las siguientes situaciones:

- Todos los resultados analíticos son inferiores a los valores de referencia, y por lo tanto no se requieren evaluaciones adicionales (ir directamente al Paso 5).
- Los resultados analíticos presentan uno o más valores superiores a los valores de referencia, y por lo tanto se requieren evaluaciones adicionales, es decir se requiere pasar al Paso 4.

**Figura 5-3: Pasos de la Evaluación de Riesgos Detallada**



**Paso 4 – Análisis de Riesgo:** para la Salud Humana y/o Análisis de Riesgo Ecológico (medio ambiente y actividades económicas).

**Paso 5 – Reclasificación del Riesgo:** del sitio en evaluación de acuerdo con las escalas de probabilidad y consecuencias usadas en la ERS (ver Sección 4.2).

### 5.2.3 *Formulación del Problema – PASO 1*

La Evaluación de Riesgo Detallada (ERD) se inicia con la formulación del problema, la cual es primordialmente cualitativa, definiendo la naturaleza del mismo y la generación de hipótesis preliminares de por qué y cómo un efecto fue observado o puede potencialmente ocurrir en el futuro.

Para la formulación del problema se debe considerar:

- la fuente de contaminación y la identificación preliminar de las sustancias químicas o contaminantes de interés;
- los potenciales receptores que podrían estar expuestos a la contaminación; y
- las vías por las cuales estos receptores podrían entrar en contacto con las sustancias químicas de interés.

Estos tres elementos son integrados en un modelo conceptual (Figura 4-4), el cual ilustra las vías de contaminación desde la fuente hasta los diferentes compartimientos o medios ambientales (agua, suelo, aire) y receptores de interés.

Es importante señalar que el análisis debe considerar tanto los usos presentes como futuros probables del suelo, y con ello las vías de exposición asociadas. Por ejemplo, se debe evaluar la probabilidad de que el uso del suelo cambie en el futuro (Ej. de agrícola a industrial), basado en

a) instrumentos de planificación territorial vigentes o en elaboración<sup>1</sup>, b) el patrón de uso del suelo de la zona donde se encuentra emplazada la faena, y c) información proporcionada por actores relevantes como MINVU, SAG, CONAMA regionales. En el caso que el uso actual pueda cambiar en el futuro, ambos usos deben ser incluidos en la evaluación de riesgo.

Como resultado de la formulación y entendimiento del problema, se definirá la necesidad de estudios o muestreos adicionales requeridos para realizar la caracterización de los diferentes medios susceptibles de contaminación. Es importante para la formulación del problema tener conocimiento de los resultados de la Evaluación de Riesgo Simplificada (ERS), de modo de determinar qué receptores y fuentes de contaminación serán considerados en la ERD.

En las secciones siguientes se presenta la descripción de los pasos a seguir para la formulación del problema.

#### 5.2.3.1 Evaluación de las Fuentes de Contaminación

La fuente de contaminación corresponde al área donde una sustancia peligrosa puede haber sido depositada, almacenada o dispuesta y desde la cual se estén liberando sustancias tales que puedan representar riesgo a los potenciales receptores. Para el caso de las FMA/P, las fuentes de contaminación corresponderán a aquellas asociadas a las diferentes instalaciones, acopios u obras de la faena que fueron identificadas en la ERS. En la Tabla 5-3 se presentan las fuentes de contaminación asociadas a las diferentes instalaciones y los medios susceptibles de contaminación.

---

<sup>1</sup> Planes Regionales de Desarrollo Urbano, Planes Reguladores Intercomunales o Metropolitanos, Planes Reguladores Comunes, Planes Seccionales, definición de Límite Urbano.

**Tabla 5-3: Fuentes de Contaminación y Medios Susceptibles de Contaminación**

<b>Instalación / Acopio / Obra (Fuentes de Contaminación)</b>	<b>Formas de Contaminación</b>	<b>Medio Susceptible de Contaminación</b>
Labores Subterráneas	Drenajes proveniente de la mina	Agua Superficial/sedimentos Agua Subterránea
Labores Superficiales	Drenajes o infiltraciones desde el rajo	Agua Superficial/sedimentos Agua Subterránea
Plantas de Procesamiento	Drenaje o infiltraciones por arrastre de residuos peligrosos. Suspensión de residuos peligrosos por viento.	Agua Superficial/sedimentos Agua Subterránea Suelos Aire
Tranques, Embalses y Acopios de Relaves	Drenajes o infiltraciones desde el depósito. Arrastre o suspensión de relaves por lluvia o viento.	Agua Superficial/sedimentos Agua Subterránea Suelos Aire
Ripios/Pilas de Lixiviación	Drenajes o infiltraciones desde el botadero o pilas.	Agua Superficial/sedimentos Agua Subterránea Suelos
Desmante / Estéril / Acopios de Baja Ley	Drenajes o infiltraciones provenientes del depósito.	Agua Superficial/sedimentos Agua Subterránea Suelos
Residuos mineros de proceso, no masivos (polvos de fundición, soluciones de descarte, etc.); e industriales	Drenajes o infiltraciones desde el acopio. Arrastre o suspensión de residuos peligrosos por lluvia o viento.	Agua Superficial/sedimentos Agua Subterránea Suelos Aire
Infraestructura Anexa	Drenaje o infiltraciones por presencia de residuos peligrosos (PCB, aceites, reactivos, etc.). Arrastre o suspensión de residuos peligrosos (asbestos, otros).	Agua Superficial/sedimentos Agua Subterránea Suelos Aire

5.2.3.2 Identificación Preliminar de las Sustancias Químicas de Interés Potencial

Las sustancias químicas de interés dependerán del tipo de minería y proceso llevado a cabo en el sitio que se está evaluando.

En la Tabla 5-4 se presenta un listado de los procesos de extracción metalúrgica indicando las sustancias químicas de interés según tipo de minería. Estas sustancias químicas corresponden a las mínimas que deberán analizarse en las muestras de suelo, agua superficial, sedimentos y agua subterránea; aunque puede ser necesario incluir sustancias adicionales dependiendo de las características específicas de cada sitio.

**Tabla 5-4: Tipos de Minería/ Proceso y Principales Sustancias Químicas de Interés**

Tipo de Mineral	Tipo de Procesos	Principales Sustancias Químicas de Interés
Cobre	Flotación	Metales Típicos*, Se, Sb
	Lixiviación (extracción por solvente – electrowining SX – EW)	Metales Típicos *, Se, Sb
Oro	Concentración – Flotación	Metales Típicos *, Hg,
	Concentración – Amalgamación	Metales Típicos *, Sb, Hg
	Concentración – Gravitación	Metales Típicos *, Sb, Hg
	Cianuración	Metales Típicos *, CN
Polimetálico (Zn, Cu, Pb, Ag, Mo)	Flotación	Metales Típicos *
Hierro	Gravitación-Concentración magnética	Metales Típicos *, Se, Be, Sb, Cr, Ni
Carbón	Clasificación y Lavado	Metales Típicos *

\*Metales Típicos: Cu, Pb, Cd, Zn, Mo, As

Fuentes: Elaborado por Golder S.A.

Extraction and beneficiation of ores and minerals, U.S.EPA Office of Solid Waste

### 5.2.3.3 Identificación Preliminar de los Receptores y Vías de Exposición

Los receptores pueden ser personas, animales o ecosistemas que pueden estar en riesgo como resultado de la exposición a contaminantes. El objetivo de la identificación preliminar de los receptores, es determinar los receptores humanos o ecológicos más probables de estar expuestos a los mayores niveles de contaminación y/o que son más susceptibles a los contaminantes de interés.

En la ERD la definición de los receptores será realizada por el especialista, de acuerdo a los resultados de la ERS, usando la misma clasificación de receptores que fue usada en la ERS y que es:

- Personas
  
- Medio Ambiente
  - Vida Acuática
  - Vida Terrestre
  - Áreas Protegidas o Sensibles
  
- Actividades Económicas
  - Agricultura
  - Ganadería
  - Acuicultura y Pesca

Es importante tener en cuenta que la ERD debe realizarse para cada tipo de receptor, de acuerdo con los resultados del ERS. Es decir, si los resultados de la ERS para una faena minera determinada, relativa al receptor “medio ambiente” y “actividades económicas” indican que no existe riesgo (celdas verdes de la matriz de riesgo) y no existe incertidumbre acerca de los resultados de la evaluación, no existe entonces necesidad de realizar una ERD sobre estos receptores. Sin embargo, para la misma faena minera es posible que exista incertidumbre acerca

de la ERS para el receptor “personas”. En este caso, será necesario realizar la ERD para ese receptor.

Las vías de exposición representan la manera por las cuales los receptores pueden entrar en contacto con las sustancias químicas de interés. En el caso de personas, las vías pueden ser, por ejemplo, la *ingestión* de agua y alimento, el *contacto dérmico* con el suelo y agua o la *inhalación* de vapores y polvo. Durante la formulación del problema, las vías de exposición asociadas a los receptores humanos y ecológicos deben ser evaluadas preliminarmente. Esto es importante para que la colecta de muestras suplementarias que se describe en el punto 5.2.3.5, permita obtener la información necesaria para corroborar o refutar la importancia de tales vías de exposición.

#### 5.2.3.4 Elaboración del Modelo Conceptual

Basado en la información obtenida del sitio, el especialista deberá formular un modelo conceptual para planear las próximas etapas de la evaluación de riesgo, incluyendo las actividades de recolección de muestras. El modelo conceptual deberá ilustrar la relación entre las sustancias químicas de interés que existen y los potenciales receptores. Asimismo, deberá resaltar los aspectos importantes del sitio, permitiendo que los pasos subsecuentes de la evaluación sean enfocados en las cuestiones ambientales de mayor importancia. Este modelo deberá ser revisado a menudo, a medida que se vaya obteniendo información detallada del sitio. El modelo conceptual consistirá en un diagrama esquemático (Figura 4-4) que deberá considerar a lo menos:

- Identificación de las fuentes primarias de contaminación en el sitio (Ej. liberación de drenaje ácido de la mina subterránea).
- Indicación de cómo las sustancias químicas pueden desplazarse desde la fuente hacia el medio ambiente (Ej. una sustancia química liberada desde un depósito de relaves puede infiltrarse en el suelo y alcanzar el agua subterránea, o el mismo relave puede ser suspendido por el viento).



- Identificación de los receptores (Ej. residentes, visitantes, ecosistemas, cultivos agrícolas, etc.) que pueden llegar a estar en contacto con el medio contaminado.
- Identificación de las vías de exposición potencial (Ej. ingestión de agua contaminada, contacto dérmico, inhalación de partículas).

#### 5.2.3.5 Requerimientos de Estudios o Muestreo Adicional

Como resultado de la formulación y entendimiento del problema, se definirá la necesidad de realizar estudios específicos adicionales y muestreos de los diferentes medios susceptibles de contaminación, de modo de completar la caracterización de la FMA/P. Será necesario definir, cuando aplique, la necesidad de tomar muestras de peces y/o otras fuentes de alimentación para personas y animales.

Mayores detalles de los tipos de muestreo y las metodologías se presentan en el punto siguiente.

#### *5.2.4 Recolección de Información Complementaria - PASO 2*

##### 5.2.4.1 Visita a la FMA/P

Se deberá llevar a cabo una visita de los especialistas a la FMA/P con el objetivo de recolectar información detallada sobre los receptores, vías de exposición y los medios susceptibles de contaminación. Esta información será también de gran utilidad para definir el Plan de Muestreo para la caracterización del área a evaluar. Las áreas a visitar deben ser, a lo menos:

- Áreas con presencia de contaminación.
- Áreas localizadas entre la fuente de contaminación y las áreas que pueden verse afectadas.

- Áreas localizadas a lo largo de las rutas de migración animal conocidas o potenciales, que puedan desplazar la contaminación a otros lugares.
- Áreas de referencia apropiadas.

Un área de referencia es aquella que presenta características hidrológicas, geológicas, meteorológicas y presencia de ecosistemas similares, pero que no está impactada por los contaminantes del sitio, tal como puede ser un área situada aguas arriba de la localización de la faena minera.

Se debe prestar especial atención a la selección de las áreas de referencia, ya que deben estar suficientemente alejadas para garantizar que los contaminantes no la hayan alcanzado y por otra parte, debe presentar características similares al sitio de la faena en evaluación.

El levantamiento de la información en terreno deberá llevarse a cabo mediante observación directa, apoyada con entrevistas a pobladores residentes en el área de estudio o alrededores, entrevista a autoridades, y a organizaciones con intereses o actividades en el área.

En el grupo de receptores “**Personas**” la información que será levantada durante la visita de reconocimiento estará enfocada a los siguientes aspectos:

- Identificación de las poblaciones cercanas y determinación de la ubicación de las poblaciones potencialmente expuestas a los contaminantes con respecto a la faena en evaluación.
- Identificación de las fuentes de agua potable de la población.
- Situación de pozos de abastecimiento de agua, bocatomas e infraestructura importante para el abastecimiento de agua.

- Establecimiento de un esquema hidrogeológico local, que incluya una referencia en cuanto a la profundidad del nivel del agua subterránea y la dirección del flujo.
- Determinación de la distancia entre las fuentes de abastecimiento de agua potable y las áreas contaminadas.
- Existencia de actividades agrícolas en el Área de Estudio como fuente de alimentación de la población. Se refiere a la posibilidad que la población esté consumiendo alimentos vegetales, que sean cultivados por ejemplo en suelos contaminados o que sean regados con aguas contaminadas.
- Existencia de actividades ganaderas en el Área de Estudio. Se debe considerar en este caso la posibilidad que productos agrícolas consumidos por el ganado sean regados con agua contaminada o que el ganado esté tomando agua contaminada.
- Existencia de actividades de pesca y/o acuicultura como fuente de alimentación de la población. Se refiere a la posibilidad que la población esté consumiendo organismos acuáticos (peces, mariscos, etc.) que provengan de aguas contaminadas.
- Evaluación de la posibilidad de que los contaminantes o los alimentos contaminados sean trasladados hacia otras poblaciones fuera del área de estudio, que pudieran resultar afectadas en el futuro.
- Existencia de ríos, lagos y/o otros cuerpos de agua que sean utilizados para recreación.

En relación a los receptores “Ecológicos” la visita al sitio deberá ser diseñada para evaluar directamente las características y condiciones del área, por lo cual debe ser realizada con la participación de un biólogo o ecólogo que tenga familiaridad con la fauna y flora específica del sitio y preferiblemente con experiencia en evaluación de riesgos. Antes de la visita al sitio se deberá contar por lo menos con la siguiente información:

- Uso presente e histórico del sitio y de propiedades vecinas.
- Uso actual del agua y potencial uso futuro.
- Presencia de ecosistemas sensibles en el sitio o adyacentes al mismo.
- Presencia de especies en peligro de extinción.
- Mapas locales y regionales en los cuales se indique vegetación, puntos de muestreo (si existen), uso del suelo, wetlands (humedales, bofedales), cuerpos de agua superficial, etc.

El ecólogo / biólogo identificará y describirá las especies de flora y fauna de importancia ecológica y sus poblaciones (especies en categoría de conservación<sup>2</sup>, especies que sostienen otras especies en conservación, especies endémicas, etc.), revisará indicadores de impactos actuales o potenciales y localizará hábitat de referencia apropiados. Esta información deberá ser levantada y mapeada.

Algunos indicadores de impactos (Ej. cambios en la estructura de la comunidad o diversidad de especies) pueden no ser evidentes durante una visita relativamente corta al sitio. Sin embargo la ausencia de ciertas características de ecosistemas sanos puede ser notada durante la visita al sitio y suministrar evidencia de impactos potenciales. Por ejemplo: falta de algunos insectos encontrados típicamente cerca o en el borde de ríos y quebradas, puede indicar impactos ecológicos.

La fecha de la visita al sitio debe ser seleccionada con especial atención ya que la presencia y abundancia de algunas plantas y animales están fuertemente relacionadas a la estación del año. La presencia de nieve y otros eventos estacionales pueden interferir en las observaciones. Es importante también tener presente los patrones de actividad de las diferentes especies (diurna / nocturna, temprano en la mañana / al finalizar la tarde, etc.).

---

<sup>2</sup> Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres, CONAF 1988; D.S. N°5 Reglamento de la Ley de Caza, Ministerio de Agricultura 1998; Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile, CONAF 1989; Boletín N°47 Museo Nacional de Historia Natural, 1998.

La visita a cada una de las áreas deberá incluir caminatas de observación en toda el área ocupada por las instalaciones, obras y acopios de la FMA/P, en las áreas situadas aguas abajo que pueden acarrear contaminantes, aguas abajo de ríos, a lo largo del borde de otros cuerpos de agua superficial, etc. Durante las visitas, la localización de todos los hábitats importantes debe ser levantada y mapeada.

#### 5.2.4.2 Recolección y Análisis de Muestras Complementarias

Una vez formulado el problema y realizada la visita al sitio, se deberá proseguir con la recolección y análisis de muestras complementarias (agua superficial, agua subterránea, sedimento, suelo y aire) para caracterizar desde el punto de vista fisicoquímico los diferentes medios potencialmente contaminados en la FMA/P. Se deberá preparar un Plan de Muestreo específico para cada sector a evaluar, el cual deberá incluir, pero no estar limitado a:

- i. Selección de puntos y tamaño del muestreo.
- ii. Metodología de muestreo.
- iii. Análisis de laboratorio requeridos.
- iv. Análisis estadístico de resultados.
- v. Aseguramiento y Control de la Calidad del Muestreo (QA/QC).

En las siguientes secciones, se describen estas actividades.

##### ***i. Selección de los puntos y tamaño del muestreo***

###### ***a. Puntos de muestreo***

En la Tabla 5-5 se presenta el enfoque recomendado para el Plan de muestreo de los diferentes medios susceptibles de contaminación: agua superficial, sedimentos, agua subterránea, suelo y aire, para las diferentes obras e instalaciones de la FMA/P.

**Tabla 5-5: Plan de Muestreo de los Diferentes Medios Susceptibles de Contaminación**

Instalación / Acopio / Obra	Agua Superficial	Sedimentos	Agua Subterránea	Suelo	Aire
<b>Labor Subterránea</b>	Toma de muestra del drenaje proveniente de la mina Toma de muestra de agua del cuerpo receptor (río/lago)	Muestreo del sedimento de fondo en el cuerpo receptor	Toma de muestra de agua de pozos existentes en el área de estudio. Instalación de nuevos pozos de monitoreo cuando la profundidad de la napa sea menor a 20 metros.	No se requiere	No se requiere
<b>Labor Superficial</b>	Toma de muestra del agua acumulada dentro del rajo	No se requiere	Toma de muestra de agua de pozos existentes en el área de estudio.	No se requiere	No se requiere
<b>Plantas de Procesamiento</b>	Toma de muestra del cuerpo de agua receptor (río/lago)	Muestreo del sedimento de fondo en el cuerpo receptor	Toma de muestra de agua de pozos existentes en el área de estudio. Instalación de nuevos pozos de monitoreo cuando la profundidad de la napa sea menor a 20 metros.	Toma de muestra de suelo superficial (<0.50 m de profundidad)	No se requiere
<b>Tranques de Relave</b>	Toma de muestra del cuerpo de agua receptor (río/lago)	Muestreo del sedimento de fondo en el cuerpo receptor	Toma de muestra de agua de pozos existentes en el área de estudio. Instalación de nuevos pozos de monitoreo cuando la profundidad de la napa sea menor a 20 metros.	Toma de muestra de suelo superficial (<0.50 m de profundidad) en el depósito de relaves	Puntos de muestreo localizados en área de receptores, teniendo en cuenta dirección predominante del viento
<b>Ripios de Lixiviación</b>	Toma de muestra del cuerpo de agua receptor (río/lago)	Muestreo del sedimento de fondo en el cuerpo receptor	Toma de muestra de agua de pozos existentes en el área de estudio. Instalación de nuevos pozos de monitoreo cuando la profundidad de la napa sea menor a 20 metros.	Toma de muestra de ripios	No se requiere
<b>Desmante / Estéril / Acopios de baja ley</b>	Toma de muestra del cuerpo de agua receptor (río/lago)	Muestreo del sedimento de fondo en el cuerpo receptor	Toma de muestra de agua de pozos existentes en el área de estudio. Instalación de nuevos pozos de monitoreo cuando la profundidad de la napa sea menor a 20 metros.	Toma de muestra del material del depósito	No se requiere
<b>Residuos Industriales (peligrosos, no peligrosos)</b>	Toma de muestra del cuerpo de agua receptor (río/lago)	Muestreo del sedimento de fondo en el cuerpo receptor	Toma de muestra de agua de pozos existentes en el área de estudio. Instalación de nuevos pozos de monitoreo cuando la profundidad de la napa sea menor a 20 metros.	Toma de muestra de suelo superficial (<0.50 m) en el área del depósito de residuos	Puntos de muestreo localizados en área de receptores, teniendo en cuenta dirección predominante del viento
<b>Residuos mineros de proceso, no masivos (polvos de fundición, soluciones de descarte, etc.)</b>	Toma de muestra del cuerpo de agua receptor (río/lago)	Muestreo del sedimento de fondo en el cuerpo receptor	Toma de muestra de agua de pozos existentes en el área de estudio. Instalación de nuevos pozos de monitoreo cuando la profundidad de la napa sea menor a 20 metros.	Toma de muestra de suelo superficial (<0.50 m)	Puntos de muestreo localizados en área de receptores, teniendo en cuenta dirección predominante del viento

Se tomarán muestras basales (background) para determinar la concentración basal de las diferentes sustancias químicas a evaluar y que se refiere a niveles que ocurren en forma natural en agua superficial, agua subterránea y suelo. Estas muestras se deberán tomar en las áreas de referencia que no estén influenciadas por la contaminación del sitio, pero que tengan características similares tales como geología, topografía, meteorología y otras características físicas (ver sección 5.2.4.1).

*b. Tamaño del Muestreo*

Generalmente el tamaño del muestreo (número de muestras que deben tomarse) y la localización de los puntos de muestreo deberán determinarse al mismo tiempo. Para la determinación del número apropiado de muestras para el análisis de riesgo detallado en cada sitio deberá tenerse en cuenta:

- Número de áreas de preocupación (áreas con presencia de contaminantes) que serán muestreadas.
- Métodos estadísticos que serán utilizados para el análisis de resultados.
- Consideraciones prácticas de logística y costos.
- El número de muestras y puntos de muestreo definitivos serán definidos por el especialista.

*c. Criterios sugeridos para puntos y tamaño de muestreo*

A continuación se presentan indicaciones generales para determinar los puntos a muestrear y la cantidad de muestras que se deben tomar en una FMA/P, para los diferentes medios: agua superficial, subterránea, suelos, sedimentos y aire. Estas indicaciones son referenciales, debiendo ser aplicadas por un especialista en cada caso en particular.

### *c.1 Agua Superficial*

- Tomar una muestra del drenaje procedente de la faena minera (mina subterránea, rajo, planta de proceso, rípios de lixiviación, depósitos de estériles/desmonte/acopios de baja ley o depósito de residuos).
- Tomar una muestra en el cuerpo receptor, aguas arriba de la descarga del drenaje (para determinación de los niveles basales).
- Tomar una muestra en el cuerpo receptor inmediatamente aguas abajo de la descarga del drenaje.
- Tomar una muestra en el cuerpo receptor cada 500 m o en aquellos sitios donde el agua tenga algún uso potencial en el área de estudio (consumo, riego, etc.), hasta una distancia que determine el especialista.
- Tomar una muestra por cada 500 m<sup>2</sup> de área superficial para lagos o estanques.
- Tomar una muestra por cada 500 m<sup>2</sup> de superficie inundada, para el caso de agua superficial acumulada en el rajo.

Para el muestreo de agua superficial se tendrán en cuenta únicamente los cuerpos receptores permanentes y no así los estacionales.

### *c.2 Sedimentos*

Una muestra de sedimento en los mismos puntos donde se lleve a cabo el muestreo de agua superficial.



### *c.3 Agua Subterránea*

Los puntos de muestreo de agua subterránea corresponderán a los pozos de agua existentes en el área de estudio. Se tomará por lo menos una muestra de cada uno de los pozos existentes.

Para napa subterránea a profundidades menores a 20 metros, se podría requerir la instalación de pozos de monitoreo nuevos para la toma de muestras, dependiendo de los riesgos específicos de la FMA/P. El número de pozos y su ubicación debe ser determinada por un especialista ambiental y un hidrogeólogo.

### *c.4 Suelo*

Para el caso de los depósitos de relaves, ripios de lixiviación, estériles y acopios de baja ley, y botaderos de cualquier otro tipo de residuo, se establecerá una grilla de muestreo de acuerdo al tamaño del depósito en m<sup>2</sup>. La grilla podrá ser cuadrada, rectangular, triangular o hexagonal, dependiendo de la forma del área que se quiera muestrear. Se deberá considerar lo siguiente:

- Se deberán tomar al menos 5 a 10 muestras de diferentes puntos alrededor del depósito.
- Las muestras deberán tomarse a una profundidad mayor de 25 centímetros y a no más de un metro.

Las muestras de suelo en el área de la planta de proceso serán tomadas de acuerdo a lo observado en terreno. Por lo menos se deberá tomar una muestra de suelo superficial en aquellos puntos donde se observen evidencias de contaminación.

### *c.5 Aire*

Se establecerá un programa de monitoreo con una duración de por lo menos tres meses. La localización de los puntos de muestreo deberá establecerse en los lugares donde existan receptores sensibles y considerando la dirección predominante del viento.

*d. Evaluación de los Niveles Basales (Background)*

La concentración *basal* está definida como la concentración de una sustancia en el medio ambiente en un área geográfica determinada, la cual no incluye ningún aporte de fuentes antropogénicas. Las concentraciones de sustancias químicas, principalmente metales, alrededor de faenas mineras suelen ser naturalmente elevadas, lo cual es razonable ya que por esta razón es que el sector fue objeto de labores mineras. Por lo anterior, es importante considerar los datos *basales* para determinar si las concentraciones detectadas son resultado de las características propias del área o son debidas a aportes antropogénicos.

Para el análisis de riesgo es importante determinar las concentraciones *basales* específicas de la faena minera que se está evaluando debido a que la presencia natural de metales en el medio ambiente puede variar ampliamente de un sitio a otro y entre diferentes medios (aguas, suelo, sedimento). Se deberán tener en cuenta los siguientes criterios para la determinación de los sitios donde se tomarán las muestras *basales*:

- Deberá estar localizado dentro del área geográfica local.
- Deberá representar la diversidad del depósito de roca y geología superficial encontrada en el área de estudio.
- Deberá ser representativa de la concentración de elementos atribuibles a fuentes naturales.
- No deberá incluir aportes de fuentes puntuales.

El número de muestras requeridas para determinar las concentraciones basales dependerá de las características de cada sitio. En principio, las muestras background deberían colectarse en 1 y a 3 sectores representativos para cada medio muestreado (suelo, agua, etc.). Sin embargo, los factores que se mencionan a continuación incrementarán el número de sectores o de muestras que pueden ser necesarias para caracterizar la condición basal.

- Existencia de contaminación en más de un medio.
- Existencia de materiales geológicos heterogéneos.
- Tamaño extenso del área de interés, cubriendo terrenos variables.
- La variación de las concentraciones de sustancias químicas de interés es alta con respecto a la basal.
- Las diferencias entre las concentraciones en el sitio y la concentración basal son bajas, habiendo sospechas de contaminación en el sitio.

*ii. Metodología de Muestreo*

*a. Agua Superficial y Sedimentos*

Se recomienda consultar las normas que se mencionan a continuación para el muestreo de agua superficial y sedimentos:

- NCh409/2.Of04: Agua potable - Parte 2: Muestreo.
- NCh411/1.Of96: Calidad del agua - Muestreo - Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo.
- NCh411/2.Of96: Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
- NCh411/3.Of96: Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
- NCh411/4.Of97: Calidad del agua - Muestreo - Parte 4: Guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales.

- NCh411/6.Of98 Calidad del agua - Muestreo - Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua.
- Standard Operating Procedure Surface Water Sampling, U. S. EPA Environmental Response Team. (<http://www.epa.gov/region04/sesd/fbgstp/Surfacewater-Sampling.pdf>).
- Procedures for Handling and Chemical Analysis of Sediment and Water Samples, EPA and COE 1981.
- British Columbia Field Sampling Manual, for Continuous Monitoring and the Collection of Air, Air-Emission, Water, Wastewater, Soil, Sediment, and Biological Samples, Province of British Columbia, 2003.  
([http://www.env.gov.bc.ca/air/wamr/labsys/field\\_man\\_pdfs/fld\\_man\\_03.pdf](http://www.env.gov.bc.ca/air/wamr/labsys/field_man_pdfs/fld_man_03.pdf))

*b. Agua Subterránea*

Para la instalación de los pozos de monitoreo y su respectivo muestreo, se recomienda consultar las normas y procedimientos que se mencionan a continuación:

- NCh411/11.Of98 Calidad del agua - Muestreo - Parte 11: Guía para el muestreo de aguas subterráneas.
- ASTM D5092-90. Standard practice for design and installation of ground water monitoring wells in aquifers.
- ASTM D5903 Planning and Preparing for Ground Water Sampling Event.
- ASTM D4448 Sampling Ground Water Wells.

- ASTM D6634 Selection of Purging And Sampling Devices for Monitoring Wells.
- ASTM D6452 Purging Methods for Wells Used for Ground Water Investigations.
  
- Practical Guide to Ground-water Sampling, EPA 1985.  
(<http://www.epa.gov/OUST/cat/pracgw.pdf>).
  
- Ground-water Sampling for Metals Analyses; EPA 1989.  
(<http://www.epa.gov/tio/tsp/download/gwsamp2.pdf>).
  
- Site Characterization for Subsurface Remediation, Chapter 9 Geochemical Sampling Subsurface Solid and Ground Water, EPA 1991. (<http://www.epa.gov/OUST/cat/sitchasu.pdf>).
  
- Ground-Water Sampling Guidelines for Superfund, EPA 2002.  
([http://www.epa.gov/tio/tsp/download/gw\\_sampling\\_guide.pdf](http://www.epa.gov/tio/tsp/download/gw_sampling_guide.pdf)).

*c. Suelo*

Para el muestreo de suelos se recomienda consultar los procedimientos presentados en los siguientes documentos:

- Standard Operating Procedure - Soil Sampling, U. S. EPA Environmental Response Team.  
(<http://www.epa.gov/docs/region09/toxic/noa/eldorado/pdf/E&E-SoilSampling-SOP-ENV-3-13.pdf>).
  
- Soil Sampling Quality Assurance Guide, EPA 1989.  
(<http://www.epa.gov/esd/cmb/research/bs122.pdf>).
  
- Environmental Investigations Standard Operating Procedures and Quality Assurance Manual, EPA 2001. (<http://www.epa.gov/region4/sesd/eisopqam/eisopqam.pdf>).

- British Columbia Field Sampling Manual, for Continuous Monitoring and the Collection of Air, Air-Emission, Water, Wastewater, Soil, Sediment, and Biological Samples, Province of British Columbia, 2003.  
([http://www.env.gov.bc.ca/air/wamr/labsys/field\\_man\\_pdfs/fld\\_man\\_03.pdf](http://www.env.gov.bc.ca/air/wamr/labsys/field_man_pdfs/fld_man_03.pdf)).

*d. Aire*

Para el monitoreo de la calidad del aire se seguirá la metodología de medición establecida en las normas de calidad establecidas en los siguientes Decretos Supremos y/o Resoluciones en Chile:

- Decreto 185/91 M. Minería: Reglamenta funcionamiento de establecimientos emisores de Anhídrido Sulfuroso, Material Particulado y Arsénico en todo el territorio de la República.
- Decreto 59/98 MINSEGPRES: Establece norma de calidad primaria para Material Particulado Respirable MP10.
- Decreto 136/01 MINSEGPRES: establece norma de calidad primaria para Plomo en el aire.
- British Columbia Field Sampling Manual, for Continuous Monitoring and the Collection of Air, Air-Emission, Water, Wastewater, Soil, Sediment, and Biological Samples, Province of British Columbia, 2003. ([http://www.env.gov.bc.ca/air/wamr/labsys/field\\_man\\_pdfs/fld\\_man\\_03.pdf](http://www.env.gov.bc.ca/air/wamr/labsys/field_man_pdfs/fld_man_03.pdf)).

*iii. Análisis de laboratorio*

Los parámetros a analizar en las diferentes muestras tomadas (agua superficial, agua subterránea, suelo) corresponderán al menos a los parámetros asociados al tipo de minería y proceso metalúrgico que se tiene en referencia. En la Tabla 5-6 se presentan los análisis químicos recomendados para las diferentes instalaciones y fuentes de contaminación.

**Tabla 5-6: Análisis Químicos Recomendados para las Diferentes Instalaciones y Fuentes de Contaminación**

Instalación / Acopio / Obra	Fuente de Contaminación	Análisis Requeridos		
		Agua Superficial y Subterránea (**)	Sedimentos (**)	Suelo (**)
<b>Labores Subterráneas</b>	Drenaje proveniente de la Mina Subterránea	Metales Misceláneos*	Metales	No requiere
<b>Labores Superficiales</b>	Drenaje acumulado en el rajo	Metales Misceláneos*	Metales	No requiere
<b>Plantas de Procesamiento</b>	Aguas lluvias contaminadas	Metales, Misceláneos*	Metales	Metales
<b>Tranques de Relave</b>	Depósito de relaves	Metales Misceláneos* CN	Metales	Test ABA Test SPLP Metales CN
<b>Ripios de Lixiviación</b>	Drenaje proveniente del depósito	Metales Misceláneos*	Metales	Test ABA Test SPLP Metales
<b>Desmorte / Estéril / Acopios de baja ley</b>	Drenaje proveniente del depósito	Metales Misceláneos*	Metales	Test ABA Test SPLP
<b>Escoria</b>	Depósito de escoria	No requiere	No requiere	Metales
<b>Residuos Industriales (peligrosos, no peligrosos)</b>	Depósito de residuos	Metales Misceláneos*	Metales	Metales
<b>Residuos mineros de proceso, no masivos (polvos de fundición, soluciones de descarte, etc.)</b>	Depósito de residuos	Metales Misceláneos*	Metales	Metales

\*DQO, Aceites y Grasas, OD, Fenoles, Detergente Aniónico, Turbidez, Conductividad, Sólidos Suspendedos Totales, Sólidos Disueltos Totales, pH, Acidez

\*\* En operaciones que hayan utilizado CN, incorporar este elemento dentro de los parámetros a analizar.

Nota: Los metales en agua deberán ser medidos como concentraciones totales

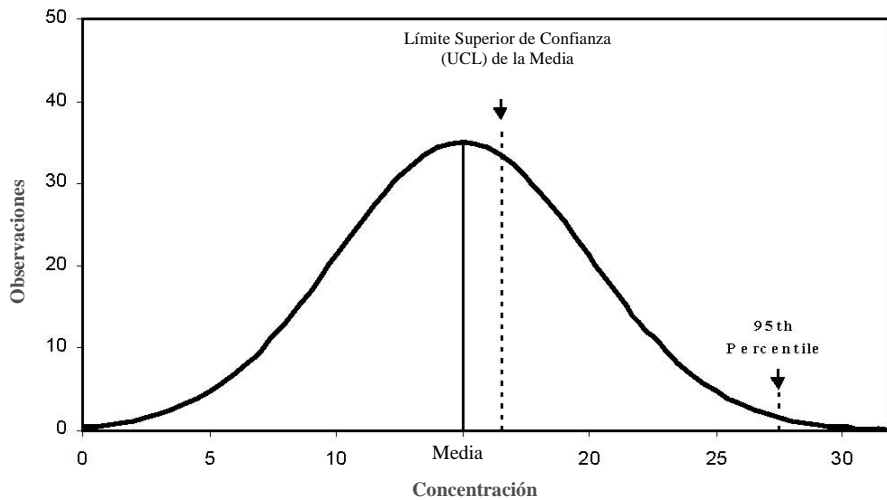
Para el caso de los depósitos de relaves, ripios de lixiviación, desmontes, estériles y acopios de baja ley, se recomienda realizar la prueba ABA (Acid Base Accounting) y SPLP (Synthetic Precipitation Leaching Procedure, EPA Method 1312) en al menos cuatro muestras, para determinar el potencial de generación de aguas ácidas y las características de toxicidad por lixiviación de estos materiales.

Deberá prestarse especial atención al laboratorio y metodología de análisis, de tal manera que los límites de detección del método analítico utilizado sean inferiores a los estándares de calidad de referencia para agua, sedimentos, suelo y aire que serán utilizados para la evaluación, y que se presentan más adelante.

**iv. Análisis Estadístico de los Resultados**

Cuando se evalúan los riesgos de contaminación intervienen muchos factores, bastantes de los cuales presentan incertidumbre en la forma en que distribuyen en la naturaleza. Un buen ejemplo de ello es la variación en las concentraciones presentes en un medio como el suelo o el agua. Cuanta mayor sea la cantidad de muestras que se analicen, mejor será la comprensión del rango dentro del cual se presentan los resultados y de los niveles más típicos (en estadística, esto es conocido como el teorema del límite central; ver Figura 5-4).

**Figura 5-4: Análisis Estadísticos de Resultados de Laboratorio. Comparación de UCL y el 95 Percentil<sup>3</sup>**



A medida que el número de muestras se incrementa, el Límite Superior de Confianza (UCL) de la media se aproxima a la media verdadera, mientras que el 95% ILE (95 percentil) de la distribución permanece en el extremo superior de la distribución

<sup>3</sup> Figura tomada del documento “Supplemental Guidance to RAGS: Calculating the Concentration Term”, US EPA, 1992



La concentración de contaminantes en un sitio es caracterizada generalmente mediante valores estadísticos como son:

- Rango.
- Media.
- Media con un nivel de confianza del 95% (95% UCLM, Upper Confidence Limit of the Mean).
- Percentil del 90 (90 ile); y.
- Porcentaje de muestras que exceden la norma.

Los evaluadores de riesgos acostumbran a usar la media con un nivel de confianza del 95% y el percentil del 90, pues es preferible sobre-estimar los riesgos que sub-estimarlos.

Aunque es posible calcular estos parámetros estadísticos con un conjunto limitado de datos, no siempre tiene sentido hacerlo cuando hay un número insuficiente de muestras (Ej. cuando se dispone de un subconjunto inadecuado de los lugares contaminados). Por ejemplo, el cálculo del percentil del 90 cuando se dispone de menos de 20 muestras generalmente no entrega una buena estimación del parámetro. De igual modo, es deseable tener 10-15 réplicas para calcular la media con un nivel de confianza del 95%. Si se dispone de menos de 10 muestras, es posible calcular este valor y el de la media, sin embargo, dada la incertidumbre que existirá respecto a la distribución estadística, será más prudente usar el máximo valor como una estimación del valor de contaminación y de su riesgo asociado.

Es importante señalar que se requiere de buen juicio profesional; por ejemplo, si la mayor parte del área presenta un nivel de contaminación relativamente baja, pero existen áreas específicas donde los niveles de contaminación son altos debido a una actividad (Ej. Área de carga donde el

concentrado era transferido a camiones y ocurrieron derrames), entonces se debería definir el área de carga “Área de Preocupación Ambiental (AEC) No. 1” y la otra área como AEC No. 2”, ya que ellas representan dos diferentes “poblaciones” de distribución de contaminantes. Esto resultaría entonces en estimaciones de riesgo separadas calculadas para las diferentes AECs y cada estimación de riesgo reflejaría no sólo los niveles de exposición al contaminante, sino también la diferencia en la frecuencia de exposición del receptor, duración de la exposición, etc. Asimismo, la decisión de remediación para cada AEC también podría ser diferente; por ejemplo, podría decidirse limpiar el área correspondiente al AEC No. 1 y algo muy diferente para la AEC No. 2.

El especialista deberá utilizar su buen juicio para seleccionar la mejor fuente de información para obtener los valores que mejor representen las diferentes variables; por ejemplo, la frecuencia de consumo de pescado de un cuerpo de agua contaminado deberá estar basado, preferiblemente, en entrevistas con personal local más que en datos estadísticos tomados de un informe genérico acerca de patrones de consumo a nivel regional.

v. *Aseguramiento y Control de la Calidad del Muestreo (QA/QC)*

Las principales consideraciones a tener en cuenta para el aseguramiento y control de calidad del muestreo están relacionadas con protocolos de muestreo, elementos de muestreo, muestras de control de calidad, procedimientos de colecta de muestras y preservación.

a. *Protocolo de Muestreo*

El protocolo de muestreo para el análisis de riesgo deberá incluir lo siguiente:

- Objetivos del estudio.
- Procedimientos de colecta, preservación, manipulación y transporte de muestras.
- Estrategias analíticas que serán usadas.

*b. Elementos de Muestreo*

Los elementos usados para la colecta, almacenamiento, preservación y transporte de muestras deberán ser tales que no alteren las muestras. Por ejemplo, si se utilizan materiales inapropiados para la instalación de pozos de monitoreo para la toma de muestras de agua subterránea, algunos compuestos pueden ser absorbidos hacia los materiales del pozo y no estar presentes en la muestra tomada.

*c. Muestras de Control de Calidad*

Se deberán tomar muestras para control de calidad (blanco de viaje, blanco de campo, blanco de equipo, muestras duplicadas, muestras divididas). Dichas muestras, deberán ser almacenadas, transportadas y analizadas de una manera idéntica a aquellas muestras tomadas para la caracterización del sitio.

Se recomienda que todas estas muestras de control de calidad sean identificadas de la misma forma que las muestras tomadas para la caracterización del sitio, de tal manera que el laboratorio no tenga conocimiento de las muestras correspondientes al control de calidad.

- Muestra Blanco de Viaje. Consiste en envases de agua des-ionizada o muestras de suelo background preparados por el laboratorio. Se mantienen cerrados, en la misma hielera que las otras muestras en cada fase del proceso, desde el envío de los envases al terreno hasta el regreso al laboratorio. Durante todo el proceso, estas muestras deberán permanecer cerradas para evitar la contaminación durante el transporte de la muestra o en el almacenaje en el laboratorio. Se requiere por lo menos una para cada envío de muestra.

- Muestra Blanco de Campo. Tiene como propósito confirmar que no se introdujo ningún contaminante inadvertidamente en las muestras durante el proceso de muestreo y envío, desde el sitio investigado. Los blancos de campo podrán ser envases de agua des-ionizada o muestra de suelo background que se llenan en el punto de muestreo.

Muestras Blancos de Equipo. Consisten en envases llenos con el agua final del enjuague de la descontaminación de los equipos. Una vez analizados, muestran la efectividad de la limpieza de los equipos de campo.

Muestras Duplicado. Deberán ser dos muestras colectadas simultáneamente del mismo punto de muestreo y son usadas como medida de la homogeneidad del medio muestreado. También pueden usarse para chequear la precisión del laboratorio de análisis.

Muestras Divididas. Corresponden a una muestra dividida en fracciones iguales y enviada a laboratorios independientes para análisis. Estas muestras divididas son usadas para chequear la precisión y exactitud del laboratorio de análisis. Las muestras también pueden ser divididas para análisis en el mismo laboratorio. En este caso, deben identificarse en forma diferente y no informar al laboratorio que éstas corresponden a una misma muestra.

#### *d. Preservación de Muestras*

Se deberán establecer procedimientos adecuados para preservar las muestras durante el período entre la colecta y el análisis en el laboratorio, de tal manera que no se alteren las concentraciones de químicos presentes en el medio de donde fueron tomadas.

En general la preservación de muestras comúnmente utilizada en diferentes matrices es la siguiente:

- Agua: las muestras fijadas con ácido no requieren preservación. Otras muestras requieren de refrigeración hasta su análisis. Se debe confirmar con el laboratorio tiempo máximo de almacenamiento entre la toma y el análisis.
- Suelos y sedimentos: estas muestras en general no requieren preservación.
- Muestras biológicas: estas muestras son mantenidas congeladas hasta su análisis.

Para la información relacionada con preservación de muestras se recomienda consultar el documento “British Columbia Laboratory Methods Manual”, Ministry of Environment Province of British Columbia. ([http://www.env.gov.bc.ca/air/wamr/labsys/lab\\_man\\_07.html](http://www.env.gov.bc.ca/air/wamr/labsys/lab_man_07.html)).

*e. Cadena de Custodia*

El seguimiento de la posesión y la manipulación de las muestras, desde el momento en que se recolecta hasta el momento en que se analiza en el laboratorio, se debe realizar a través de una cadena de custodia, la cual deberá acompañar a cada grupo de muestras que se recolecten para su análisis en laboratorio.

El propósito de este formulario es documentar la transferencia de muestras desde la ubicación de las mismas hasta el laboratorio y asegurarse por este medio que ninguna muestra se pierda o se etiquete incorrectamente. Una persona será responsable de mantener las muestras en todo momento. Durante el transporte, tanto la persona que entregue las muestras a la empresa transportista como la persona que las reciba en el laboratorio firmarán el formulario de cadena de custodia, y registrarán la fecha y hora de la transferencia. La responsabilidad por las muestras pasará entonces a quien las reciba.

La cadena de custodia original debe ser entregada al laboratorio junto con los análisis respectivos.

*5.2.5 Confirmación de las Sustancias Químicas de Interés Potencial - PASO 3*

La Confirmación de las Sustancias Químicas de Interés Potencial se realiza teniendo en cuenta estándares de calidad previamente definidos como referencia, lo cual garantiza que la exposición al riesgo no está siendo subestimada. Estos valores de referencia generalmente se determinan de manera conservadora para casos generales y no consideran las condiciones específicas del sitio evaluado. Por lo tanto, cualquier programa de remediación que se lleve a cabo para disminuir las concentraciones de contaminantes hasta los niveles de referencia indicados en los estándares de calidad, garantizará la disminución del riesgo hasta niveles aceptables.

Los valores de referencia corresponden a estándares de calidad o límites permisibles establecidos en la normativa nacional chilena o en otros países que se usen como referencia.

En Chile se han establecido estándares para consumo humano, vida acuática, uso recreativo y riego, además de aquellos establecidos para situaciones específicas. Sin embargo, en este tema aún se carece de normativas para algunos de los receptores que se deben considerar en una evaluación de riesgo. Debido a esta carencia es usual la utilización de los criterios y estándares desarrollados en otros países. En la Tabla 5-7 se presentan diferentes estándares de calidad para los diferentes receptores considerados en la evaluación.

En los casos donde no se cuenta con estándares de calidad chilenos, se han incluido estándares utilizados a nivel internacional para los diferentes receptores. En cualquier caso, se deberá dar prioridad al uso de los estándares de calidad chilenos.

Como segunda opción se deberán usar referencias tales como las de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), etc. Como tercera opción se considerarán estándares de calidad específicos de otros países tales como Canadá (CCME), Estados Unidos (USEPA), etc. En el Anexo C1 se presenta un resumen de los estándares de calidad mencionados para las diferentes sustancias químicas esperadas.

Cabe mencionar que estos estándares, especialmente los internacionales, están sujetos a actualizaciones periódicas, por lo tanto el Evaluador deberá revisar dichas actualizaciones al momento de realizar la evaluación para lo cual se entregan las correspondientes direcciones accesibles vía Internet.

**Tabla 5-7: Estándares de Calidad de Referencia para la Confirmación de las Sustancias Químicas de Interés Potencial <sup>(1)</sup>**

Medio	Personas	Vida Acuática	Vida Silvestre Terrestre	Áreas Protegidas o Sensibles	Agricultura	Ganadería	Acuicultura
<b>Agua Subterránea</b>	NCh 409/1, Of. 2005, Agua potable WHO <i>drinking water</i> CCME <i>Water (community)</i>				NCh 1333 Riego FAO <i>irrigation water</i> CCME: <i>Water (Agriculture, Irrigation)</i>	FAO <i>livestock drinking water</i> CCME: <i>Water (Agriculture, Livestock)</i>	
<b>Agua Superficial</b>	NCh 409/1 Agua potable NCh 1333: Recreación WHO <i>drinking water</i> CCME <i>Water (community)</i>	NCh 1333 Vida Acuática CCME <i>Aquatic life</i>	EPA Region 5 : <i>Ecological Screening Levels</i>	EPA Region 5 : <i>Ecological Screening Levels</i>	NCh 1333 Riego FAO <i>irrigation water</i> CCME: <i>Water (Agriculture)</i>	FAO <i>livestock drinking water</i> CCME: <i>Water (Agriculture, Livestock)</i>	NCh 1333 Vida Acuática CCME: <i>Aquatic life</i>
<b>Suelo</b>	CCME: <i>Residential/Park</i>		EPA Region 5 : <i>Ecological Screening Levels</i>	EPA Region 5 : <i>Ecological Screening Levels</i>	CCME: <i>Agriculture (*)</i>	CCME: <i>Agriculture (*)</i>	
<b>Aire</b>	DS 113/03, Calidad de Azufre DS 59/98, Calidad de MP10 DS 136/01, Calidad de Plomo DS 115/02, Calidad de Monóxido de Carbono DS 114/03, Calidad de Dióxido de Nitrógeno WHO: <i>Air Quality</i>		Decreto 185/91 M. Minería	Decreto 185/91 M. Minería	Decreto 185/91 M. Minería	Decreto 185/91 M. Minería	

NCh: Norma Chilena

WHO: Organización Mundial de la Salud

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación

CCME : Canadian Council of Ministers of the Environment - Environmental Quality Guidelines ([http://www.ccme.ca/assets/pdf/e1\\_06.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/e1_06.pdf))

ORNL: Oak Ridge National Laboratory ([http://risk.lsd.ornl.gov/homepage/eco\\_tool.shtml](http://risk.lsd.ornl.gov/homepage/eco_tool.shtml))

EPA Region 5: Ecological Screening Levels for soil (<http://www.epa.gov/reg5rcra/ca/ESL.pdf>)

(\*) Los estándares de calidad de suelo para agricultura recomendados por CCME están basados en el valor más bajo obtenido considerando “Salud Humana” y “Medio Ambiente”; sin embargo, para algunos químicos, los datos son insuficientes / inadecuados y la obtención del estándar (criterio) estuvo basada únicamente en “Salud Humana”; por lo tanto, el especialista en evaluación de riesgos deberá consultar las guías de la CCME para verificar la aplicabilidad de los criterios para salud de animales y plantas de cada sustancia química de interés.

(1) Los valores de referencia de las respectivas normas se encuentran contenidos en el Anexo C1.

Las concentraciones obtenidas de las muestras analizadas en laboratorio (teniendo en cuenta el manejo estadístico indicado en el ítem 5.2.4.2. iv Análisis Estadístico de los Resultados) serán comparadas con los estándares de calidad mencionados. Si las concentraciones son inferiores a los estándares de calidad, este riesgo no será significativo para los receptores considerados.

En caso contrario, habiendo sustancias cuyas concentraciones sean mayores que los valores de referencia, y que por lo tanto pueden representar riesgo para los receptores considerados, deberá llevarse a cabo acciones de remediación tendientes a disminuir el riesgo hasta niveles aceptables o bien continuar con la Evaluación de Riesgos Detallada en un nivel superior (Análisis de Riesgo para la Salud Humana/Análisis de Riesgo Ecológico).

Es importante también realizar una comparación con las concentraciones basales (background) para los diferentes medios (agua superficial, agua subterránea, suelo, aire) en la faena evaluada, para identificar la contaminación que no está relacionada con las operaciones de la faena. Si las concentraciones detectadas en la faena en evaluación son iguales o menores que las concentraciones basales, éstas no deberán considerarse para evaluación en el análisis de riesgo para la salud humana y/o ecológico aunque ellas sean mayores que las concentraciones establecidas en los estándares de calidad, ya que sería impracticable alcanzar niveles inferiores a las concentraciones basales para eliminar el riesgo mediante la aplicación de cualquier técnica de remediación.

#### *5.2.6 Análisis de Riesgo - PASO 4*

El análisis de riesgo será realizado para los receptores, medios (suelo, agua superficial, agua subterránea, aire) y sustancias químicas en donde las concentraciones de los compuestos evaluados durante la selección de las Sustancias Químicas de Interés Potencial sean superiores a los estándares de calidad (resultados del Paso 3) (Tabla 5-8). En este sentido, el análisis de riesgo se acota a investigar aquellos contaminantes y medios que poseen riesgo potencial en los receptores considerados. Así, por ejemplo, se analizará el riesgo del contenido de arsénico en



agua subterránea, cuyo receptor es una población y cuya vía de exposición es la ingestión de agua potable, cuando las concentraciones presentes en el agua superen la norma de arsénico de referencia. En este caso, deberá realizarse un Análisis de Riesgo para la Salud Humana para la situación mencionada.

La evaluación será realizada únicamente para aquellas sustancias químicas de interés que indicaron riesgo potencial para un receptor determinado, pudiendo ser:

**Tabla 5-8: Tipos de Análisis de Riesgo según Receptor**

Análisis de Riesgo	Receptor
Análisis de Riesgo para la Salud Humana	- Personas
Análisis de Riesgo Ecológico	- Medio Ambiente (Vida Acuática, Vida Terrestre, Áreas Protegidas o Sensibles). - Actividades económicas (Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura).

La ERD involucra la caracterización del riesgo de manera cuantitativa, para compuestos cancerígenos y no-cancerígenos, determinando los Niveles Objetivo Específicos del Sitio (SSTLs, Site Specific Target Levels) de los compuestos químicos de interés.

Para la definición de los receptores, vías de exposición, y frecuencia y duración de la exposición, deberá tenerse en cuenta el uso del suelo actual y futuro (escenario actual y futuro), para lo cual deberán consultarse los planos reguladores de cada área que esté siendo evaluada.

En las siguientes secciones se describe de forma resumida el procedimiento recomendado para el análisis de riesgo para la salud humana y el análisis de riesgo ecológico. Mayores detalles sobre este procedimiento están disponibles en las referencias citadas.

### 5.2.6.1 Análisis de Riesgo para Salud Humana

Existen diversas guías para la realización de Análisis de Riesgo para la Salud Humana. Entre ellas se destacan:

- Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I, Human Health Evaluation Manual. Office of Emergency and Remedial Response, U.S EPA, 1989.  
([http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/risk\\_superfund.htm](http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/risk_superfund.htm))
- Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada. Part I Guidance on Human Health Preliminary Quantitative Risk Assessment. Health Canada, 2004.  
([http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contamsite/part-partie\\_i/index\\_e.html](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contamsite/part-partie_i/index_e.html))
- Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities (HHRAP), Final. EPA Office of Solid Waste and Emergency Response, 2005.  
(<http://www.epa.gov/combustion/risk.htm>).

El análisis de los riesgos a la salud humana en un sitio contaminado consiste en determinar:

- ¿Quiénes son los receptores relevantes?
- ¿Cómo los receptores humanos pueden estar expuestos a los contaminantes?
- ¿Qué tipo de efectos adversos pueden resultar de las exposición a los contaminantes?
- Basado en un análisis cuantitativo de exposición y toxicidad de los contaminantes, ¿cuál es la magnitud del riesgo para a la salud de los receptores humanos en el área?

- ¿Cómo el uso futuro del suelo puede influenciar los riesgos predichos? ¿Podrían haber cambios en los usos de suelo a futuro que hicieran cambiar los receptores o las vías de exposición?

Los riesgos asociados a la exposición de sustancias no-cancerígenas se estimarán por separado de los riesgos por exposición a cancerígenos.

Para caracterizar efectos no-cancerígenos, las comparaciones se deben realizar entre las dosis de exposición estimadas para cada una de las sustancias y sus dosis de referencia. Al cociente de estas dos cantidades (exposición /dosis de referencia) se le conoce como **Cuociente de Peligro**.

Los efectos cancerígenos, o sea, la probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer por exposición a lo largo de su vida a una sustancia, se estimará a partir de las dosis de exposición y la información sobre la probabilidad específica de desarrollar cáncer (riesgo de cáncer por unidad de dosis o factor de pendiente), para la sustancia de interés. Al producto del valor de la exposición por el factor de pendiente se le llama **Riesgo de Cáncer**.

El análisis de riesgo para la salud humana deberá incluir los siguientes pasos:

i) Evaluación de la Exposición

- Identificación de las características de los receptores con riesgo potencial.
- Identificación de las vías de exposición a ser evaluadas.
- Determinación de la frecuencia y duración de la exposición.
- Cuantificación de la exposición.

- Consideraciones sobre la Biodisponibilidad/Bioaccesibilidad en la Evaluación de la Exposición.
- ii) Evaluación de la Toxicidad
- Clasificación de los Contaminantes.
  - Valores de Referencia de Toxicidad.
- iii) Caracterización del Riesgo
- Riesgo para Sustancias Químicas No-Cancerígenas.
  - Riesgo para Sustancias Químicas Cancerígenas.
  - Clasificación el Riesgo.
- iv) Cálculo de los Niveles Objetivo Específicos del Sitio (SSTL)
- v) Análisis de Incertidumbres
- Método Cuantitativo.
  - Método Semi-Cuantitativo.
  - Método Cualitativo.

*i. Evaluación de la Exposición*

*a. Identificación de las Características de los Receptores con Riesgo Potencial*

Los receptores de la faena deben ser identificados y caracterizados principalmente en cuanto al uso u ocupación que hacen del lugar (distinguiendo habitantes, trabajadores, visitantes, etc.). En el análisis de los receptores se deben considerar los usos presentes y posibles cambios debidos a iniciativas o proyectos en curso (tales como modificaciones a Planes Reguladores, construcción de áreas residenciales, fábricas, etc.).

Los cálculos de la exposición deben ser realizados para aquellos receptores críticos, que son aquellos que tendrán las mayores exposiciones por unidad de peso corporal por día.

Se considera que los niños, en especial los infantes, son más sensibles a los efectos de las sustancias químicas no cancerígenas que los adultos, debido a que su relación entre la tasa de ingestión y peso corporal es más alta, y a su comportamiento propio a través del cual tienen más contacto con el medio de exposición (Ej. al jugar con suelo). En conjunto, se ha demostrado que algunos químicos (Ej. plomo) son más tóxicos en niños que en adultos (Health Canada, 1995). Sin embargo, para sustancias químicas cancerígenas, los adultos son considerados los receptores críticos, toda vez que el desarrollo de cáncer es un proceso largo.

Los grupos de edad para los cuales se recomienda realizar el análisis de riesgo corresponden a:

- Infantes: 0 a 6 meses de edad.
- Niños: 7 meses a 4 años de edad.
- Niños: 5 a 11 años de edad.
- Adolescentes: 12 a 19 años de edad.
- Adultos:  $\geq$  a 20 años de edad.

Para el caso de faenas donde exista la posibilidad de un uso futuro, se debe considerar el riesgo para trabajadores de la construcción, particularmente durante trabajos de excavación. Si a criterio del especialista la excavación de suelos puede presentar riesgos a los trabajadores de la construcción, inclusive durante períodos de tiempo cortos, se deberá evaluar de forma **cualitativa** y deberán indicarse las medidas de prevención recomendadas tales como el uso de elementos de protección personal. Por lo tanto, no será necesaria la realización de cálculos para determinar el riesgo para los trabajadores de la construcción.

En la Tabla 5-9 se presentan las características físicas recomendadas para el cálculo de la exposición para una variedad de grupos de receptores.

**Tabla 5-9: Características Físicas de los receptores recomendadas para el cálculo de exposición**

Características del Receptor		Infante	Niño	Niño	Adolescente	Adulto	Fuente
<b>Edad</b>		0 – 6 meses	7 meses.- 4 años	5 – 11 años	12 – 19 años	>20 años	Health Canada,
<b>Peso corporal (kg)</b>		8.2	16.5	32.9	59.7	70.7	Richardson, 1997
<b>Tasa de ingestión de suelo(g/d)</b>		0.02	0.08	0.02	0.02	0.02	CCME, 1996 MADEP,
<b>Tasa de inhalación(m3/d)</b>		2.1	9.3	14.5	15.8	15.8	Richardson, 1997; Allan and Richardson, 1998
<b>Tasa de ingestión de agua (L/d)</b>		0.3	0.6	0.8	1.0	1.5	Richardson, 1997
<b>Tiempo en ambientes exteriores (hr/d)</b>		No disponible	No disponible	No disponible	1.5	1.5	Richardson, 1997
<b>Área superficial de piel (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Manos</b>	320	430	590	800	890	Richardson, 1997
	<b>Brazos</b>	550	890	1480	230	2500	
	<b>Piernas</b>	910	1690	3070	4970	5720	
	<b>Total</b>	1780	3010	5140	8000	9110	
<b>Carga de suelo a la que la piel está expuesta (g/cm<sup>2</sup>/evento)</b>	<b>Manos</b>	1 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>-4</sup>	Kissel et al., 1996, 1998
	<b>Otras superficie</b>	1 x 10 <sup>-5</sup>	1 x 10 <sup>-5</sup>	1 x 10 <sup>-5</sup>	1 x 10 <sup>-5</sup>	1 x 10 <sup>-5</sup>	
<b>Ingestión de alimentos (g/día)</b>	<b>Raíces vegetales</b>	83	105	161	227	188	Richardson, 1997
	<b>Otros vegetales</b>	72	67	98	120	137	
	<b>Pescado</b>	0	56	90	104	111	

Fuente: Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada. Part I Guidance on Human Health Preliminary Quantitative Risk Assessment

Fuentes alternativas de información acerca de los receptores pueden encontrarse en *U.S EPA Exposure Factors Handbook* (U.S. EPA, 1997)<sup>4</sup>. Cuando se usen fuentes de información alternativas, se deberán citar y referenciar claramente. Asimismo, en el informe de la ERD deberá incluirse una tabla con los valores empleados.

*b. Identificación de las Vías de Exposición a ser Evaluadas*

La vía de exposición es el mecanismo por medio del cual la sustancia contaminante entra al organismo. La definición de cuáles vías de exposición se deben estudiar en cada caso, depende de los medios en que se encuentren las sustancias químicas de interés. Si se encuentra, por ejemplo, en el agua superficial y una población utiliza el recurso para consumo, la vía de exposición será la ingestión. En la Tabla 5-10 se indican las vías de exposición mínimas a considerar para la evaluación de la exposición, según el medio en el que se encuentra la sustancia química de interés.

Además de las vías mencionadas, también deben ser evaluadas, si se consideran vías de exposición relevantes, las siguientes: la ingestión de alimentos tales como vegetales cultivados en suelos potencialmente impactados o irrigados con agua impactada; la ingestión de productos animales (carne, leche) que consumen agua impactada o se alimentan de pasto en suelo impactado; o el consumo de organismos acuáticos (peces, mariscos, etc.) que viven en aguas impactadas.

---

<sup>4</sup> <http://www.epa.gov/ncea/pdfs/efh/front.pdf>

**Tabla 5-10: Vías de Exposición a Considerar para la Evaluación de la Exposición**

Medio	Vía de Exposición
<b>Suelos Superficiales</b>	Inhalación de Volátiles y Material Particulado
	Contacto Dérmico con el Suelo
	Ingestión de Suelo y Polvo
	Lixiviado / Ingestión
<b>Suelos Subsuperficiales</b>	Inhalación de Volátiles
	Lixiviado / Ingestión
<b>Agua Superficial</b>	Ingestión de Agua
	Contacto Dérmico
<b>Agua Subterránea</b>	Ingestión de Agua
	Inhalación de Volátiles

*c. Determinación de la Frecuencia y Duración de la Exposición*

Estas dos variables se utilizan para calcular el tiempo total de exposición. Los valores que pueden tomar dependen del sitio. Teniendo en cuenta que es muy difícil que existan estadísticas sobre un sitio en particular, la frecuencia y duración de la exposición será establecida a criterio del especialista, en base al uso actual o futuro del área que está siendo evaluada. Para propósitos de la ERD, se recomiendan los valores indicados en la Tabla 5-11.

**Tabla 5-11: Frecuencia y Duración de la Exposición**

Frecuencia	Uso Agrícola	Uso Residencial	Uso Comercial	Uso Industrial
<b>Horas por día en el Sitio</b>	24	24	9	9
<b>Días por semana en el Sitio</b>	7	7	5	5
<b>Semanas por año en el Sitio</b>	52	52	52	48



Frecuencia	Uso Agrícola	Uso Residencial	Uso Comercial	Uso Industrial
Número de eventos por día de exposición dérmica	1	1	1	1
Número de comidas contaminadas consumidas por día	1	1	1	1
Expectativa de vida (años) para amortizar la exposición cancerígena <sup>(1)</sup>	56/75	56/75	56/75	56/75

<sup>(1)</sup> Si el riesgo de cáncer se estima solo en adultos, se debe usar el valor de 56 años (etapa adulta de una persona, entre 20 y 75 años inclusive); si el riesgo de cáncer se estima con base a la ingesta diaria durante el tiempo de vida media, entonces debe utilizarse el valor de 75 años.

Fuente: Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada. Part I Guidance on Human Health Preliminary Quantitative Risk Assessment

#### *d. Cuantificación de la Exposición*

En esta etapa será cuantificada la magnitud de la exposición para cada vía y receptor. La cuantificación incluye la estimación de las concentraciones de exposición (mg/kg) y el cálculo de la dosis (mg/kg/día), según las ecuaciones sugeridas en el documento “Risk Assessment Guidance for Superfund” (EPA, 1989).

##### *d.1 Estimación de las Concentraciones de Exposición*

Las concentraciones de exposición podrán ser estimadas mediante el uso de datos de muestreos del sitio, o usando una combinación de datos de muestreo y modelos de destino y transporte de contaminantes.

El uso de datos del muestreo para estimar las concentraciones de exposición se utilizará en los casos en que la exposición involucra contacto directo con el medio muestreado, por ejemplo, contacto directo con sustancias químicas en suelos, o en casos en los cuales el muestreo se ha realizado directamente sobre el punto de exposición, por ejemplo en un pozo de agua subterránea utilizada para consumo. En estos casos, los datos del muestreo representarán la mejor estimación

de las concentraciones de exposición reales. Las concentraciones obtenidas del muestreo que se usarán en este caso, serán definidas a criterio del especialista mediante el manejo estadístico que se presenta en el acápite 5.2.4.2 (iv) correspondiente al Análisis Estadístico de los Resultados del Muestreo.

En algunos casos puede no ser apropiado usar únicamente datos de muestreo y puede requerirse el uso de modelos de destino y transporte para estimar las concentraciones de exposición. Los casos específicos en que se sugiere incorporar estos modelos se mencionan a continuación:

- Cuando los puntos de exposición están separados espacialmente de los puntos de muestreo. En este caso se requieren modelos para determinar si existen mecanismos de liberación y transporte hacia el punto de exposición (por ejemplo, transporte por agua subterránea, dispersión por aire).
- Cuando no se dispone de información respecto de la distribución temporal de los datos. Generalmente, los datos colectados provienen de muestreos de un periodo de tiempo relativamente corto, lo cual dará una clara indicación de las condiciones actuales del sitio. Sin embargo, la exposición tanto en el largo plazo como en el corto plazo puede ser diferente. En este caso, será necesario el uso de modelos para predecir el cambio de las concentraciones en el tiempo.
- Cuando los datos de muestreo están restringidos por el límite de detección, se requerirá usar modelos para predecir las concentraciones de contaminantes en el sitio que podrían ser inferiores al límite de detección de la metodología de análisis utilizada, pero que aun así pudiesen causar efectos tóxicos. Por ejemplo, en el caso de una pluma de agua subterránea que descarga en un río, la dilución en el cuerpo receptor puede ser suficiente para reducir las concentraciones de las sustancias de interés a niveles tales que no podrían ser detectados en el análisis de laboratorio. Sin embargo, el químico puede ser suficientemente tóxico o bioacumulativo como para representar un riesgo para la salud a concentraciones inferiores al

límite de detección del método analítico. En este caso se requerirá de modelos para realizar una estimación de la exposición.

Una amplia variedad de modelos se encuentran disponibles para determinar las concentraciones de exposición. Se recomienda utilizar aquellos indicados en “Exposure Assessment Methods Handbook (EPA 1989)”, donde se describen algunos de los modelos disponibles y se ofrecen guías para la selección de las técnicas de modelación adecuada.

#### *d.2 Cálculo de la Dosis*

La ecuación general para el cálculo de la dosis se presenta a continuación.

$$I = \frac{C * CR * EDF}{BW * AT} \quad (\text{Ec. 5.1})$$

Donde:

*I*: Dosis. Corresponde a la cantidad de sustancia química en el límite de intercambio (mg/día/peso corporal).

*C*: Concentración de la sustancia química. Corresponde al promedio de concentración a la que se está expuesto el receptor en el período de exposición (por ejemplo; mg/L de agua). La concentración de exposición *C* se calcula en base a los datos de muestreo ambiental. El término *C* es el valor del límite superior de confianza, percentil 90, del promedio aritmético de la concentración a la que se está expuesto durante el período de exposición.

*CR*: Tasa de contacto. Corresponde a la cantidad de medio contaminado por unidad de tiempo o evento (por ejemplo; litros/día).

*EDF*: Frecuencia de exposición y duración. Describe cuánto y con qué frecuencia ocurre la exposición. Generalmente se calcula usando dos términos: EF y ED

*EF*: Frecuencia de exposición (días/año).

*ED*: Duración de la exposición (años).

*BW*: Peso corporal. Promedio del peso corporal durante el período de exposición (Kg).

*AT*: Tiempo promedio. Período en el cual ocurre la exposición.

La dosis calculada mediante la ecuación anterior está expresada como la cantidad en el límite de intercambio (Ej. piel, pulmones, intestino) y que está disponible para absorción. Esta dosis calculada no es equivalente a la dosis absorbida, la cual es la cantidad de químico absorbido en el torrente sanguíneo (ver sección 5.2.6.1.i, (e) “Consideraciones sobre la Biodisponibilidad / Bioaccesibilidad”).

Es importante señalar que la expresión presentada es una ecuación general. Para el cálculo de las dosis para las diferentes vías de exposición existen ecuaciones específicas que tienen en cuenta las diferentes variables de importancia para cada uno de ellos. Estas ecuaciones deben ser aplicadas por especialistas, y pueden ser encontradas en las siguientes referencias:

- Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I, Human Health Evaluation Manual. Office of Emergency and Remedial Response, U.S EPA, 1989.  
<http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsa/pdf/ch6-3-ex.pdf>.
- Federal Contaminated Site Risk Assessment in Canada. Part I Guidance on Human Health Preliminary Quantitative Risk Assessment. Health Canada, 2004. ([http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contamsite/part-partie\\_i/index\\_e.html](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contamsite/part-partie_i/index_e.html)).

- Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities (HHRAP), Final. EPA Office of Solid Waste and Emergency Response, 2005. (<http://www.epa.gov/combustion/risk.htm>).

*e. Consideraciones sobre la Biodisponibilidad/Bioaccesibilidad en la Evaluación de Exposición*

La biodisponibilidad puede jugar un papel significativo en la estimación de riesgos para la salud humana asociada con la exposición a metales en el medio ambiente. La biodisponibilidad de una sustancia química define la porción de la exposición a un químico (Ej. la cantidad inhalada o ingerida) que entra al torrente sanguíneo y se asume que está disponible para producir efectos tóxicos en los tejidos. Es importante notar que la biodisponibilidad depende de las especies químicas, el medio a través del cual ocurre la exposición, así como el tejido con el cual el químico interactúa.

En todos los casos donde se realicen modificaciones a la dosis basadas en la biodisponibilidad, se deberá considerar la mayor estimación de biodisponibilidad. Si no existe información disponible acerca de valores de biodisponibilidad de un químico, se debe asumir que es 100% biodisponible.

Se debe tener en cuenta que la biodisponibilidad de metales, en particular, puede fluctuar significativamente dependiendo de las especies químicas y del medio en el cual existen. Por ejemplo, la biodisponibilidad vía oral del arsénico es reducida considerablemente cuando es administrado mediante la matriz suelo o polvo en comparación a cuando es administrada vía agua potable. La biodisponibilidad de los metales en formas insolubles ingeridos en una matriz de suelo, pueden ser considerablemente menores que en la forma soluble de los metales.

La bioaccesibilidad se refiere a la fracción del metal en el suelo ingerido, el cual se disuelve en el tracto gastrointestinal y es disponible para absorción.

Las siguientes consideraciones se deberán tener en cuenta cuando se realicen ajustes por biodisponibilidad para el cálculo de la dosis:

- Para propósitos de caracterización del riesgo, tanto los valores de exposición como de efectos deberían ser expresados o como dosis absorbida (uptakes) o como dosis administradas (intake).
- No se deben realizar ajustes por biodisponibilidad cuando los valores de toxicidad están basados en dosis administrada.
- La conversión por biodisponibilidad debería considerarse sólo bajo la base de datos rigurosos observados en personas/animales y no mediante la predicción de modelos o datos asumidos.

Las ecuaciones sugeridas por la EPA (1989) no incorporan factores de biodisponibilidad para el cálculo de la dosis vía ingestión de suelo. Otras agencias, como por ejemplo, Health Canada (2003) incorporan factores de biodisponibilidad no solamente en el cálculo de la dosis vía contacto dérmico de suelo, sino también vía ingestión de agua, alimento y suelo y para contacto dérmico con agua. La exclusión de estos factores en los cálculos representa una aproximación bastante conservadora con la presunción de que, por ejemplo, 100% del contaminante ingerido será adsorbido por el organismo.

El especialista deberá tener en cuenta las situaciones donde se debe o no considerar los factores de biodisponibilidad, con sus respectivas justificaciones. El análisis de incertidumbre deberá incluir la evaluación de los resultados con respecto a la aplicación de los factores de biodisponibilidad.

## *ii. Evaluación de la Toxicidad*

### *a. Clasificación de los Contaminantes*

Se asume que los contaminantes no cancerígenos, a diferencia de los cancerígenos, presentan un umbral de exposición al cual producen un efecto en la salud (threshold). Para los contaminantes no cancerígenos los valores de referencia son llamados Dosis de Referencia, RfDs (Reference

Dosis, en mg/kg-día), y se considera que representan límites de exposición conservadores, bajo los cuales ningún efecto adverso a la salud es esperado durante el tiempo de exposición.

Durante el desarrollo de las RfDs para seres humanos, se aplican factores de seguridad y de incertidumbre para extrapolar datos tomados en animales o actividades ocupacionales de personas. Exposiciones superiores de las RfDs pueden representar un riesgo para la salud; sin embargo, el límite verdadero para una respuesta tóxica en seres humanos puede ser de hecho mucho más alto, ya que típicamente están incorporados a las RfDs márgenes de seguridad del orden de 100 a 1000.

Por otro lado, se considera que los contaminantes clasificados como cancerígenos no poseen umbral de exposición para causar un efecto. El potencial de causar efectos cancerígenos es expresado generalmente por un Factor de Potencial Carcinogénico (SF - Slope Factor), la tasa de incidencia de cáncer por unidad de dosis (mg/Kg-día)<sup>-1</sup>; o por una unidad de factor de riesgo (URF – Unit Risk Factor), esto es, la tasa de incidencia de cáncer por unidad de concentración (Ej. para inhalación (mg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>). El Factor Carcinogénico es derivado típicamente de la caracterización de las tasas de respuestas observadas en animales, en seres humanos ocupacionalmente expuestos a altas dosis, y de la extrapolación en ambientes con receptores humanos sometidos a bajas dosis.

Varias organizaciones han desarrollado sistemas de clasificación basados en la toxicidad de las sustancias químicas, como causantes o no de efectos cancerígenos. Se sugiere que sean consultadas las agencias US EPA (<http://www.epa.gov/iris/>) y la International Agency for Cancer Research (IARC, <http://monographs.iarc.fr>), con el fin de verificar la clasificación carcinogénica más reciente de las sustancias con peligro potencial para cada vía de exposición evaluada en la faena en estudio.

*b. Valores de Referencia de Toxicidad*

Los valores de referencia de toxicidad, es decir, las Dosis de Referencia (RfD) para sustancias no cancerígenas y los índices de toxicidad que se usan para estimar riesgos ambientales producidos por cancerígenos (SF) pueden encontrarse en las siguientes referencias:

- Integrated Risk Information System (IRIS). (<http://www.epa.gov/iris/>).
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts132.html>).
- Health Canada Federal Contaminated Sites Guidance on Human Health Risk Assessment in Canada, Part II: Health Canada Toxicological Reference Values (TRVs), 2004. ([http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contamsite/part-partie\\_ii/index\\_e.html](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contamsite/part-partie_ii/index_e.html)).
- The Dutch National Institute of Public Health and the Environment (RIVM 2001). Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible levels. RIVM report 711701025. (<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.html>).

*iii. Caracterización del Riesgo*

La caracterización del riesgo es llevada a cabo para obtener una estimación del riesgo asociado con la exposición a sustancias químicas existentes en el sitio, y debe ser realizada para todos los receptores humanos identificados.

La caracterización del riesgo es uno de los últimos pasos en la evaluación de riesgo, en la cual las evaluaciones de exposición y toxicidad son integradas. El proceso de caracterización del riesgo está enfocado en dos tipos de efectos: no-cancerígenos y cancerígenos.



*a. Riesgo para Sustancias Químicas No-Cancerígenas*

Las dosis calculadas mediante las ecuaciones presentadas deberán compararse con las dosis de referencia (RfD) para sustancias químicas no-cancerígenas, para cada vía de exposición. La razón entre esos dos valores (I/RfD) es el Cuociente de Peligro (HQ). Para su cálculo se debe utilizar la ecuación siguiente:

$$HQ = \frac{I_n}{RfD_n} \quad (\text{Ec. 5.2})$$

Donde:

*HQ*: Cuociente de Peligro.

*I<sub>n</sub>*: Dosis del contaminante para el escenario de exposición “n” (mg/kg-día).

*RfD<sub>n</sub>*: Dosis de referencia del contaminante para el escenario de exposición “n” (mg/kg-día)

El Índice de Peligro (Hazard Index, HI) será la sumatoria de los Cuocientes de Peligro (HQ) asociados con las diferentes vías de exposición. De este modo puede ser evaluado el riesgo potencial asociado con la exposición total a una sustancia química. La ecuación para calcular el HI para una sustancia química, para varias vías de exposición, es la siguiente:

$$HI_i = \sum HQ \quad (\text{Ec. 5.3})$$

Donde:

*HI<sub>i</sub>*: Índice de Peligro para la sustancia *i*.

*HQ*: Cuociente de Peligro de la sustancia *i* asociada a las diferentes vías de exposición (por ejemplo; contacto dérmico con suelo, ingestión de agua, etc.).

Si dos o más sustancias químicas muestran tener el mismo mecanismo de acción, es decir, actúan simultáneamente o causan efectos similares a la salud, puede ser apropiado sumar los Índices de Peligro para esas sustancias químicas.

Un Índice de Peligro menor que 1, indica que la exposición prevista es improbable de representar efectos adversos a la salud. Sin embargo, un índice superior a 1, no indica necesariamente que la exposición resulte en potenciales efectos adversos a la salud, toda vez que este efecto fue calculado en base a diferentes sustancias químicas, que pueden causar diferentes efectos en el cuerpo. Cuando el HI resulte mayor que 1 es necesario que se separen y analicen las contribuciones de las diferentes sustancias químicas, de acuerdo con los diferentes efectos tóxicos asociados a ellas.

*b. Riesgo para Sustancias Químicas Cancerígenas*

Para sustancias químicas que generan efectos cancerígenos, el riesgo deberá estimarse por el incremento de la probabilidad de un individuo desarrollar cáncer a lo largo de su vida (ILCRs – Increment Lifetime Cancer Risk), como resultado de un evento de exposición a una sustancia química que potencialmente genere cáncer. Para esto se debe utilizar el Factor de Potencial Carcinogénico específico de la sustancia cancerígena, conocido también con el nombre de Factor de Pendiente, o Slope Factor (SF).

La siguiente ecuación es utilizada para cuantificar el riesgo de cáncer asociado a un escenario de exposición específico (Ej. ingestión de suelo) para una determinada sustancia química de interés.

$$ILCR_{cáncer} = I_n * SF \quad (\text{Ec. 5.4})$$

Donde,

*ILCR<sub>cáncer</sub>*: Incremento de riesgo de cáncer a lo largo de la vida para una vía de exposición “n” a una determinada sustancia química “i” (probabilidad adimensional).

$I_n$ : Dosis de contaminante para el escenario de exposición “n” (mg/kg-día).

$SF$ : Factor de Pendiente (mg/kg – día).

El riesgo total de cáncer es calculado para estimar el incremento de la ocurrencia de cáncer a lo largo del tiempo de vida de una persona, a partir de exposiciones simultáneas a múltiples sustancias químicas cancerígenas.

$$ILCRT = \sum ILCR_{cáncer} \quad (\text{Ec. 5.5})$$

Donde,

$ILCRT$ : Incremento de ocurrencia de cáncer a lo largo del tiempo de vida de una persona.

$ILCR_{cáncer}$ : Incremento de riesgos de cáncer a lo largo del tiempo de vida para una vía de exposición “n” a una determinada sustancia química “i”.

### c. Clasificación el Riesgo

El Índice de Probabilidad debido a la exposición de sustancias químicas cancerígenas y no cancerígenas puede ser clasificado como despreciable, bajo, moderado y alto de acuerdo a los valores obtenidos para el ILCR y el HI, de la forma que se indica en la Tabla 5-12:

**Tabla 5-12: Índice de Probabilidad de Acuerdo al Valor del Riesgo**

Índice de Probabilidad	Salud Pública	
	Riesgo de Cáncer (máx. valor ILCR)	Riesgo No cancerígeno (máx. valor HQ o HI)
<b>Alto</b>	>10E-4	> 100
<b>Moderado</b>	Entre 10E-5 y 10E-4	Entre 10 y 100
<b>Bajo</b>	Entre 10E-6 y 10E-5	Entre 1 y 10
<b>Despreciable</b>	<10E-6	< 1

*iv Cálculo de los Niveles Objetivo Específicos del Sitio (SSTL).*

Los Niveles Objetivo Específicos del Sitio (SSTL por las siglas en inglés de Site Specific Target Levels), representan las concentraciones “seguras” de las sustancias químicas de interés para proteger la salud humana, en un sitio específico. Los SSTL se determinan para cada compuesto y para cada vía de exposición que esté activa en el análisis de riesgo.

Tratándose de sustancias no cancerígenas, estos valores se calculan considerando un Cuociente de Peligro (*HQ*) igual a 1, es decir la dosis del contaminante para el escenario de exposición “n” ( $I_n$ ) es igual a la dosis de referencia del contaminante (*RfD*), según la ecuación Ec. 5.2. El valor de la dosis de referencia, que puede ser obtenido de bases de datos (ver sección 5.2.6.1 *iib*), es entonces utilizado como valor de *I* en la ecuación Ec 5.1, para el cálculo del valor de *C* (concentración de la sustancia química para un  $HQ=1$ ), que corresponderá al SSTL para el compuesto y vía de exposición analizado.

Para el caso de las sustancias químicas cancerígenas, primero se establece el valor del “Incremento de riesgo de cáncer a lo largo de la vida para una vía de exposición n” *ILCR*, es decir, el nivel de riesgo que se ha definido como aceptable en el análisis de riesgo, habitualmente entre  $1 \times 10^{-4}$  y  $1 \times 10^{-6}$ . Con este valor y con el valor del Factor de Pendiente (*SF*), que puede ser obtenido de valores existentes en bases de datos (ver sección 5.2.6.1 *iib*) se calcula el valor de la

dosis de contaminante para el escenario de exposición “n” (*In*), según la ecuación Ec. 5.4. Una vez obtenido este valor, se procede al cálculo de C (concentración de la sustancia química) según la ecuación Ec. 5.1, que correspondería al SSTL para el compuesto y vía de exposición analizada.

### v Análisis de Incertidumbres

La evaluación de las incertidumbres es un aspecto importante en la evaluación de riesgos. Algunas de las fuentes de incertidumbre se pueden cuantificar, mientras que otras deben ser analizadas de forma cualitativa. Es conveniente conocer las posibilidades de que las incertidumbres se magnifiquen a lo largo del proceso de evaluación.

Las incertidumbres más importantes están relacionadas con:

- Variabilidad natural en los parámetros de exposición de los receptores humanos y variabilidad natural a la sensibilidad a sustancias químicas.
- Incertidumbres en los modelos usados para estimar concentraciones de exposición.
- Errores de medición, por ejemplo, si los datos de concentración de un determinado tóxico en el suelo no provienen de muestras representativas.
- Baja calidad de la información. Por ejemplo, si la información que se consultó para asignar categoría del uso actual del suelo y para hacer la estimación de las probabilidades de cambio del uso del suelo no son correctas, resultando en la eliminación de rutas de exposición completas.

Es conveniente identificar cuáles de las incertidumbres tienen más influencia en los resultados, mediante un análisis de sensibilidad o por opinión de expertos. En el análisis de sensibilidad se calculan los riesgos dando diferentes valores a los parámetros y observando su efecto sobre los resultados.

Se debe revisar esta información para confirmar o revocar las decisiones que se hayan tomado antes. Los errores que se cometan en estos aspectos pueden llegar a invalidar los resultados del análisis de riesgo. Las distintas suposiciones pueden tener efectos diferentes en los resultados. Es necesario identificar las suposiciones claves, indicando el orden de magnitud de la sobrestimación o subestimación del riesgo.

Idealmente se debería hacer un seguimiento a lo largo de todo el proceso de evaluación de riesgo de cada una de las incertidumbres asociadas al cálculo de las exposiciones y así, caracterizar sus efectos sobre los resultados finales. Por ejemplo, si no se dispone de datos de campo para validar un modelo, se puede hacer un análisis de sensibilidad limitado, para indicar la magnitud de la incertidumbre asociada al uso de ese modelo.

A continuación se describen algunas formas de cómo evaluar las incertidumbres en forma cuantitativa, semi-cuantitativa y cualitativa.

*a. Método Cuantitativo*

El método cuantitativo se puede aplicar cuando los modelos son sencillos y se conocen bien los valores de los parámetros de entrada. En este caso, el primer paso será la caracterización de las distribuciones de probabilidades de los valores de las variables y, el segundo será el estudio de la propagación de las incertidumbres de los valores de las variables, a través del proceso de cálculo, usando métodos analíticos (series de Taylor de primer orden) o por métodos numéricos (simulación Montecarlo).

*b. Métodos Semi-Cuantitativos*

Con frecuencia la información disponible es insuficiente para describir la distribución de valores de las variables, pero sí se pueden conocer los rangos dentro de los cuales se ubican los valores de los parámetros. En esta situación se pueden hacer estudios de sensibilidad de la variable de salida, determinar cuáles variables tienen más influencia en los resultados y calcular los rangos dentro de los cuales se ubican los valores de la variable de salida. Se calcula el rango de la

variable de salida del modelo (exposición) que resulte de suponer las combinaciones de valores extremos o medios de los parámetros de entrada.

La caracterización de las incertidumbres por medio de este método se puede hacer presentando los rangos de las exposiciones o riesgos calculados en el análisis de sensibilidad, y mediante la descripción de las limitaciones en los datos que se usaron para estimar rangos plausibles de las variables de entrada del modelo.

*c. Método Cualitativo*

En la mayoría de los casos éste es el método más adecuado para presentar el análisis de incertidumbres. Se describe en forma cuantitativa o cualitativa la incertidumbre de cada parámetro y se indica simplemente la influencia posible de estas incertidumbres en la estimación final del riesgo en base al conocimiento que se tenga de cada modelo.

En seguida se hace un resumen de la información y las incertidumbres que pueden estar asociadas a ella. A tal efecto es conveniente disponer de:

- Lista de los parámetros de evaluación de la exposición tales como la velocidad de infiltración, duración de la exposición, peso corporal, etc.
- Lista de los valores usados para cada parámetro y la razón para seleccionar ese valor.
- Distribución de valores de cada parámetro, sean estos medidos o supuestos, considerando en lo posible los siguientes: rango total, tipo de distribución, media (geométrica o aritmética), desviación estándar y percentiles específicos (mediana, percentil 95).
- Incertidumbre en valores estadísticos usados en la evaluación de riesgos (Ej. el error estándar de la media) o la falta de datos y calificadores .

- Dirección y magnitud potencial de las desviaciones en las estimaciones de riesgos introducidas por las suposiciones hechas y por la falta de datos.

#### 5.2.6.2 Análisis de Riesgo Ecológico

El Análisis de Riesgo Ecológico es un proceso que evalúa la probabilidad de que puedan ocurrir efectos ecológicos adversos como resultado de la exposición a uno o más contaminantes en un sitio. Los efectos adversos pueden variar desde efectos subletales a crónicos, en organismos individuales o a nivel de ecosistema.

Este análisis se desarrolla en varias etapas preestablecidas por la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (U.S. EPA). Paralelamente se han desarrollado metodologías para complementar algunas de estas etapas. Las Pautas desarrolladas por la EPA ayudan a mejorar la calidad y la consistencia de la evaluación de riesgo.

En este contexto, para el Análisis de Riesgo Ecológico es importante consultar las siguientes referencias:

- U.S. Environmental Protection Agency. 1998. Guidelines for Ecological Risk Assessment. USEPA EPA/630/R095/002F. U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum, Washington, DC, 175 pp.
- Sample B. E., Aplin M. S., Efrogmson R. A., Suter G. W. II and Welsh C. J. E.. 1997. Methods and Tools for Estimation of the Exposure of Terrestrial Wildlife to Contaminants. Oak Ridge National Laboratory. Environmental Sciences Division Publication No. 4650. ORNL/TM-13391.
- Suter GW, Efrogson RA, Simple BE and Jones DS. 2000. Ecological Risk Assessment for Contaminated Sites. CRC Press, Boca Raton, Florida.



A continuación se describe de forma resumida el procedimiento recomendado para el Análisis de Riesgo Ecológico. Mayores detalles sobre este procedimiento están disponibles en las referencias antes citadas.

El análisis deberá incluir los siguientes pasos:

- i. Identificación de los receptores con riesgo potencial a ser evaluados.
- ii. Identificación de las vías de exposición.
- iii. Metodología para la Evaluación de Riesgos.
- iv. Clasificación del riesgo.
- v. Análisis de incertidumbres.

La metodología usada para la evaluación de riesgos para **mamíferos y aves** es diferente a la utilizada para otros grupos como **peces, invertebrados y plantas**. Esto es debido a que el riesgo para mamíferos y aves se basa principalmente en la estimación de dosis vía ingestión de agua, suelo y alimento; en cambio, para los otros grupos la evaluación se basa en las concentraciones de las sustancias químicas (presentes en el agua o suelo) bajo las cuales los organismos están expuestos. Por esta razón las dos metodologías están descritas en forma separada en la caracterización del riesgo (secciones iii y iv que siguen).

### ***i Identificación de los Receptores con Riesgo Potencial***

Los receptores ecológicos incluyen organismos individuales, poblaciones o comunidades que pueden estar expuestas a contaminantes. Los receptores potenciales pueden ser identificados después de haber revisado el destino, migración o potencial liberación de contaminantes. Se deberán identificar los hábitat terrestres, acuáticos, sensibles o protegidos, áreas de agricultura,

ganadería, pesca y acuicultura, existentes dentro del sitio o cercano al mismo y desarrollar listas de especies conocidas o con probabilidad de existir en cada hábitat.

La identificación de receptores deberá incluir especies que viven en el sitio o cercanas al mismo que presenten las siguientes características:

- Especies en peligro o amenaza de extinción (el estado de conservación de las distintas especies se puede revisar en el Libro Rojo de Los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade, 1993) y la Cartilla de Caza (SAG, 1998).
- Especies protegidas por legislación específica.
- Especies raras o únicas.
- Especies que son consideradas como indicador de la salud de una comunidad.

Si se tiene conocimiento de que las sustancias químicas de interés presentes en el sitio son bioacumulables (Ej. cadmio, mercurio), será importante considerar las relaciones tróficas entre las especies para que los efectos relacionados con la cadena alimenticia sean evaluados.

### **ii Identificación de las Vías de Exposición a ser Evaluadas**

Los receptores ecológicos pueden estar expuestos a sustancias químicas a través de contacto directo o indirecto. Las principales vías de exposición se presentan en la Tabla 5-13.

**Tabla 5-13: Evaluación de Riesgo Ecológico. Posibles vías de exposición según medio susceptible de contaminación.**

Medio	Vía de Exposición	Observaciones
<b>Agua Superficial</b>	Contacto Directo	Los organismos terrestres pueden estar expuestos por contacto directo con contaminantes presentes en agua superficial como resultado de caminar o nadar en la misma. Los receptores acuáticos pueden estar expuestos a través de intercambio osmótico o respiración de agua superficial.
	Contacto por raíces	Los contaminantes pueden entrar en contacto con plantas terrestres a través de las raíces que están en contacto con agua superficial.
	Ingestión	Los receptores terrestres pueden ingerir agua contaminada, cuando la misma es usada para consumo.
<b>Sedimento</b>	Ingestión	Los organismos terrestres pueden ingerir sedimento ocasional y accidentalmente cuando se alimentan en lugares que se inundan sólo periódicamente. Organismos acuáticos pueden regularmente ingerir sedimento accidentalmente cuando se alimentan.
	Contacto Directo	Los organismos terrestres pueden estar expuestos por contacto dérmico durante los periodos secos en lugares que se inundan periódicamente. Organismos acuáticos pueden estar expuestos directamente o a través de intercambio osmótico, respiración o ventilación de agua intersticial.
<b>Agua Subterránea</b>	Contacto por raíces	Los contaminantes pueden entrar en contacto con plantas terrestres a través de las raíces que están en contacto con agua subterránea.
<b>Suelo</b>	Contacto Dérmico	La exposición vía contacto dérmico estaría limitada a compuestos orgánicos los cuales son lipofílicos y podrían atravesar la barrera epidérmica
	Deposición Foliar	Exposición de plantas terrestres a contaminantes presentes en partículas depositadas sobre la superficie de las hojas y tallo.
	Contacto por Raíces	Los contaminantes en el suelo pueden disolverse y ser absorbidos por raíces de plantas.
	Ingestión	Ingestión accidental de suelo contaminado puede ocurrir mientras los animales remueven la tierra en búsqueda de comida residente en el suelo o se alimentan de plantas que están cubiertas con suelo contaminado
<b>Aire</b>	Inhalación de vapores	La exposición vía inhalación es la más importante para organismos que tienen sus madrigueras en suelos contaminados, considerando las cantidades limitadas de aire presente para diluir vapores y la ausencia de movimiento de aire para dispersar los gases.
	Inhalación de polvo	La exposición vía inhalación de polvo fugitivo es aplicable particularmente a especies que habitan dentro del suelo y que podrían estar expuestas por sus actividades dentro del suelo o por movimiento del viento.
	Absorción foliar (vapores)	La absorción foliar de vapores orgánicos estaría limitada a aquellas especies con presión de vapor relativamente alta
	Deposición foliar (polvo)	Exposición de plantas terrestres a contaminantes presentes en partículas depositadas en la superficie de hojas y tallo.

Medio	Vía de Exposición	Observaciones
<b>Cadena Alimenticia</b>	Ingestión	Los niveles tróficos terrestres y acuáticos más altos, además de predadores, pueden no estar necesariamente en contacto directo con algún medio contaminado, pero sí pueden estar expuestos a través de la ingestión de alimento contaminado.

**iii Metodología para la Evaluación de Riesgo para mamíferos y aves**

Este capítulo describe los métodos utilizados para la evaluación de exposición, ecotoxicidad y riesgo para mamíferos y aves. Las especies más indicadas para el análisis de riesgo pueden ser seleccionadas según criterios como abundancia en el área de estudio, importancia ecológica y/o social, y tipo de dieta.

La metodología aquí descrita podrá ser utilizada para la evaluación de riesgo para animales silvestres así como para animales de crianza (ganadería). La exposición de los animales a los contaminantes puede ocurrir a través de tres vías principales: ingestión de agua, ingestión de alimento e ingestión accidental de sedimento o suelo. La exposición vía inhalación y contacto dérmico son generalmente consideradas despreciables en comparación con la ingestión.

En términos generales el riesgo se obtiene a partir de la estimación de la ingestión de los contaminantes (dosis ingerida) por los animales silvestres, y de la comparación de estas dosis con valores de referencia de toxicidad (estimados para organismos de referencia en condiciones de laboratorio). Luego, a partir de esta comparación se necesitan hacer extrapolaciones para estimar la probabilidad de que efectos ecológicos puedan ocurrir en especies silvestres en condiciones naturales.

**a. Evaluación de la Exposición**

La evaluación de la exposición se basa en la estimación de dosis vía ingestión de agua, alimento y accidentalmente de suelo o sedimento. Para la estimación de la dosis se utiliza como dato de entrada la concentración de la sustancia química en los distintos medios dependiendo del caso.

### *a.1 Parámetros de Exposición*

El contacto del receptor con el medio que está contaminado debe estimarse a partir de datos como:

- Ubicación de los receptores en el área de estudio (influencia).
- El movimiento de los receptores (en el caso de animales).
- Cuánto tiempo permanecen en el medio contaminado.

El resultado de estos datos permite la formulación de mapas que miden el traslapo potencial de las sustancias químicas de interés con los receptores. Dado que la distribución de cada especie en un área puede ser desconocida, los tipos de hábitat pueden proveer un sustituto útil.

Para los parámetros donde no exista información específica de área, se pueden usar algunos supuestos:

- **Factor Área-Uso**, se asume para animales terrestres que el rango de movimiento de los individuos es en toda el área contaminada, de manera que los animales están expuestos el 100% del tiempo.
- **Estado de crecimiento**, se asume el estado de vida más sensible (por ejemplo, etapa temprana en el desarrollo).
- **Peso Corporal y tasas de alimentación**, ambas estimaciones deben ser conservadoras para maximizar la dosis (consumo de la sustancia química) en base al peso corporal. Una buena fuente bibliográfica se puede encontrar en *Wildlife Exposure Factors Handbook* (U.S. EPA, 1993 a,b).

- **Bioacumulación**, debido a que varios factores ambientales influyen en el grado de bioacumulación en varios órdenes de magnitud, se debe usar el factor más conservador (es decir el más alto) informado en la literatura.
  
- **Composición de la dieta**, para las especies que se alimentan de más de un tipo de alimento, el supuesto debe ser que la dieta está compuesta exclusivamente del tipo de alimento más contaminado. Una buena fuente bibliográfica se puede encontrar en *Wildlife Exposure Factors Handbook* (U.S. EPA, 1993 a,b).

#### *a.2 Estimación de las Concentraciones de Exposición*

La concentración de exposición deberá ser estimada a través de la toma de muestras en terreno. Para asegurar que se evalúan todos escenarios potenciales se debe determinar la concentración de las sustancias químicas en cada medio (es decir, agua superficial, agua subterránea, suelo, etc.).

En algunos casos la concentración de una sustancia química en la muestra no necesariamente refleja la concentración de exposición, de manera que para disminuir esta diferencia los muestreos deben realizarse en el punto más cercano en que el receptor está en contacto con la fuente de contaminación.

Para una correcta estimación de la concentración de la sustancia química revisar sección 5.2.4.2. iv “Análisis Estadístico de los Resultados”.

Una vez estimada la concentración de la sustancia química en el medio, ésta debe usarse como dato de entrada para estimar la dosis.

#### *a.3 Estimación de la Dosis*

La estimación de dosis se basa en la tasa de ingestión de sedimento/suelo, agua y alimento, masa corporal y preferencia de hábitat de las especies representativas. Las ecuaciones normalmente

utilizadas para el cálculo de dosis pueden ser encontradas en Sample *et al.* (1996). La dosis total de una sustancia química se estima considerando las diferentes vías de exposición (ingestión de agua, alimento o suelo) a través de la siguiente ecuación:

$$D_{total} = \sum D_{suelo} + D_{agua} + D_{alimento}$$

Donde:

$D_{total}$  = dosis total (mg/kg-día).

$D_{suelo}$  = dosis vía ingestión de suelo (mg/kg-día).

$D_{agua}$  = dosis vía ingestión de agua (mg/kg-día).

$D_{alimento}$  = dosis vía ingestión de alimento (mg/kg-día).

#### *a.4 Consideraciones sobre la Biodisponibilidad / Bioaccesibilidad en la Evaluación de la Exposición*

Los receptores no responden a la concentración ambiental de la sustancia química sino sólo a la sustancia química que se asocia a ellos. Esta asociación está representada por la biodisponibilidad.

La biodisponibilidad varía con el tipo de sustancia química. Por ejemplo, algunos compuestos orgánicos pueden ser metabolizados de tal manera que los productos de degradación pueden ser menos tóxicos que el compuesto originalmente ingerido. En el caso de los compuestos metálicos éstos pueden asociarse a una variedad de moléculas, afectando su funcionamiento y causando toxicidad.

Es decir, cuando la sustancia química es ingerida, el efecto sobre el receptor va a estar determinado en una primera instancia por su solubilidad en el medio gastrointestinal (*i.e.* bioaccesibilidad), de manera que la fracción que sea soluble estará disponible para su absorción; y en segunda instancia por la extensión en la cual está fracción atraviesa las membranas biológicas y llega al sistema circulatorio para producir un efecto tóxico.

La biodisponibilidad ha sido estimada para pocas sustancias químicas. Es por ello que en el caso de ausencia de datos específicos para las sustancias de interés presentes en el sitio, se deberá asumir una biodisponibilidad del 100%.

#### *a.5 Consideraciones sobre la estimación de los niveles de los contaminantes en tejido animal o vegetal en la Evaluación de Exposición*

En el caso de que la vía de ingestión de alimento sea considerada importante, será necesario:

- Tomar muestras y analizar las concentraciones de los contaminantes en el tejido del organismo utilizado como alimento (Ej. peces, plantas); o.
- Estimar concentraciones en el tejido animal (receptor) utilizando para esto modelos matemáticos.

Para disminuir incertidumbres en las estimaciones de exposición la primera opción es la más conveniente. Sin embargo ello no es siempre posible debido a la falta de tiempo, personal o a factores económicos (financiamiento de las salidas a terreno). Cuando no sea posible obtener concentraciones en los tejidos utilizados como alimentos en el sitio, es necesario usar una estimación de estas concentraciones. Para estos casos existen una variedad de métodos que van desde los modelos más simples hasta complejos modelos matemáticos.

El método más simple para estimar la concentración en los receptores es el uso de factores de biotransferencia. En general, esta metodología relaciona la cantidad de medio ingerido (agua,



suelo o sedimento) con la concentración de la sustancia química en el medio e incorpora un factor de biotransferencia para cada receptor. El factor de biotransferencia es la concentración resultante de la sustancia química en el tejido al ser incorporada desde el suelo o agua. Los factores se estiman a través de modelos matemáticos que asumen que el receptor se encuentra en estado estable y que las tasas de ingestión de la sustancia química son constantes.

Las ecuaciones utilizadas son diferentes para plantas y animales, y para los diferentes medios de exposición. Es decir, la ecuación es diferente si la exposición al contaminante es a través del agua o el suelo, y si el receptor expuesto es planta o animal.

El detalle de esta información puede obtenerse desde las siguientes páginas: <http://rais.ornl.gov/homepage/bjcor271/appf.shtml>, y [http://www.esd.ornl.gov/programs/ecorisk/biological\\_uptake.html](http://www.esd.ornl.gov/programs/ecorisk/biological_uptake.html).

#### *b. Evaluación de los Efectos*

La siguiente etapa es la evaluación de los efectos ecológicos y el establecimiento de los niveles de exposición de los contaminantes que sean conservadores para detectar efectos ecológicos adversos. Para evaluar la probabilidad de efectos tóxicos en diferentes grupos de organismos se necesita realizar una búsqueda bibliográfica de estudios que cuantifiquen la ecotoxicidad (es decir: exposición-respuesta). El perfil de ecotoxicidad debe describir los mecanismos tóxicos de acción de las vías de exposición que serán evaluadas y la dosis o concentración ambiental que cause un efecto adverso específico. De manera que para cada vía de exposición y contaminante, se debe tener un valor de ecotoxicidad.

Los valores de ecotoxicidad deben representar un nivel de exposición crónico a una sustancia química donde no se observen efectos adversos (no-observed-adverse-effect-level: NOAEL). Los efectos ecológicos de mayor preocupación son aquellos que pueden afectar a nivel de poblaciones. Es decir, aquellos que afectan el desarrollo, reproducción y sobrevivencia. Un

toxicólogo es quién debe realizar la toma de decisiones respecto de los valores a utilizar, ya que la literatura existente tiene sus limitaciones dado que los estudios son específicos.

Los estudios de exposición crónica deben ser preferidos a los estudios de exposición subcrónica y aguda, ya que la exposición de las especies en los sitios contaminados es usualmente de larga duración (es decir, crónicos).

Otro factor importante a considerar cuando se hace una revisión bibliográfica es la vía y el medio de exposición usado en los estudios de ecotoxicidad, dado que deben ser comparables con las vías de exposición en la evaluación de riesgo. Por ejemplo, algunos estudios utilizan la inyección intravenosa como una forma de estimar la exposición a la dieta, sin embargo esta forma conlleva una absorción instantánea no permitiendo que el alimento pase primero a través del hígado. Si fuese necesario extrapolar los resultados de las pruebas de toxicidad desde una vía de exposición a otra, ésta debe ser realizada por un toxicólogo experimentado en este tema para el tipo de animal en cuestión.

Las siguientes referencias pueden ser consultadas para la obtener valores de toxicidad de referencia para aves y mamíferos:

- EPA Region 6. 1999. Screening level Ecological Risk Assessment Protocol. Appendix E: Toxicity reference Values. US EPA Office of Solid Water.
- Sample, B.E., D.M. Opresko, and G.W. Suter II. 1996. Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revision. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN. 227 pp. ES/ER/TM-86/R3 (<http://www.esd.ornl.gov/programs/ecorisk/documents/tm86r3.pdf>).

### *c. Caracterización del Riesgo*

Para estimar el riesgo se utiliza el enfoque del Cuociente de Peligro, pues compara los valores de ecotoxicidad y los valores de exposición. De manera que para cada contaminante el Cuociente de Peligro (“*Hazard quotient*”, HQ) puede ser expresado como la razón entre nivel potencial de

exposición y el nivel más alto de exposición al cual no se observan efectos adversos (no-observed-adverse-effect-level: NOAEL):

$$HQ = \frac{Dosis_{total}}{NOAEL}$$

Donde:

*HQ*: Cuociente de Peligro.

*Dosis*: dosis total estimada del contaminante en el sitio (mg contaminante/kg de peso corporal por día). Dependiendo de cada caso, esta dosis puede ser el resultado de la ingestión de agua, sedimento y/o alimento.

*NOAEL* = nivel donde no se observa efecto adverso (las unidades deben coincidir con la unidad de la dosis).

A medida que aumenta la certeza en la estimación de la concentración de exposición y el NOAEL, aumenta la confianza en la predicción del valor de Cuociente de Peligro.

Si existen múltiples potenciales contaminantes de preocupación ecológica en el sitio, es más apropiado sumar los HQs para los receptores que pueden estar simultáneamente expuestos a los contaminantes que producen efectos por el mismo mecanismo tóxico.

*iv* **Metodología para la Evaluación de Riesgo para peces, invertebrados y plantas**

Esta metodología es utilizada cuando los receptores están insertos en el medio potencialmente contaminado, por ejemplo agua, sedimento o suelo. En este caso no se habla de “dosis” por ingesta, inhalación o contacto dérmico, sino corresponde establecer las máximas concentraciones de los contaminantes en los medios en los cuales viven estos organismos (Ej. concentración de

mercurio en agua de mar considerando la vida acuática como receptor). Esta metodología es aplicable cuando se evalúa el riesgo para peces, invertebrados y plantas.

En términos generales las concentraciones en el medio en que los organismos están insertos (agua, sedimento, suelo) son comparadas con valores de toxicidad de referencia para organismos acuáticos o terrestres. Cuociente

*a. Evaluación de la Exposición*

La evaluación de la exposición se basa en la concentración de la sustancia química en el medio donde los organismos están en contacto (es decir, agua, suelo o sedimento). Comprende los siguientes aspectos:

*a.1 Estimación de las Concentraciones de Exposición*

La concentración de exposición deberá ser estimada a través de la toma de muestras en terreno. Para asegurar de que se evalúan todas lo escenarios potenciales se debe determinar la concentración de las sustancias químicas en cada medio (es decir, agua superficial, agua subterránea, suelo, etc.).

En algunos casos la concentración de una sustancia química en la muestra no necesariamente refleja la concentración de exposición, de manera que para disminuir esta diferencia los muestreos deben realizarse lo más cerca posible al punto en que el receptor está inserto en el medio potencialmente contaminado.

Para una correcta estimación de la concentración de la sustancia química revisar sección “Análisis Estadísticos de los Resultados”.

*a.2 Consideraciones sobre la Biodisponibilidad en la Evaluación de la Exposición*

La forma en que las sustancias químicas están en el medio determina su biodisponibilidad, es decir la biodisponibilidad de una sustancia química se relaciona con su habilidad de interactuar con un organismo. Por ejemplo, los metales en su forma elemental (no-iónica) están menos biodisponibles que los metales disueltos (forma iónica). La biodisponibilidad de las sustancias químicas incluidas en la evaluación de riesgo debe ser evaluada y discutida.

*b. Evaluación de los Efectos*

Los estudios de dosis-respuesta permiten evaluar los efectos tóxicos que las sustancias químicas podrían tener en los receptores. El valor de toxicidad que se recomienda es el nivel de exposición experimental que representa el máximo nivel probado al cual no se observan efectos tóxicos (NOAEL). Valores de ecotoxicidad para aguas superficiales y sedimentos basados en vías de exposición directas (es decir sin considerar bioacumulación y biomagnificación) se pueden encontrar en U.S EPA (1996c) y en la página de la EPA ( <http://www.epa.gov/ecotox> )

Dependiendo de la complejidad del estudio, el análisis puede incluir el uso de pruebas toxicológicas las cuales incluyen la toma de muestras del medio (agua, suelo o sedimento) de un sitio para ser analizadas en un laboratorio de toxicidad. Los resultados de las pruebas toxicológicas entregan gran cantidad de información, dentro de las que se cuentan:

- (1) demostrar si los contaminantes están o no biodisponibles;
- (2) evaluar los efectos tóxicos agregados de todos los contaminantes en un medio;
- (3) evaluar la ecotoxicidad de las sustancias cuyos efectos biológicos no han sido bien caracterizados;
- (4) caracterizar la naturaleza de un efecto tóxico;
- (5) caracterizar la distribución de ecotoxicidad en un sitio;
- (6) ser usados para desarrollar objetivos de remediación;

- (7) tener un rol en el monitoreo (las pruebas toxicológicas pueden determinar si las medidas de remediación están disminuyendo la toxicidad); y
- (8) tener un papel en determinar el potencial de remediación de un sitio donde se han aplicado medidas de remediación para mantener una comunidad ecológica viable.

c. Caracterización del Riesgo

El riesgo en este caso es usualmente evaluado comparando las concentraciones del compuesto químico en el medio en que los organismos están expuestos (agua, sedimento, suelo), y los valores de ecotoxicidad que deben representar un nivel de exposición crónico a un contaminante donde no se observen efectos adversos (NOAEL).

$$HQ = \frac{EEC}{NOAEL}$$

*EEC*: Concentración Ambiental Estimada en el sitio (mg contaminante/L de agua, mg contaminante/Kg de suelo, mg contaminante/Kg de alimento); y

*NOAEL* = Nivel donde no se observa efecto adverso (las unidades deben coincidir con la unidad de la *EEC*).

v Clasificación del Riesgo

Los resultados del análisis del riesgo (HQ) tanto para aves y mamíferos como para peces, invertebrados y plantas deben ser interpretados de acuerdo a la Tabla 5-14.

**Tabla 5-14: Índice de Probabilidad en relación al valor de riesgo ecológico obtenido como Cuociente de Peligro (HQ)**

Riesgo Ecológico (HQ)	Índice de Probabilidad
> 100	<b>Alto</b>
Entre 10 y 100	<b>Moderado</b>
Entre 1 y 10	<b>Bajo</b>
< 1	<b>Despreciable</b>

*vi Análisis de Incertidumbres*

La mayoría de las incertidumbres se relacionan con las extrapolaciones que deben realizarse para que los datos obtenidos desde la literatura sean comparables con el estudio. El juicio profesional es necesario para determinar las incertidumbres asociadas tanto con la información obtenida de literatura como con las extrapolaciones. El Evaluador de riesgo debe ser conservador al seleccionar los valores de literatura y debe detallar las limitaciones asociadas al utilizar estos valores en el contexto de cada sitio en particular.

Por ejemplo, la mayoría de los estudios de toxicidad evalúan los efectos de un solo contaminante en una sola especie bajo condiciones de laboratorio controladas. Los resultados obtenidos de estos estudios pueden no ser directamente aplicables a la situación en terreno, ya que los organismos en condiciones naturales están típicamente expuestos a más de un contaminante de manera que cabe la posibilidad de que ocurran interacciones sinérgicas o antagónicas. Además, hay que considerar que la composición genética de la población puede ser más heterogénea que aquella que presentan los organismos criados en el laboratorio.

Por otro lado, la biodisponibilidad de los contaminantes en el laboratorio puede ser diferente que en condiciones naturales, ya que en estas últimas los organismos están expuestos a diferentes factores ambientales como enfermedades infecciosas, escasez de alimento, condiciones climáticas inusuales, etc. Estos factores pueden tener una respuesta de los organismos positiva o negativa frente a un contaminante tóxico, de manera que sólo podría ser evaluado con un estudio

específico del sitio. De la misma forma, las tasas de ingestión usadas para estimar la exposición son obtenidas de los informes de literatura de peso corporal, composición de la dieta y tasas metabólicas de los receptores en otros sitios o desde estimaciones de laboratorio. De manera que existen incertidumbres relacionadas con las extrapolaciones de estas variables, además de las incertidumbres relacionadas con los supuestos ya que, por ejemplo, se asume que la composición de la dieta es constante aunque varía diaria y estacionalmente.

La determinación de la concentración de los contaminantes a la cual los organismos están expuestos también tiene su grado de incertidumbre, ya que los niveles de concentración en el medio ambiente son a menudo variables en el tiempo y en el espacio. De manera que las muestras colectadas durante una salida a terreno pueden o no caracterizar la variabilidad espacial y temporal de los niveles de concentraciones reales.

La estimación del impacto a nivel de población, aunque puede ser caracterizado a través de los efectos en sus integrantes (receptores), es difícil e incierta. La relación entre los efectos adversos en los individuos y los efectos en la población es compleja y depende de las características demográficas, historia de vida del receptor considerado además de la naturaleza, magnitud y frecuencia del contaminante y de sus efectos asociados. De manera que los reales riesgos que conllevan efectos adversos a nivel poblacional variarán de un receptor a otro.



### *5.2.7 Reevaluación del Índice de Probabilidad y Severidad de las Consecuencia - PASO 5*

El especialista deberá reevaluar las consecuencias de los riesgos utilizando para ello la misma escala de consecuencias usada para la evaluación de riesgos simplificada (ERS), la cual se presenta en la Tabla 5-15.

Para la reevaluación del Índice de Probabilidad (IP) deberá seguir los criterios que se indican en la Tabla 5-16. El valor de HQ o ILCR utilizados para estimar el IP para cada tipo de receptor será el mayor HQ e ILCR (para receptores humanos) o HQ (para receptores ecológicos) calculado para cualquier sustancia química.

Los HQs o ILCRs de diferentes sustancias químicas deben ser sumados (para estimaciones de HI o ILCR total) en el caso de que éstas presenten el mismo mecanismo de acción (es decir, cuando actúan simultáneamente o causan efectos similares a la salud).

**Tabla 5-15: Severidad de las Consecuencias en la ERD por Contaminación**

		Índice de Severidad de las Consecuencias				
		Despreciable	Baja	Moderada	Alta	Catastrófica
<b>PERSONAS</b>	(pe) Seguridad Pública (número de personas)	No Aplica				
	(pe) Salud Pública (número de personas y tipo de sustancia)	Ausencia	1 - 10 Personas afectadas con sustancias no cancerígenas	10 - 100 Personas afectadas con sustancias no cancerígenas	> 100 Personas afectadas con sustancias no cancerígenas. < 100 Personas afectadas con sustancias cancerígenas.	> 100 Personas afectadas con sustancias cancerígenas
<b>MEDIO AMBIENTE</b>	(va) Vida Acuática (superficie o largo del cuerpo de agua)	Ausencia	< 50 ha para lagos y reservas de agua ó < 0,5 km para ríos y costa	50 - 100 ha para lagos y reservas ó 0,5 a 2 Km para ríos y costa	> 100 ha para lagos y reservas de agua ó > 2 km para ríos y costa	
	(vt) Vida Silvestre Terrestre (área de suelo afectado)	Ausencia	< 10 ha	10 - 100 ha	> 100 ha	
	(ap) Areas Protegidas o Sensibles (área)	Ausencia	< 1 ha	1 - 10 ha	>10 ha	
<b>ACTIVIDADES ECONÓMICAS</b>	(ag) Agricultura ( tamaño operación)	Ausencia	Familiar (< 10 ha)	Local (10 - 100 ha)	Regional (> 100 ha)	
	(ga) Ganadería (tamaño operación)	Ausencia	Familiar (< 10 ha)	Local (10 - 100 ha)	Regional (> 100 ha)	
	(ac) Acuicultura y Pesca (tamaño operación)	Ausencia	Familiar	Local	Regional	

**Tabla 5-16: Índice de Probabilidad en la ERD por Contaminación**

INDICE DE PROBABILIDAD	Riesgo de Cáncer / No cáncer / Riesgo Ecológico (HQ o ILCR)									
	Salud Pública		Vida Acuática (1)	Vida Terrestre (2)		Áreas protegidas o sensibles (3)		Agricultura (4)	Ganadería (5)	Acuicultura y Pesca (6)
	Riesgo de cáncer (valor máx. de ILCR)	Riesgo no-cáncer (valor máx. de HQ)	Valor máx. de HQ para organismos acuáticos	Valor máx. de HQ para mamíferos y aves	Valor máx. de HQ para plantas	Valor máx. de HQ para organismos acuáticos	Valor máx. de HQ para mamíferos y aves	Valor máx. de HQ para plantas	Valor máx. de HQ para mamíferos y aves	Valor máx. de HQ para peces
<b>Alto</b>	$>10^{-4}$	$> 100$	$> 100$	$> 100$	$> 100$	$> 100$	$> 100$	$>80\%$	$> 100$	$> 100$
<b>Medio</b>	entre $10^{-5}$ y $10^{-4}$	entre 10 y 100	entre 10 y 100	entre 10 y 100	entre 10 y 100	entre 10 y 100	entre 10 y 100	entre 20 y 80%	entre 10 y 100	entre 10 y 100
<b>Bajo</b>	entre $10^{-6}$ y $10^{-5}$	entre 1 y 10	entre 1 y 10	entre 1 y 10	entre 1 y 10	entre 1 y 10	entre 1 y 10	$< 20\%$	entre 1 y 10	entre 1 y 10
<b>Despreciable</b>	$<10^{-6}$	$< 1$	$< 1$	$< 1$	$< 1$	$< 1$	$< 1$	No supera los límites	$< 1$	$< 1$

- (1) Para el cálculo del HQ en Vida Acuática considerar como receptores a los peces, según metodología indicada en sección 5.2.6.2 iv.
- (2) Para el cálculo del HQ en Vida Terrestre considerar como receptores a los mamíferos y aves (sección 5.2.6.2 iii) y las plantas (sección 5.2.6.2 iv).
- (3) Para el cálculo del HQ en Áreas Protegidas o Sensibles considerar como receptores a peces (sección 5.2.6.2 iv) o mamíferos y aves (sección 5.2.6.2 iii), según tipo de hábitat presente.
- (4) Para el cálculo del HQ en Agricultura considerar como receptores a las plantas, según metodología indicada en sección 5.2.6.2 iv.
- (5) Para el cálculo del HQ en Ganadería considerar como receptores a los mamíferos y aves (sección 5.2.6.2 iii).
- (6) Para el cálculo del HQ en Acuicultura y Pesca considerar como receptores a peces (sección 5.2.6.2 iv).

Una vez evaluado el Índice de Probabilidad y la Severidad de las Consecuencias para el o los Escenarios de Peligro que requirieron de una Evaluación de Riesgos Detallada por contaminación, se debe revisar el registro de riesgos que fue elaborado en la sección 4.2.3, a fin de confirmar o modificar la magnitud del riesgo que entraña cada uno de los escenarios que fueron evaluados en detalle.

Contando con el registro de riesgos por contaminación ya revisado, se continuará el proceso de evaluación de las FMA/P en la sección 6 del Manual, el que conducirá a la priorización de las faenas.

#### *5.2.8 Revisión de informes de Evaluación de Riesgos Detallada*

La ERD por Contaminación será desarrollada por especialistas con experiencia, por tratarse de una metodología compleja.

Considerando lo anterior, este Manual contiene una lista de chequeo (Anexo C2) orientada a servir como guía de apoyo para la revisión de estos estudios, verificando aspectos críticos relacionados con la calidad y adecuada información. La revisión de un Informe de ERD deberá prestar atención especial a las siguientes preguntas:

- ¿Fue desarrollado un Plan de Muestreo de forma adecuada?
- Todos los medios (agua superficial, agua subterránea, suelo, sedimento, aire), ¿fueron considerados y muestreados apropiadamente?
- Algunos elementos contaminantes relacionados con la operación de la mina, ¿fueron descartados sin justificación apropiada?
- ¿Fueron considerados los escenarios de uso de suelo actual y futuro potencial?

- ¿Todas las fuentes de contaminación de preocupación fueron consideradas?
  
- ¿Fueron apropiados los valores usados en los cálculos de la exposición?
  
- Los valores de toxicidad usados, ¿fueron obtenidos de una base de datos apropiada (IRIS, ASTD, ECOTOX, etc.)?

La lista de chequeo, presentada en el Anexo C2, es una base de apoyo para la revisión de la evaluación de riesgos y no está diseñada para reemplazar el buen criterio del profesional encargado de la revisión del documento.



## **CAPITULO 6**

### **CLASIFICACION Y PRIORIZACION DE LAS FMA/P SEGÚN SUS RIESGOS**





## CAPITULO 6

### CLASIFICACION Y PRIORIZACION DE LAS FMA/P SEGUN SUS RIESGOS

#### INDICE

<b>6.1</b>	<b>Clasificación de FMA/P .....</b>	<b>6-1</b>
<b>6.2</b>	<b>Priorización de las FMA/P .....</b>	<b>6-1</b>
6.2.1	<i>Priorización de FMA/P Clase I (PAM).....</i>	<i>6-1</i>
6.2.2	<i>Priorización de FMA/P Clase 2 (no PAM).....</i>	<i>6-4</i>
<b>6.3</b>	<b>Revisión periódica de la Evaluación de Riesgos de FMA/P Clase II.....</b>	<b>6-5</b>

#### TABLAS

Tabla 6-1: Códigos de identificación de las celdas en la Matriz de Riesgos .....	6-2
--	-----

#### FIGURAS

Figura 6-1: Ejemplo para la priorización de PAM.....	6-4
--	-----

## 6. CLASIFICACION Y PRIORIZACION DE FMA/P SEGÚN SUS RIESGOS

### 6.1 Clasificación de FMA/P

Las FMA/P serán clasificadas como **PAM** cuando presenten al menos un riesgo significativo sobre cualquier receptor. Para ello se entenderá como riesgo significativo, aquellos riesgos que se ubican en la “zona roja” de la Matriz de Riesgos. En este caso estas faenas se definirán como de **Clase I**.

Por otra parte, las FMA/P que no presentan ningún riesgo significativo serán catalogadas como **no PAM**. Es decir todos los riesgos de estas faenas se ubican en la “zona verde” de la Matriz de Riesgos. Estas faenas corresponden a las faenas **Clase II**.

### 6.2 Priorización de las FMA/P

Una vez que el SERNAGEOMIN haya completado la evaluación de riesgos de las FMA/P, con su clasificación en las Clases I y II, es posible la preparación de un listado único para cada clase en el cual las faenas se ordenen de mayor a menor nivel de riesgo.

#### *6.2.1 Priorización de FMA/P Clase I (PAM)*

El objetivo de priorizar los PAM es aportar al Estado los elementos de juicio suficientes y herramientas para la toma de decisiones, a fin de que sean desarrolladas tareas de remediación, por su parte o por parte de los propietarios que corresponda que intervengan, conforme a lo que establezca la legislación que aplique sobre estas materias.

Para priorizar los PAM se agruparán en nueve grupos, del 1 al 9, de acuerdo a la ubicación de los riesgos significativos más altos. En el grupo de mayor riesgo, el Grupo 9, estarán los PAM cuyos riesgos más altos se ubican en la celda a9. Este grupo será el primero en el listado de sitios priorizados. Enseguida estarán los PAM del Grupo 8, que son los que presentan sus

riesgos más altos celda a8, y así sucesivamente hasta llegar al Grupo 1 (Tabla 6-1).

El orden de importancia establecido en la Tabla 6-1 es el resultado de trasladar a esta matriz el procedimiento seguido usualmente en evaluaciones de riesgo completamente cuantitativas (en las que el riesgo es producto de la multiplicación de los valores numéricos obtenidos de probabilidad y severidad).

Una vez realizada esta primera agrupación, la priorización dentro de cada grupo se lleva a cabo del siguiente modo:

1. Se ordenan los PAM de cada grupo, de mayor a menor prioridad, según el número total de riesgos que tiene cada uno de ellos en la celda correspondiente al grupo.
2. En caso de empate entre dos o más faenas, ocupará una posición preferente en el listado aquel PAM que presente el mayor número de riesgos ubicados en la celda inmediatamente inferior. Por ejemplo, habiendo dos PAM que presentan una igual cantidad de riesgos localizados en la celda a9, el orden de prioridad de ellos estará dado según la mayor cantidad de riesgos que estos PAM tengan en la celda de nivel inmediatamente inferior, en este caso la a8.
3. En el caso que en dicha celda también tengan igual cantidad de riesgos, se priorizarán las faenas según la cantidad de riesgos que éstas presenten en la celda de nivel inmediatamente inferior, en este caso la a7.

**Tabla 6-1: Códigos de identificación de las celdas en la Matriz de Riesgos**

INDICE PROBABILIDAD	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
	Despreciable (A)	Baja (B)	Moderada (C)	Alta (D)	Catastrófica (E)
Alto (4)	b7	a1	a4	a7	a9
Medio (3)	b4	b8	a2	a5	a8
Bajo (2)	b2	b5	b9	a3	a6
Despreciable (1)	b1	b3	b6	b10	b11

Completado este proceso, el resultado de esta clasificación será un listado en el que estarán contenidos todos los PAM, ordenados de mayor a menor riesgo.

Sin perjuicio de la metodología aquí planteada, conviene señalar que la toma de decisiones para la futura remediación de sitios definidos como PAM, puede atender otros criterios tales como puede ser priorizar preferentemente aquellas faenas que presentan riesgos que afectan a la salud de la población, a determinadas actividades económicas con repercusión social, etc.

A continuación se presenta un ejemplo (Figura 6-1) que contiene un registro de los Escenarios de Peligro encontrados en tres sitios mineros distintos (Sitios 1, 2 y 3), para los cuales fueron evaluados los respectivos riesgos.

Aplicando los criterios enunciados más arriba, la priorización se iniciará con la identificación del grupo al que pertenece cada uno de los riesgos. Observando la tabla puede indicarse que el Sitio 1 pertenece al Grupo 9, pues presenta riesgos localizados en la celda a9, mientras que los Sitios 2 y 3 pertenecen ambos al Grupo 8, pues en la celda a8 se encuentran sus riesgos más altos. En consecuencia, el Sitio 1 presenta un orden de prioridad mayor a los otros dos.

Atendiendo ahora a la cantidad de riesgos que contienen los Sitios 2 y 3, se observa que ambos presentan un riesgo, por lo cual estarían inicialmente empatados. Aplicando el siguiente criterio, se debe tener en cuenta el número de riesgos en la celda de nivel inmediatamente inferior, es decir, la a7. En el ejemplo, el Sitio 3 presenta dos riesgos en este nivel, mientras que el Sitio 2 sólo dispone de un riesgo en esta posición. En consecuencia, el Sitio 3 presenta un orden de prioridad mayor que el Sitio 2. El resultado de la ordenación de mayor a menor riesgo sería: Sitio 1, Sitio 3 y Sitio 2.

Figura 6-1: Ejemplo para la priorización de PAM.

		Número de Escenarios de Peligro Evaluados											
		Seguridad y Salud Pública			Medio Ambiente			Actividad Económica			TOTAL Escenarios		
		Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Riesgos PAM (Riesgos Significativos)	a 9						1			1	0	0	
	a 8	1				1				0	1	1	
	a 7				1	1			1	0	1	2	
	a 6	2			3	1				3	3	0	
	a 5			1		1	1			0	1	2	
	a 4			1	2	1		1		2	2	1	
	a 3	2					2	1		1	2	2	
	a 2			1					1	0	0	2	
	a 1									0	0	0	
	TOTAL	0	5	3	5	4	5	2	1	2	7	10	10

### 6.2.2 Priorización de FMA/P Clase II (no PAM)

La priorización de las FMA/P que no constituyen un PAM se rige por los mismos criterios que fueron aplicados en el caso de los PAM, considerando esta vez que sólo concurren riesgos no significativos. Es decir:

1. Inicialmente se agrupan las FMA/P no PAM en 11 grupos según cuál sea la celda en que estén presentes los riesgos no significativos más altos, esto es, en el Grupo 11 se incluirán aquellas faenas que contienen los riesgos más altos en la celda b11; en el Grupo 10 se incluirán las que alcanzan a tener sus riesgos más altos en la celda b10 y así sucesivamente hasta clasificar todas las faenas en su grupo correspondiente.
2. Las faenas que pertenecen al Grupo 11 serán consideradas las de mayor riesgo y dentro de este conjunto se ordenarán las faenas de mayor a menor prioridad en función de la cantidad de riesgos que disponga cada una de ellas en la posición b11.

3. En caso de empate se resolverá el orden de prioridad atendiendo a la cantidad de riesgos que presentan cada una de las faenas en la celda de nivel inmediatamente inferior (b10). Si también aquí se presenta un empate se evaluará entonces la cantidad de riesgos en el siguiente nivel y así se seguirá procediendo hasta resolver el empate.
4. A continuación en el listado se situarán los riesgos del Grupo 10, los que se ordenarán según la cantidad de riesgos que presente cada uno en celdas b10. Los casos de empate se resolverán como se indicó anteriormente. El proceso continuará del mismo modo hasta que se hayan ordenado todos los grupos.

Completado este proceso, el resultado de esta clasificación será un listado ordenado en el que estarán contenidas todas las faenas que no constituyen un PAM.

### **6.3 Revisión periódica de la Evaluación de Riesgos de FMA/P Clase II**

A las FMA/P clasificadas en Clase II (No PAM) se les debe hacer una revisión periódica de su evaluación de riesgos, a fin de detectar cambios en los Escenarios de Peligro que puedan entrañar un riesgo distinto al que fuera evaluado en su oportunidad, sobre las personas, el medio ambiente o las actividades económicas. La periodicidad de esta re-evaluación en las faenas clasificadas como No PAM estará determinada por los criterios que a tal efecto establezca el Servicio.

Estas variaciones en la condiciones pueden referirse a la presencia de nuevos receptores (Ej., debido a la construcción de nuevas áreas urbanas, instalación de cultivos agrícolas, apertura de caminos por los que pueda acceder un mayor número de personas, etc.) o al aumento en la inestabilidad de las obras producto de la ocurrencia de eventos naturales relevantes (sismos, crecidas, etc.).

**ANEXO A**

**INFORMACION COMPLEMENTARIA DE LA EVALUACION DE**

**RIESGOS SIMPLIFICADA POR SEGURIDAD**





## **ANEXO A1**

# **GUIAS PARA LA ESTIMACION DEL INDICE DE PROBABILIDAD DE LOS ESCENARIOS DE PELIGRO RELACIONADOS CON SEGURIDAD**



**Guías para Estimación de Índice de Probabilidad para cada Escenario de Peligro por Seguridad**

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenarios de Peligro relacionado con la seguridad	Causas	Guía estimación de IP
MINA	Labores Subterráneas	EPS 1	Subsidencia que podría provocar agrietamientos mayores que afecten personas, medio ambiente o actividades económicas que se desarrollan en la superficie.	Sismos, o inestabilidad de las estructuras de soporte de la mina subterránea o ingreso de agua.	GUIA 1
		EPS 3	Asfixia de personas que ingresen a la mina	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Labores Superficiales	EPS 2	Colapso del rajo o labor superficial que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, erosión por agua o por falla del terreno.	GUIA 2
		EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
PLANTAS	Plantas de Procesamiento	EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 14	Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenarios de Peligro relacionado con la seguridad	Causas	Guía estimación de IP
RESIDUOS MINEROS MASIVOS	Tranques de Relave	EPS 5	Liberación violenta de relaves depositados en tranques que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, aumento del nivel freático, rebalse de la cubeta.	GUIA 3
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Embalses de Relave	EPS 6	Liberación violenta de relaves depositados en embalses que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, aumento del nivel freático, rebalse de la cubeta.	GUIA 4
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Acopios de relaves depositados en torta u otro sistema	EPS 7	Falla del talud de relaves depositados en torta u otro sistema de acopio que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, erosión por agua.	GUIA 5
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Botaderos de rípios de lixiviación	EPS 8	Falla del talud de pilas de rípios de lixiviación que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, erosión por agua.	GUIA 5
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Botaderos de desmonte, estéril, minerales de baja ley	EPS 9	Falla del talud de botaderos de desmontes, estériles o minerales de baja ley que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.	Sismos, erosión por agua.	GUIA 6

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenarios de Peligro relacionado con la seguridad	Causas	Guía estimación de IP
RESIDUOS MINEROS MASIVOS	Botaderos de desmonte, estéril, minerales de baja ley	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Botadero de escorias	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
RESIDUOS MINEROS NO MASIVOS E INDUSTRIALES	Acopios de Residuos Industriales	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 14	Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Acopio de Residuos Mineros No Masivos	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 14	Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
INFRAESTRUCTURAS ANEXAS	Polvorines	EPS 10	Explosión que puede afectar personas.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Oficinas Campamentos	EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenarios de Peligro relacionado con la seguridad	Causas	Guía estimación de IP
INFRAESTRUCTURAS ANEXAS		EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Talleres, Bodegas	EPS 14	Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con residuos peligrosos.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Redes y estanques de agua	EPS 4	Asfixia de personas por inmersión.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 13	Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Tendidos y subestaciones eléctricas	EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 15	Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
	Caminos y puentes	EPS 11	Accidentes de vehículos por caminos o infraestructura en mal estado (puentes).	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7
		EPS 12	Caída de personas a desnivel.	Accesos abiertos a faenas abandonadas.	GUIA 7

**Guía para la estimación del Índice de Probabilidad por seguridad**

Mina Subterránea

GUIA 1

**ESCENARIO DE PELIGRO 1 (EPS1)**

**Subsidencia de la mina que podría provocar agrietamientos mayores que afecten personas, medio ambiente o actividades económicas que se desarrollan en la superficie**

**1. Deformaciones en la superficie**

	<i>Observación</i>	<i>Puntaje</i>	<i>Elija Puntaje</i>
		<i>Parcial</i>	<i>Parcial</i>
<b>1.1 Evidencia de hundimiento del terreno</b>	Con evidencia	3	
	No se observan	0	
<b>1.2 Grietas de tracción en los bordes</b>	Con evidencia	3	
	No se observan	0	
<b>1.3 ¿ Existen edificios, instalaciones o estructuras cerca del área de la mina que presenten fallas asociadas a asentamientos del terreno?</b>	Si	3	
	No	0	

**2. Ingreso de agua**

**2.1Clima**

i) Precipitación media anual (mm/año)	> 250 mm/año	1	
	100 - 250 mm/año	0,75	
	50-100 mm/año	0,5	
	< 50 mm/año	0	
Valor:			
Fuente:			

**2.2 Drenaje del entorno hacia el área de las labores (o de potencial subsidencia)**

i) Geomorfología y drenaje del lugar de emplazamiento	Conduce las aguas al área de potencial subsidencia	1	
	Conduce las aguas fuera del área de potencial subsidencia	0	

**3. Tipo de explotación**

<b>Tipo de explotación</b>	Por Hundimiento	4	
	Labores y/o caserones < 50 m profundidad	3	
	Labores y/o caserones > 50 m profundidad	1,5	





**Guía para la estimación del Índice de Probabilidad por seguridad**

Rajo Abierto

GUIA 2

**ESCENARIO DE PELIGRO 2 (EPS2)**

Colapso del rajo o labor superficial que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.

	<i>Observación</i>	<i>Puntaje</i>	<i>Elija Puntaje</i>
		<i>Parcial</i>	<i>Parcial</i>
<b>1. Producto de Sismo</b>			
<b>1.1 Zona Sísmica (NCh. 433, of.96)</b>	Zona 3	3	
	Zona 2	1,5	
	Zona 1	0	
<b>1.2 Inclinación de talud global</b>	>52°	2	
	<52°	0	
Medición:	Estimación:		
<b>1.3 Altura del talud (o profundidad del pit)</b>	>50 m	1	
	< 50 m	0	
Medición:	Estimación:		
<b>1.4 Evidencia de derrumbes parciales</b>	Con evidencia	1	
	No se observan	0	
<b>1.5 Grietas de tracción en la superficie del contorno del rajo</b>	Con evidencia	3	
	No se observan	0	
<b>1.6 Grietas en el talud del rajo (fallas)</b>	Profundas	3	
	Alguna evidencia	1,5	
	No se observan	0	
<b>1.7 Napa subterránea</b>	En la pared del talud del rajo	1,5	
	Al pie del talud del rajo	0,75	
	No se observan	0	
<b>1.8 Cárcavas de erosión</b>	Profundas	0,5	
	Alguna evidencia	0,25	
	No se observan	0	

Puntaje del escenario de peligro (suma de los puntajes parciales)

Rango de Puntaje	Índice de Probabilidad del Escenario de Peligro
> 11.5	Alto
7.1 - 11.5	Medio
2 - 7	Bajo
< 2	Despreciable

Escoja Rango de Puntaje correcto y ingrese el Índice de Probabilidad del Escenario de Peligro en el Registro de Riesgos de la faena



**ESCENARIO DE PELIGRO 5 (EPS5)**

Liberación violenta de relaves depositados en tranques que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.

**1. Producto de Sismo**

**Método Constructivo**

	<u>Observación</u>	<i>Puntaje</i>	<i>Elija Puntaje</i>
		<i>Parcial</i>	<i>Parcial</i>
<b>1.1 Método de crecimiento o constructivo</b>	Aguas arriba u operación anterior a Decreto 86/70	1,2	
	Línea Central	0,6	
	Aguas abajo	0	
<b>1.2 Separación gruesos-finos</b>	No tiene	1	
	Separación natural	0,5	
	Ciclonaje	0	
<b>1.3 Sistemas de drenaje basal muro</b>	No tiene	0,7	
	Dren al pie	0	
<b>1.4 Muro de pie</b>	No tiene	0,8	
	Tiene de material fino	0,4	
	Tiene	0	

**Comportamiento estructural**

<b>1.5 Período en el cual no ha tenido fallas relevantes</b>	Menos de 10 años	0,6	
	Entre 10 y 50 años	0,2	
	Mas de 50 años	0	
Dato:	Estimación:		
Fuente:			
<b>1.6 Grietas en el muro</b>	Más de 2 grietas longitudinales de varios metros y profundas	0,3	
	1 a 2 grietas longitudinales de varios metros	0,15	
	No hay	0	
<b>1.7 Grietas en los estribos</b>	Grietas en estribos de varios metros y profundas	0,3	
	Alguna evidencia	0,15	
	No hay	0	
<b>1.8 Cárcavas de erosión</b>	Cárcavas de erosión que debilitan el muro	0,2	
	Alguna evidencia	0,1	
	No hay	0	

**ESCENARIO DE PELIGRO 5 (EPS5)**

Liberación violenta de relaves depositados en tranques que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.

	<u>Observación</u>	<u>Puntaje Parcial</u>	<u>Elija Puntaje Parcial</u>
--	--------------------	------------------------	------------------------------

**Contenido de humedad**

<b>1.9 Presencia de vegetación sobre los relaves</b>	Cobertura de vegetación densa	1	
	Cobertura de vegetación parcial	0,5	
	No hay presencia	0	

<b>1.10 Elevación de agua dentro los relaves relacionado con altura del muro <sup>(1)</sup></b>	Evidencia de agua dentro del depósito con elevación del nivel freático más que la mitad de la elevación del muro	1	
	Evidencia de agua dentro del depósito con elevación del nivel freático menos que la mitad de la elevación del muro	0,5	
	No hay evidencia	0	

**Geometría de muro**

<b>1.11 Traza del muro</b>	Convexo o de varias formas	0,4	
	Recto entre estribos	0,2	
	Cóncavo entre estribos	0	

<b>1.12 Inclinación del muro global</b>	>15°	2	
	5° - 15°	1	
	< 5°	0	
Medición:	Estimación:		

<b>1.13 Inclinación taludes aguas abajo del muro</b>	> 18°	1	
	18° - 14°	0,5	
	< 14°	0	
Medición:	Estimación:		

<b>1.14 Altura del muro</b>	> 50 m	2	
	25m - 50m	1	
	< 25m	0	
Medición:	Estimación:		

**Sismicidad**

<b>1.15 Zona Sísmica (NCh. 433, of.96)</b>	Zona 3	2,5	
	Zona 2	1,25	
	Zona 1	0	

<b>1</b>	Puntaje del escenario de sismo (suma de los puntajes parciales 1.1 a 1.15)	
----------	--	--

**ESCENARIO DE PELIGRO 5 (EPS5)**

Liberación violenta de relaves depositados en tranques que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.

**2. Producto de Rebalse de la Cubeta**

<u>Observación</u>	<u>Puntaje Parcial</u>	<u>Elija Puntaje Parcial</u>
--------------------	------------------------	------------------------------

**Vertederos**

<b>2.1 Vertederos operativos</b>	No tiene	4.5	
	Está sobre el muro o es de torre	3	
	Tiene y está excavado en suelo	1.5	
	Tiene y está excavado en roca	0	

**Drenaje del Entorno Hacia la Cubeta**

<b>2.2 Sistemas de recolección perimetral aguas lluvias (canal de contorno)</b>	No Hay	1.5	
	Parcial	0.5	
	Adecuados y en buen estado	0	

<b>2.3 Precipitación media anual (mm/año)</b>	> 250 mm/año	1.2	
	100 - 250 mm/año	0.8	
	50-100 mm/año	0.4	
	< 50 mm/año	0	
Dato:			
Fuente:			

<b>2.4 Relación entre la superficie de la cuenca aportante y la superficie del tranque (Sc/St)</b>	> 60	1.5	
	40 - 60	1	
	20 - 40	0.5	
	< 20	0	
Medición:	Estimación:		

<b>2.5 Precipitación máxima en 24 horas (mm/24 horas) ( periodo de retorno 10 años)</b>	> 80 mm	1.8	
	30 - 80 mm	1.2	
	10 - 30 mm	0.6	
	<10 mm	0	
Dato:			
Fuente:			

<b>2.6 Cubierta granular talud aguas abajo</b>	No tiene	1.5	
	Parcial con material granular fino	1	
	Parcial con material granular grueso	0.5	
	Tiene con material granular grueso	0	

<b>2.7 Cubierta granular talud aguas arriba (Rip-rap)</b>	No tiene	3	
	Parcial con material granular fino	2	
	Parcial con material granular grueso	1	
	Tiene con material granular grueso	0	

<b>2</b>	<b>Puntaje del escenario de Rebalse de la Cubeta (suma de los puntajes parciales 2.1 a 2.7)</b>	
----------	---	--

**ESCENARIO DE PELIGRO 5 (EPS5)**

Liberación violenta de relaves depositados en tranques que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.

**3. Producto del aumento del nivel freatico**

<u>Observación</u>	<u>Puntaje Parcial</u>	<u>Elija Puntaje Parcial</u>
--------------------	------------------------	------------------------------

**Drenaje**

<b>3.1 Sistemas de drenaje</b> (verificar si existe sistema de captación aguas dren)	No tiene	3	
	Se visualizan partes de drenes	2	
	Dren al pie	0	

<b>3.2 Presencia de vegetación sobre los relaves</b>	Cobertura vegetación densa	0.75	
	Cobertura vegetación densa en un sector localizado	0.5	
	Cobertura vegetación parcial	0.25	
	No hay presencia de vegetación	0	

<b>3.3 Elevación de agua dentro los relaves relacionado con altura de la muro <sup>(1)</sup></b>	Evidencia de agua dentro del depósito con elevación del nivel freático más que la mitad de la elevación del muro	4.5	
	Evidencia de agua dentro del depósito con elevación del nivel freático menos que la mitad de la elevación del muro	2,5	
	No hay evidencia	0	

**Grietas y Cárcavas de Erosión**

<b>3.4 Grietas en el muro</b>	Más de 2 grietas paralelas (longitudinales o transversales) de varios metros y al menos 1 de más de 3 cm de ancho	0.9	
	Más de 2 grietas paralelas (longitudinales o transversales) de varios metros ó 1-2 grietas longitudinales o transversales de más de 3 cm de ancho	0.6	
	1 a 2 grietas longitudinales o transversales continuas, de varios metros	0.3	
	No hay presencia de grietas de varios metros	0	

<b>3.5 Grietas en los estribos</b>	Grietas visibles a más de 10 metros de distancia. Grietas profundas y paralelas.	0.9	
	Multiples grietas bien desarrolladas, pero no son visibles a más de 10 m.	0.6	
	Presencia de algunas grietas aisladas o de escaso tamaño (inferiores al metro).	0.3	
	No hay	0	

<b>3.6 Cárcavas de erosión</b>	Más de 1 cárcava de erosión, alguna de ellas profunda y bien desarrollada.	0.9	
	1 Cárcava de erosión profunda y bien desarrollada o presencia de cárcavas pequeñas distribuidas en diversas áreas.	0.6	
	Presencia de cárcava pequeña.	0.3	
	No hay	0	

**Guía para la estimación del Índice de Probabilidad por seguridad**

Tranques de Relaves

**GUIA 3**

**ESCENARIO DE PELIGRO 5 (EPS5)**

**Liberación violenta de relaves depositados en tranques que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.**

Drenaje del Entorno Hacia la Cubeta

	<u>Observación</u>	<u>Puntaje</u>	<u>Elija Puntaje</u>
		<u>Parcial</u>	<u>Parcial</u>

<b>3.7 Sistemas de recolección perimetral Aguas Lluvias (Canal de Contorno)</b>	No hay	1.2	
	Existen pero sin mantención	0.8	
	Parcial	0.4	
	Adecuados y en buen estado	0	

<b>3.8 Precipitación media anual (mm/año)</b>	> 250 mm/año	1.35	
	100 - 250 mm/año	0.9	
	50-100 mm/año	0.45	
	< 50 mm/año	0	

Dato:  
Fuente:

<b>3.9 Relación entre la superficie de la cuenca aportante y la superficie del tranque (Sc/St)</b>	> 60	0.75	
	40 - 60	0.5	
	20 - 40	0.25	
	< 20	0	

Medición:      Estimación:

<b>3.10 Precipitación máxima en 24 horas (mm/24 horas) (periodo de retorno 10 años )</b>	> 80 mm	0.75	
	30 - 80 mm	0.5	
	10 - 30 mm	0.25	
	<10 mm	0	

Dato:  
Fuente:

<b>3</b>	<b>Puntaje del escenario del aumento del nivel freatico (suma de los puntajes parciales 3.1 a 3.10)</b>	
----------	---	--

Elija el puntaje más alto obtenido (por las sumas de escenario 1, 2, y 3)

Rango de Puntaje	Índice de Probabilidad del Escenario de Peligro
> 11.5	Alto
7.1 - 11.5	Medio
2 - 7	Bajo
< 2	Despreciable

Escoja Rango de Puntaje correcto y ingrese el Índice de Probabilidad del Escenario de Peligro en el Registro de Riesgos de la faena

**ESCENARIO DE PELIGRO 5 (EPS5)**

**Liberación violenta de relaves depositados en tranques que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.**

**Comentarios**

Ingrese comentarios acerca de supuestos, información y criterios que se utilizaron en la aplicación de esta guía

(A large rectangular area containing horizontal lines for writing comments.)

**Nota:**

<sup>(1)</sup> Puede encontrarse evidencia del nivel alcanzado por el agua de distintas maneras. La medida más confiable es la registrada a través de un pozo perforado en el depósito. En ausencia de dicho pozo, el nivel del agua puede ser inferido desde otras evidencias como son afloramientos en los taludes y obviamente presencia de suelos húmedos. La vegetación, en ocasiones, también es un indicador de la existencia de humedad en el interior del depósito.



**Guía para la estimación del Índice de Probabilidad por seguridad**

Embalses de Relaves

**GUIA 4**

**ESCENARIO DE PELIGRO 6 (EPS6)**

Liberación violenta de relaves depositados en embalses que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.

*Puntaje Elija Puntaje*  
Observación Parcial Parcial

**1. Producto de Sismo**

**Método Constructivo**

<b>1.1 Método de crecimiento o constructivo</b>	Aguas arriba u operación anterior a Decreto 86/70	1,2	
	Linea central	0,6	
	Aguas abajo	0	

<b>1.2 Material de construcción del muro</b>	Material fino con y sin impermeabilización talud aguas arriba	2	
	Material grueso y sin impermeabilización talud aguas arriba	1	
	Material grueso y con impermeabilización talud aguas arriba	0	

**Comportamiento Estructural**

<b>1.3 Período en el cual no ha tenido fallas relevantes</b>	Menos de 10 años	1,2	
	Entre 10 y 50 años	0,6	
	Mas de 50 años	0	
Estimación:			

**Grietas y Cárcavas de Erosión**

<b>1.4 Grietas en el muro</b>	Más de 2 grietas longitudinales (según el eje del muro) de varios metros y profundas	0,6	
	1 a 2 grietas longitudinales de varios metros	0,3	
	No hay	0	

<b>1.5 Grietas en los estribos</b>	Grietas en estribos de varios metros	0,6	
	Alguna evidencia	0,3	
	No hay	0	

<b>1.6 Cárcavas de erosión</b>	Cárcavas de erosión que debilitan el muro	0,3	
	Alguna evidencia	0,15	
	No hay	0	

**Contenido de Humedad**

<b>1.7 Presencia de vegetación sobre los relaves</b>	Cobertura de vegetación densa	0,6	
	Cobertura de vegetación parcial	0,3	
	No hay presencia	0	

**ESCENARIO DE PELIGRO 6 (EPS6)**

**Liberación violenta de relaves depositados en embalses que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.**

	<u>Observación</u>	<u>Puntaje</u>	<u>Elija Puntaje</u>
		<u>Parcial</u>	<u>Parcial</u>
<b>1.8 Elevación de agua dentro los relaves relacionado con altura de la muro <sup>(1)</sup></b>	Evidencia de agua dentro del depósito con elevación del nivel freático más que la mitad de la elevación del muro	1,2	
	Evidencia de agua dentro del depósito con elevación del nivel freático menos que la mitad de la elevación del muro	0,6	
	No hay evidencia	0	

**Geometría de Muro**

<b>1.9 Trazo del muro</b>	Convexo o de varias formas	0,8	
	Recto entre estribos	0,4	
	Cóncavo entre estribos	0	

<b>1.10 Inclinación del muro global</b>	>14°	1,4	
	5° - 14°	0,7	
	< 5°	0	
Medición:	Estimación:		

<b>1.11 Inclinación taludes aguas abajo del muro</b>	> 33°	1,4	
	33° - 27°	0,7	
	< 27°	0	
Medición:	Estimación:		

<b>1.12 Altura del muro</b>	H > 50 m	1,2	
	25m < H < 50m	0,6	
	H < 25m	0	
Medición:	Estimación:		

**Sismicidad**

<b>1.13 Zona Sismica (NCh. 433, of.96)</b>	Zona 3	2,5	
	Zona 2	1,25	
	Zona 1	0	

<b>1</b>	<b>Puntaje del escenario de sismo (suma de los puntajes parciales 1.1 a 1.13)</b>	
----------	---	--

**ESCENARIO DE PELIGRO 6 (EPS6)**

Liberación violenta de relaves depositados en embalses que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.

**2. Producto de Rebalse de la Cubeta**

<u>Observación</u>	<u>Puntaje Parcial</u>	<u>Elija Puntaje Parcial</u>
--------------------	------------------------	------------------------------

**Vertederos**

<b>2.1 Vertederos operativos</b>			
	No tiene	7.5	
	Está sobre el muro o es de torre	5	
	Tiene y está excavado en suelo	2.5	
	Tiene y está excavado en roca	0	

**Drenaje del Etorno Hacia la Cubeta**

<b>2.2 Sistemas de recolección perimetral aguas lluvias (canal de contorno)</b>			
	No Hay	2.25	
	Parcial	0.75	
	Adecuados y en buen estado	0	

<b>2.3 Precipitación media anual (mm/año)</b>			
	> 250 mm/año	1.5	
	100 - 250 mm/año	1	
	50-100 mm/año	0.5	
	< 50 mm/año	0	
Dato:			
Fuente:			

<b>2.4 Relación entre la superficie de la cuenca aportante y la superficie del embalse (Sc/Se)</b>			
	> 60	1.5	
	40 - 60	1	
	20 - 40	0.5	
	< 20	0	
Medición:	Estimación:		

<b>2.5 Precipitación máxima en 24 horas (mm/24 horas) (periodo de retorno 10 años)</b>			
	> 80 mm	2.25	
	30 - 80 mm	1.5	
	10 - 30 mm	0.75	
	<10 mm	0	
Dato:			
Fuente:			

<b>2</b>	<b>Puntaje del escenario de Rebalse de la Cubeta (suma de los puntajes parciales 2.1 a 2.5)</b>	
----------	---	--

**ESCENARIO DE PELIGRO 6 (EPS6)**

**Liberación violenta de relaves depositados en embalses que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.**

**3. Producto del aumento del nivel freatico**

<u>Observación</u>	<u>Puntaje Parcial</u>	<u>Elija Puntaje Parcial</u>
--------------------	------------------------	------------------------------

**Drenaje**

<b>3.1 Sistemas de drenaje</b> (verificar si existe sistema de captación aguas dren)	No tiene	3	
	Se visualizan partes de drenes	2	
	Dren al pie	0	

<b>3.2 Presencia de vegetación sobre los relaves</b>	Cobertura vegetación densa	0.75	
	Cobertura vegetación densa en un sector localizado	0.5	
	Cobertura vegetación parcial	0.25	
	No hay presencia de vegetación	0	

<b>3.3 Elevación de agua dentro los relaves relacionado con altura de la muro <sup>(1)</sup></b>	Evidencia de agua dentro del depósito con elevacion del nivel freático más que la mitad de la elevación del muro	3	
	Evidencia de agua dentro del depósito con elevacion del nivel freático menos que la mitad de la elevación del muro	1,5	
	No hay evidencia	0	

**Grietas y Cárcavas de Erosión**

<b>3.4 Grietas en el muro</b>	Más de 2 grietas paralelas (longitudinales o transversales) de varios metros y al menos 1 de más de 3 cm de ancho	1.2	
	Más de 2 grietas paralelas (longitudinales o transversales) de varios metros ó 1-2 grietas longitudinales o transversales de más de 3 cm de ancho	0.8	
	1 a 2 grietas longitudinales o transversales continuas, de varios metros	0.4	
	No hay presencia de grietas de varios metros	0	

<b>3.5 Grietas en los estribos</b>	Grietas visibles a más de 10 metros de distancia. Grietas profundas y paralelas.	1.2	
	Multiples grietas bien desarrolladas, pero no son visibles a más de 10 m.	0.8	
	Presencia de algunas grietas aisladas o de escaso tamaño (inferiores al metro).	0.4	
	No hay	0	

<b>3.6 Cárcavas de erosión</b>	Más de 1 cárcava de erosión, alguna de ellas profunda y bien desarrollada.	0.6	
	1 Cárcava de erosión profunda y bien desarrollada o presencia de cárcavas pequeñas distribuidas en diversas áreas.	0.4	
	Presencia de cárcava pequeña.	0.2	
	No hay	0	

**ESCENARIO DE PELIGRO 6 (EPS6)**

**Liberación violenta de relaves depositados en embalses que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.**

	<u>Observación</u>	<u>Puntaje</u>	<u>Elija Puntaje</u>
		<u>Parcial</u>	<u>Parcial</u>
<b>3.7 Material de construcción del muro</b>	Material fino y sin impermeabilización talud aguas arriba	2.25	
	Material fino y con impermeabilización talud aguas arriba	1.5	
	Material grueso y sin impermeabilización talud aguas arriba	0.75	
	Material grueso y con impermeabilización talud aguas arriba	0	

**Drenaje del entorno hacia la cubeta**

<b>3.8 Sistemas de recolección perimetral aguas lluvias (canal de contorno)</b>	No hay	1.05	
	Parcial	0.35	
	Adecuados y en buen estado	0	

<b>3.9 Precipitación media anual (mm/año)</b>	> 250 mm/año	0.45	
	100 - 250 mm/año	0.3	
	50-100 mm/año	0.15	
	< 50 mm/año	0	
Dato:			
Fuente:			

<b>3.10 Relación entre la superficie de la cuenca aportante y la superficie del embalse (Sc/Se)</b>	> 60	0.45	
	40 - 60	0.3	
	20 - 40	0.15	
	< 20	0	
Medición:	Estimación:		

<b>3.11 Precipitación máxima en 24 horas (mm/24 horas) (periodo de retorno 10 años)</b>	> 80 mm	1.05	
	30 - 80 mm	0.7	
	10 - 30 mm	0.35	
	<10 mm	0	
Dato:			
Fuente:			

<b>3</b>	<b>Puntaje del escenario del aumento del nivel freático (suma de los puntajes parciales 3.1 a 3.11)</b>	
----------	---	--

**ESCENARIO DE PELIGRO 6 (EPS6)**

**Liberación violenta de relaves depositados en embalses que podría afectar personas, al medio ambiente o actividades económicas.**

Elija el puntaje más alto obtenido (entre sumas parciales 1, 2, y 3)

Rango de Puntaje	Índice de Probabilidad del Escenario de Peligro
> 11.5	Alto
7.1 - 11.5	Medio
2 - 7	Bajo
< 2	Despreciable

Escoja Rango de Puntaje correcto y ingrese el Índice de Probabilidad del Escenario de Peligro en el Registro de Riesgos de la faena

**Comentarios**

Ingrese comentarios acerca de supuestos, información y criterios que se utilizaron en la aplicación de esta guía

**Nota:**

<sup>(1)</sup> Puede encontrarse evidencia del nivel alcanzado por el agua de distintas maneras. La medida más confiable es la registrada a través de un pozo perforado en el depósito. En ausencia de dicho pozo, el nivel del agua puede ser inferido desde otras evidencias como son afloramientos en los taludes y obviamente presencia de suelos húmedos. La vegetación, en ocasiones, también es un indicador de la existencia de humedad en el interior del depósito.

**Guía para la estimación del Índice de Probabilidad por seguridad**

Relaves Depositados en torta u otro sistema / Pilas de Lixiviación

**GUIA 5**

**ESCENARIO DE PELIGRO 7 (EPS7)**

Falla del talud de relaves depositados en torta u otro sistema de acopio que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.

**ESCENARIO DE PELIGRO 8 (EPS8)**

Falla del talud de pilas de rípios de lixiviación que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.

**1. Producto de Sismo**

Geometría del acopio

Observación	Puntaje	Elija Puntaje
	Parcial	Parcial

<b>1.1 Inclinación general del taludes general</b>	> 30°	1,2	
	30° - 21°	0,6	
	< 21°	0	

<b>1.2 ¿Los taludes presentan bermas?</b>	No	0,8	
	Si	0	

<b>1.3 Altura máxima del acopio</b>	> 50 m	1	
	25m - 50m	0,5	
	< 25m	0	

Medición:                      Estimación:

<b>1.4 Pendiente de fundación</b>	>10%	0,8	
	5 - 10 %	0,4	
	< 5%	0	

**Comportamiento estructural**

<b>1.5 Período en el cual no ha tenido fallas relevantes</b>	Menos de 10 años	1,5	
	Entre 10 y 50 años	0,75	
	Más de 50 años	0	

Estimación:

<b>1.6 Presencia de deslizamientos</b>	Se aprecian varios sectores con deslizamientos	2	
	Se aprecian sólo un sector con deslizamientos	1	
	No hay	0	

<b>1.7 Grietas y cárcavas de erosión</b>	Grietas o cárcavas de erosión profundas o bien desarrolladas,	1,2	
	Alguna evidencia de grietas o cárcavas	0,6	
	No hay	0	

**Contenido de humedad**

<b>1.8 Evidencia de agua dentro los rípios o relaves <sup>(1)</sup></b>	Evidencia de agua dentro del depósito con elevación del nivel freático más que la mitad de la elevación del muro	4	
	Evidencia de agua dentro del depósito con elevación del nivel freático menos que la mitad de la elevación del muro	2	
	No hay evidencia	0	

# Guía para la estimación del Índice de Probabilidad por seguridad

Relaves Depositados en torta u otro sistema / Pilas de Lixiviación

GUIA 5

## ESCENARIO DE PELIGRO 7 (EPS7)

Falla del talud de relaves depositados en torta u otro sistema de acopio que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.

## ESCENARIO DE PELIGRO 8 (EPS8)

Falla del talud de pilas de rípios de lixiviación que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.

### Sismicidad

1.9 Zona Sismica (NCh. 433, of.96)	Zona 3	2,5	
	Zona 2	1,25	
	Zona 1	0	

<b>1</b>	Puntaje del escenario de sismo (suma de los puntajes parciales 1.1 a 1.9)	
----------	---	--

### 2. Por Ingreso de Aguas Naturales y Rebalse de Cubeta

*Drenaje del entorno hacia el acopio*

<i>Observación</i>	<i>Puntaje Parcial</i>	<i>Elija Puntaje Parcial</i>
--------------------	------------------------	------------------------------

2.1 Sistemas de recolección perimetral aguas lluvias (canal de contorno)	No Hay	3	
	Parcial	1	
	Adecuados y buen estado	0	

2.2 Precipitación media anual (mm/año)	> 250 mm/año	3.75	
	100 - 250 mm/año	2.5	
	50-100 mm/año	1.25	
	< 50 mm/año	0	

Dato:

Fuente:

2.3 Relación entre la superficie de la cuenca aportante y la superficie del depósito (Sc/Sd)	> 60	3.75	
	40 - 60	2.5	
	20 - 40	1.25	
	< 20	0	

Estimación:

2.4 Precipitación máxima en 24 horas (mm/24 horas) (periodo de retorno 10 años)	> 80 mm	4.5	
	30 - 80 mm	3	
	10 - 30 mm	1.5	
	<10 mm	0	

Dato:

Fuente:

<b>2</b>	Puntaje del escenario de Rebalse de la Cubeta (suma de los puntajes parciales 2.1 a 2.4)	
----------	--	--



**Guía para la estimación del Índice de Probabilidad por seguridad**

Relaves Depositados en torta u otro sistema / Pilas de Lixiviación

**GUIA 5**

**ESCENARIO DE PELIGRO 7 (EPS7)**

Falla del talud de relaves depositados en torta u otro sistema de acopio que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.

**ESCENARIO DE PELIGRO 8 (EPS8)**

Falla del talud de pilas de ripios de lixiviación que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.

**3. Producto del aumento del nivel freático**

<u>Observación</u>	<u>Puntaje Parcial</u>	<u>Elija Puntaje Parcial</u>
--------------------	------------------------	------------------------------

**Drenaje en el Acopio**

<b>3.1 Sistemas de drenaje</b> (verificar si existe sistema de captación aguas dren funcionando)	No tiene	4.5	
	Se visualizan partes de drenes	1.5	
	Dren al pie	0	

<b>3.2 Evidencia de agua dentro los ripios o relaves <sup>(1)</sup></b>	Evidencia de agua dentro del depósito con elevación del nivel freático más que la mitad de la elevación del muro	4,5	
	Evidencia de agua dentro del depósito con elevación del nivel freático menos que la mitad de la elevación del muro	2,5	
	No hay evidencia	0	

<b>3.3 Grietas o cárcavas de erosión</b>	Acopio erosionado completamente	1.5	
	Cárcavas de erosión	1	
	Alguna evidencia	0.5	
	No hay	0	

**Drenaje del entorno hacia el acopio**

<b>3.4 Sistemas de recolección perimetral aguas lluvias</b> (canal de contorno)	No Hay	1.2	
	Parcial	0.4	
	Adecuados y en buen estado	0	

<b>3.5 Precipitación media anual (mm/año)</b>	> 250 mm/año	1.2	
	100 - 250 mm/año	0.8	
	50-100 mm/año	0.4	
	< 50 mm/año	0	

Dato:

Fuente:

<b>3.6 Relación entre la superficie de la cuenca aportante y la superficie del depósito (Sc/Sd)</b>	> 60	1.2	
	40 - 60	0.8	
	20 - 40	0.4	
	< 20	0	
Estimación:			

**Guía para la estimación del Índice de Probabilidad por seguridad**

Relaves Depositados en torta u otro sistema / Pilas de Lixiviación

**GUIA 5**

**ESCENARIO DE PELIGRO 7 (EPS7)**

Falla del talud de relaves depositados en torta u otro sistema de acopio que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.

**ESCENARIO DE PELIGRO 8 (EPS8)**

Falla del talud de pilas de rípios de lixiviación que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.

<b>3.7 Precipitación máxima en 24 horas (mm/24 horas) (periodo de retorno 10 años)</b>	> 80 mm	0.9	
	30 - 80 mm	0.6	
	10 - 30 mm	0.3	
	<10 mm	0	
Dato:			
Fuente:			

<b>3</b>	<b>Puntaje del escenario del aumento del nivel freático (suma de los puntajes parciales 3.1 a 3.7)</b>	
----------	--	--

Elija el puntaje más alto obtenido (entre sumas parciales 1, 2, y 3)

--

Rango de Puntaje	Índice de Probabilidad del Escenario de Peligro
> 11.5	Alto
7.1 - 11.5	Medio
2 - 7	Bajo
< 2	Despreciable

Escoja Rango de Puntaje correcto y ingrese el Índice de Probabilidad del Escenario de Peligro en el Registro de Riesgos de la faena

<b>Comentarios</b>
Ingrese comentarios acerca de supuestos, información y criterios que se utilizaron en la aplicación de esta guía

Nota:

<sup>(1)</sup> Puede encontrarse evidencia del nivel alcanzado por el agua de distintas maneras. La medida más confiable es la registrada a través de un pozo perforado en el depósito. En ausencia de dicho pozo, el nivel del agua puede ser inferido desde otras evidencias como son afloramientos en los taludes y obviamente presencia de suelos húmedos. La vegetación, en ocasiones, también es un indicador de la existencia de humedad en el interior del depósito.

**ESCENARIO DE PELIGRO 9 (EPS9)**

Falla del talud de botaderos de desmontes, estériles o minerales de baja ley que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.

*Observación*

	<i>Puntaje Parcial</i>	<i>Elija</i>	<i>Puntaje Parcial</i>
--	------------------------	--------------	------------------------

**1. Producto de Sismo**

**Características Generales**

<b>1.1 Zona Sísmica (NCh. 433, of.96)</b>	Zona 3	3	
	Zona 2	1,5	
	Zona 1	0	

<b>1.2 Inclinación de talud global</b>	>37°	2,2	
	37° - 33°	1,1	
	< 33°	0	

Medición:      Estimación:

<b>1.3 Altura máxima del acopio</b>	> 50 m	2,4	
	25 - 50 m	1,2	
	< 25 m	0	

Medición:      Estimación:

<b>1.4 Materiales componentes (Tipo de material)</b>	Fino	1,8	
	Mezcla gruesos y finos	0,9	
	Grueso	0	

<b>1.5 Presencia de agua en el depósito</b>	Depósito saturado o situación desconocida	2	
	Depósito semi saturado	1	
	Depósito seco	0	

<b>1.6 Pendiente de fundación</b>	> 10%	0,8	
	5 - 10 %	0,4	
	< 5%	0	

Medición:      Estimación:

**Método Constructivo**

<b>1.7 ¿Presencia de geomembrana en la base?</b>	Sí	1,4	
	No	0	

<b>1.8 ¿Los taludes presentan bermas?</b>	No	1,4	
	Sí	0	

<b>1</b>	Puntaje del escenario de sismo (suma de los puntajes parciales 1.1 a 1.8)	
----------	---	--

## Guía para la estimación del Índice de Probabilidad por seguridad

Desmonte/ Estéril/ Minerales de Baja Ley

GUIA 6

### ESCENARIO DE PELIGRO 9 (EPS9)

Falla del talud de botaderos de desmontes, estériles o minerales de baja ley que podría afectar personas, medio ambiente o actividades económicas.

2. Producto del ingreso de agua	Observación	Puntaje Parcial	Elija Puntaje Parcial
---------------------------------	-------------	-----------------	-----------------------

Drenaje del entorno hacia el acopio

2.4 Precipitación máxima en 24 horas (mm/24 horas) (periodo de retorno 10 años)		Puntaje Parcial	Elija Puntaje Parcial
	> 80 mm	4,5	
	30 - 80 mm	2,25	
	10 - 30 mm	1	
	<10 mm	0	
Dato:			
Fuente:			

2.2 Sistemas de desvío perimetral aguas lluvias		Puntaje Parcial	Elija Puntaje Parcial
	No Hay	3	
	Parcial	1,5	
	Adecuados y buen estado	0	

2.3 Drenaje natural del entorno		Puntaje Parcial	Elija Puntaje Parcial
	Conduce las aguas al acopio	3,5	
	Conduce las aguas fuera del acopio	0	

Grietas y cárcavas de erosión

2.4 Grietas		Puntaje Parcial	Elija Puntaje Parcial
	Profundas	0,8	
	Alguna Evidencia	0,4	
	No Hay	0	

2.5 Cárcavas de erosión		Puntaje Parcial	Elija Puntaje Parcial
	Profundas	0,8	
	Alguna Evidencia	0,4	
	No Hay	0	

2.6 Sistema de drenaje ¿Hay evidencias de sistema de drenaje (tuberías, drenes) en funcionamiento?		Puntaje Parcial	Elija Puntaje Parcial
	No	2,4	
	Sí	0	

**2**

Puntaje del escenario del ingreso de agua (suma de los puntajes parciales 2.1 a 2.6)

Elija el puntaje más alto obtenido (por las sumas de escenario 1 y 2)

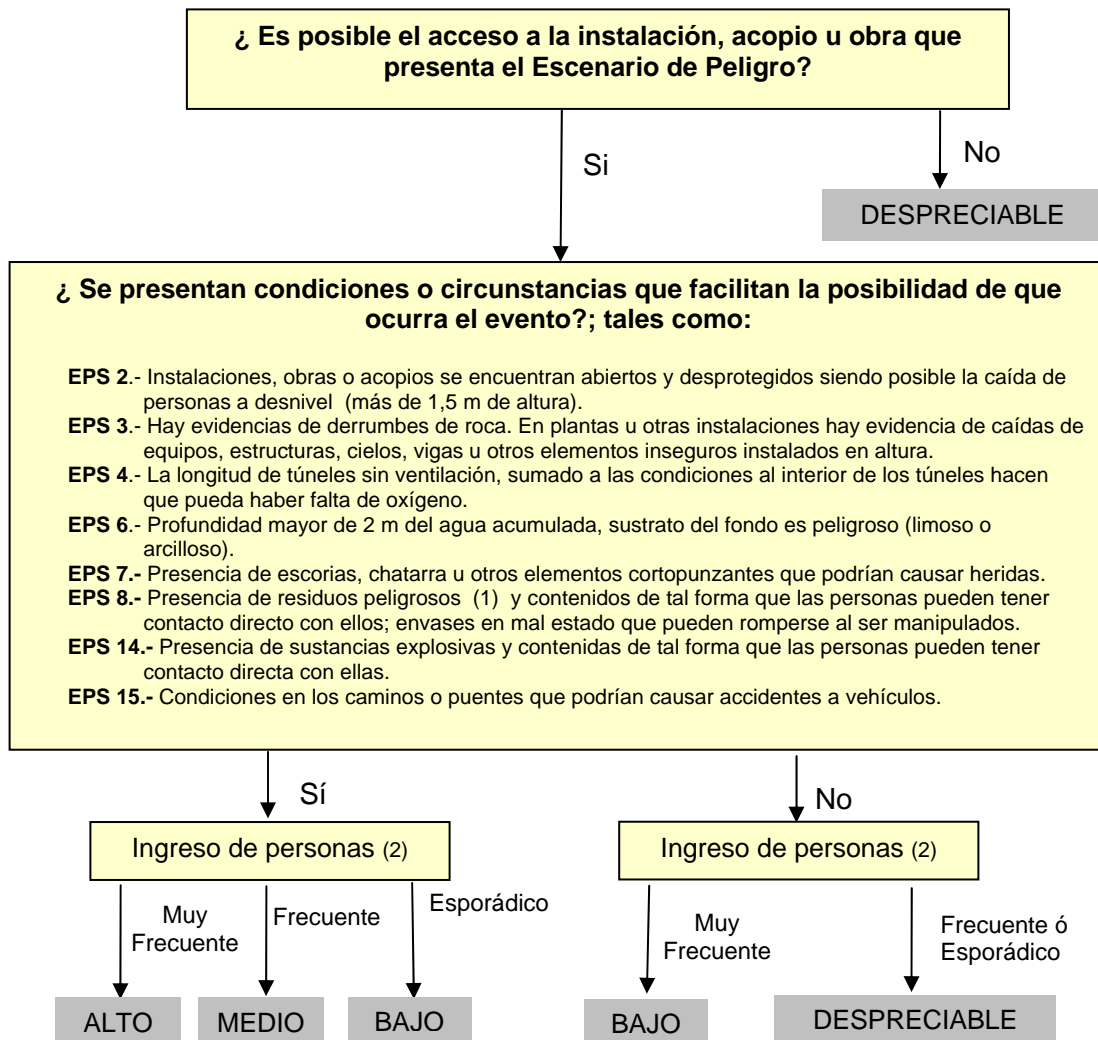
Rango de Puntaje	Categoría en Matriz de Riesgo
> 11.5	Alta
7.1 - 11.5	Moderada
2 - 7	Baja
< 2	Despreciable

Escoja Rango de Puntaje correcto y ingrese el Índice de Probabilidad del Escenario de Peligro en el Registro de Riesgos de la faena



**ESCENARIO DE PELIGRO :**

- EPS 2. Caída de personas a desnivel (labores abiertas, piques, piscinas, estanques, escaleras, etc.).
- EPS 3. Caída de rocas, estructuras remanentes o elementos inseguros sobre personas.
- EPS 4. Asfixia de personas que ingresen a la mina
- EPS 6. Asfixia de personas por inmersión.
- EPS 7. Contacto físico de personas con estructuras remanentes o elementos inseguros que pueden causar lesiones corto-punzantes.
- EPS 8. Ingesta, inhalación o contacto dérmico de personas con sustancias peligrosas.
- EPS 14. Explosión que puede afectar personas.
- EPS 15. Accidentes de vehículos por caminos o infraestructura en mal estado (puentes).



(1) La clasificación del residuo como peligroso debe hacerse siguiendo lo indicado en el D.S. 148/03 de MINSAL (incluido en Anexo B3 del Manual).

- (2) Muy Frecuente : Diariamente se producen ingresos
- Frecuente : Algunos días al mes se producen ingresos
- Esporádico : A lo largo del año se producen pocos o muy pocos ingresos.

<b>Comentarios</b> Ingrese comentarios acerca de supuestos, información y criterios que se utilizaron en la aplicación de esta guía





**ANEXO A2**

**MATERIAL DE APOYO PARA LA**

**EVALUACION DE RIESGOS SIMPLIFICADA POR SEGURIDAD**



## ANEXO A2

### MATERIAL DE APOYO PARA LA EVALUACION SIMPLIFICADA DE RIESGOS POR SEGURIDAD

#### INDICE

A.2.1	CONCEPTOS ASOCIADOS A LA EVALUACION DEL INDICE DE PROBABILIDAD DE ESCENARIOS DE PELIGRO.....	1
A.2.1.1.	<i>Labores subterráneas</i> .....	1
A.2.1.2.	<i>Labores superficiales (rajos abiertos)</i> .....	3
A.2.1.3.	<i>Plantas de procesamiento</i> .....	7
A.2.1.4.	<i>Deposito de relaves (tranques, embalses, acopios)</i> .....	8
A.2.1.5.	<i>Ripios de lixiviación</i> .....	20
A.2.1.6.	<i>Residuos No Masivos</i> .....	21
A.2.2	CONCEPTOS ASOCIADOS A LA EVALUACION DE LA SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS .....	22
A.2.2.1.	<i>Depósito de relaves (tranques, embalses,acopios)</i> .....	22
A.2.2.2.	<i>Residuos Peligrosos</i> .....	24

#### INDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Distribución de las grietas de tracción.....	2
Figura 2:	Inclinación del talud global .....	4
Figura 3:	Grietas de tracción en el borde del rajo .....	6
Figura 4:	Ubicación del Nivel de aguas sobre los taludes del rajo .....	7
Figura 5:	Tranque de relaves construido mediante método Aguas Arriba.....	9
Figura 6:	Tranque de relaves construido mediante método Línea Central .....	10
Figura 7:	Tranque de relaves construido mediante método Aguas Abajo .....	10
Figura 8:	Altura del acopio.....	16
Figura 9:	Talud sin berma .....	21
Figura 10:	Talud con berma .....	20

## ***A.2.1 CONCEPTOS ASOCIADOS A LA EVALUACION DEL INDICE DE PROBABILIDAD DE ESCENARIOS DE PELIGRO***

### *A.2.1.1. Labores Subterráneas*

Las labores subterráneas presentan dos tipos de Escenarios de Peligro por Seguridad. Por un lado se cuenta con posibles derrumbes y caídas por el ingreso indebido de personas, mientras que, por otro lado, existen peligros relacionados con fallas en la estabilidad de la obra abandonada. A continuación se entregan criterios generales que facilitan la aplicación de las Guías para la Estimación del Índice de Probabilidad en el caso de Labores Subterráneas.

#### **- Accesos habilitados que permiten el ingreso a la mina y sus laboreos**

Se entiende por acceso la existencia de caminos habilitados por donde sea posible el ingreso y tránsito de personas de manera motorizada o a pie. En general se considerará que existen accesos para ingreso de personas cuando la bocamina u otras labores de entrada se encuentren completa o parcialmente abiertas.

Los accesos son restringidos cuando existan barreras que impidan el ingreso a la faena o sus instalaciones tales como guardias, rejas, cercos, enrocados de protección, tapones u otra estructura similar.

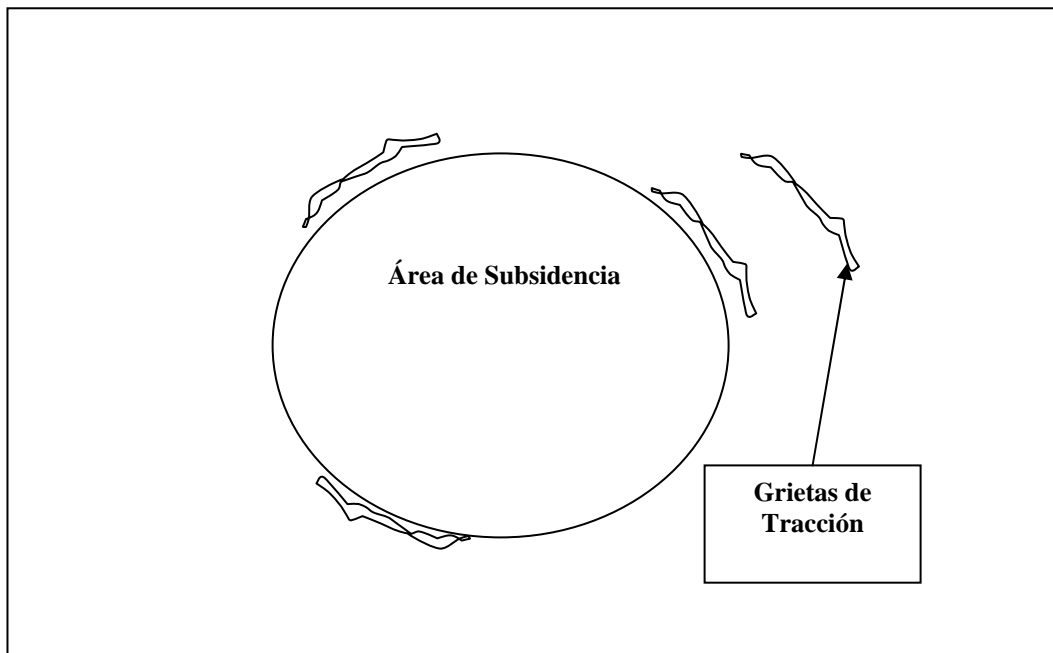
#### **- Subsistencia de la mina**

Para reconocer la existencia de subsidencia se examinará en primer lugar si hay hundimiento o desnivel pronunciado del terreno, perceptibles a simple vista. Para determinar la ubicación del área de subsidencia será de gran utilidad conocer la distribución de las labores subterráneas, la ubicación de los accesos a la mina y el método de explotación utilizado durante la operación. Si esta información no se encuentra disponible puede obtenerse en terreno por medio de preguntas a personas que habiten cerca del lugar donde se desarrollaron las labores de explotación subterránea.

### - Grietas de tracción en el área de subsidencia

Las grietas de tracción se forman en la superficie del terreno que se encuentra en el área de potencial subsidencia. Generalmente se encuentran en el borde exterior de dicha área, tal como lo muestra la Figura 1. Las grietas de tracción en el caso de subsidencia, se producen por el asentamiento diferencial del terreno, y en general, aparecen cuando ocurren deformaciones que preceden a los hundimientos.

**Figura 1: Distribución de las grietas de tracción.**



### - Drenaje natural del entorno.

Durante la inspección de la mina subterránea se debe verificar si la zona de potencial subsidencia está ubicada en una quebrada o vía de escurrimiento preferencial. Será importante determinar si las aguas drenan hacia la zona de laboreos, puesto que ello determinará el ingreso de agua a la faena.

### **- Método de explotación**

Algunos métodos de explotación crean zonas débiles más extensas, que afectan más o menos a la superficie del terreno en base a la profundidad en que se realice la explotación. Métodos como “Block caving” o “Sublevel caving” tienen una influencia moderada, mientras que la explotación en vetas angostas tiene un efecto sobre la superficie casi despreciable.

### **- Derrumbes de rocas sobre personas**

Corresponden a estructuras, rocas o materiales de la mina que se encuentran en situación inestable y pueden caer y dañar a personas que eventualmente transiten por ella. Esta estimación se puede realizar en base a la observación del estado de las fortificaciones y de evidencias de derrumbes previos tales como presencia de planchones de rocas en el suelo, deslizamientos del material del túnel u otra señal que indique una posibilidad clara de derrumbes que podrían ocurrir en el futuro.

#### *A.2.1.2. Labores superficiales (Rajos Abiertos)*

Los rajos abiertos presentan dos tipos de Escenarios de Peligro por Seguridad. Los primeros están asociados a posibles caídas por el ingreso indebido de personas, mientras que los segundos están relacionados con las fallas en la estabilidad de la obra abandonada. De producirse esta falla, se considera que su radio de influencia es equivalente a un tercio de su profundidad máxima. Se estima que todos los receptores que se encuentren a dicha distancia del borde del rajo pueden verse afectados por su colapso.

A continuación se entregan criterios generales que facilitan la aplicación de las Guías para la Estimación del Índice de Probabilidad, en el caso de Rajos Abiertos.

### **- Rajo abierto y desprotegido**

En general, el rajo de una mina tiene una dimensión y diámetro tal que es difícil que este tipo de labor pase desapercibida. Este factor reduce considerablemente la posibilidad de que personas

puedan caer en él accidentalmente, puesto que existe conciencia de su existencia y de los riesgos asociados a cometer un descuido en las cercanías de su borde. Aún así, se considera que una caída al rajo es un hecho factible si existen accesos abiertos hasta los bordes y éstos carecen de medidas de seguridad tales como barreras, cercos, etc.

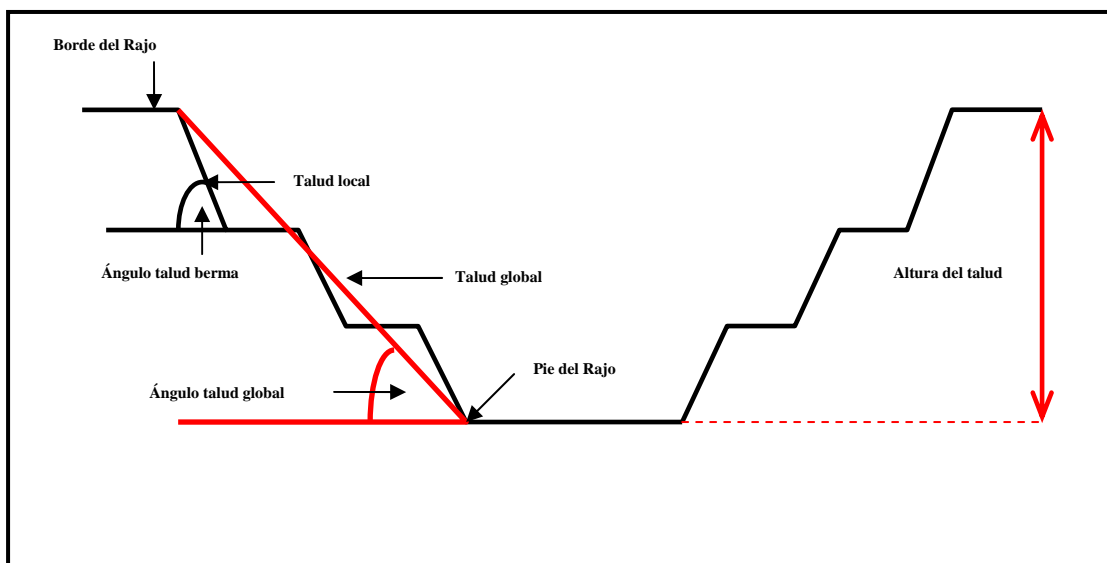
### - Caracterización de la Zona Sísmica.

Se deberá identificar la zona sísmica en la que se emplaza la faena según el mapa de zonificación sísmica que establece la Norma Chilena NCh. 433-Of 96.

### - Inclinación del talud global

Talud es la inclinación del paramento de un muro, terraplén o terreno. Para medir esta inclinación pueden usarse diferentes métodos: topográficos, analíticos o aproximados. Para el caso del rajo o corte, se entiende por talud global el ángulo que forma una línea trazada desde la parte superior del rajo (borde) y el pie de éste, tal como se muestra en la Figura 2, los ángulos locales no se considerarán en la estimación de este parámetro.

**Figura 2: Inclinación del Talud Global**



Con el fin de obtener la medida del talud del rajo en terreno, a continuación se explica una metodología para determinar rápidamente su inclinación y altura.

**- Procedimiento para medir la inclinación del talud utilizando una brújula Brunton:**

1° Se deberá contar con una Brújula tipo Brunton con clinómetro.

2° En un plano perfectamente horizontal se deberá confirmar que el ángulo que indica el clinómetro corresponda a cero grados. Con esto se calibrará el instrumento. (Opcional)

3° Una vez calibrado el instrumento se deberá proyectar el borde de la brújula sobre la superficie inclinada del talud.

4° Girar el clinómetro hasta que la burbuja del nivel tubular quede centrada entre las líneas de precisión.

5° Medir el ángulo de inclinación del talud directamente sobre el goniómetro.

**- Procedimiento para medir la altura del talud**

La altura del talud del rajo es la diferencia de cota en la elevación vertical que existe entre el pié y el borde de éste según muestra la Figura 2. Esta altura puede ser medida utilizando métodos topográficos o si se dispone de planos con curvas de nivel, por una diferencia estimada entre el borde y el pié de la estructura. Si no se cuenta con métodos directos, la altura deberá ser estimada de acuerdo a la mejor apreciación del Evaluador.

**- Evidencia de derrumbes parciales**

Se entiende por derrumbe parcial la acumulación de rocas producto de fallas o deslizamientos que ocurren entre bermas. Si el derrumbe o deslizamiento afecta a más de un banco o a todo el

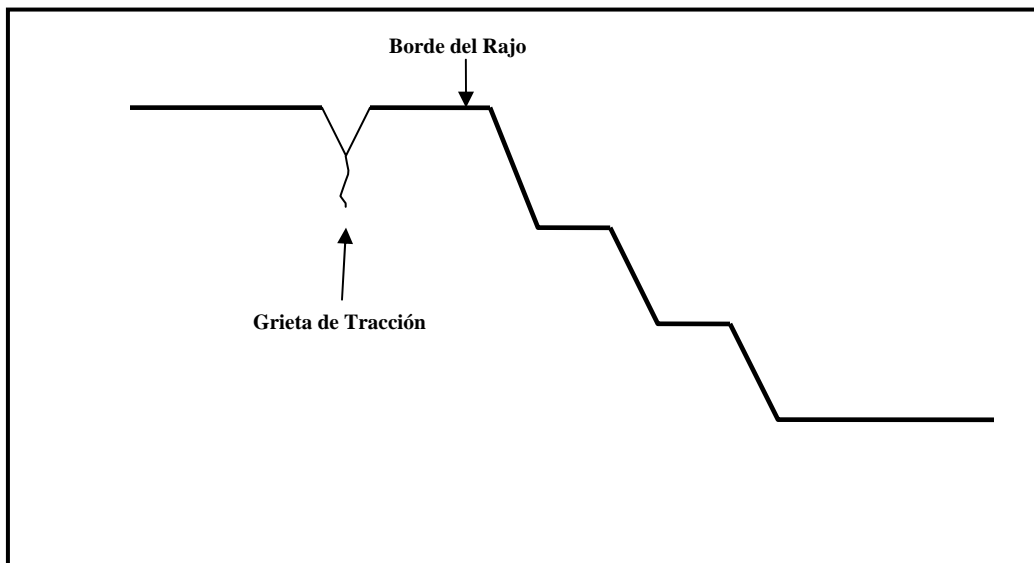


talud en su conjunto, entonces se entenderá que existe una falla o derrumbe global del talud. La presencia de material suelto diseminado al pie del talud constituye un indicador sobre la estabilidad de éste.

#### - Grietas de tracción en la superficie del contorno del rajo.

Las grietas de tracción se forman en la superficie del rajo, cerca y paralelo al borde de éste (Figura 3), y en general son debidas a las deformaciones que preceden a los derrumbes. Su presencia debilita la estructura de roca del talud y facilita el ingreso de agua a través de ellas pudiendo deteriorar estructuras de roca inferiores.

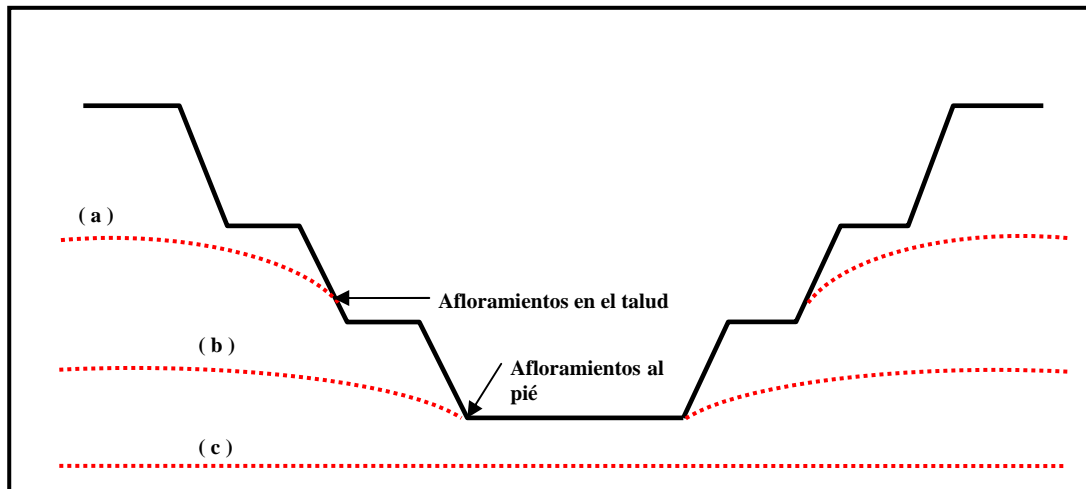
**Figura 3: Grietas de tracción en el borde del rajo**



#### - Presencia de napa subterránea

En zonas con elevada precipitación o en donde el nivel de aguas subterráneas en forma natural se encuentra muy cerca de la superficie, se deberá prestar atención a la presencia de afloramientos en los bancos de taludes locales o en el fondo del rajo (ver Figura 4). En caso de no existir evidencias de agua se asumirá que el nivel freático se encuentra a mayor profundidad.

**Figura 4: Ubicación del nivel de aguas sobre los taludes del rajo**



### **- Cárcavas de erosión**

Las cárcavas de erosión son discontinuidades en las superficies de los taludes que demuestran la acción de agentes climáticos, tales como la lluvia, la nieve o el viento. Se consideran evidentes cuando están presentes en gran parte de las superficies expuestas del rajo.

#### *A.2.1.3. Plantas de procesamiento*

Las plantas de procesamiento presentan riesgos a la seguridad debido al posible ingreso de personas a áreas con estructuras inestables que pueden caer, o bien por contar con elementos inseguros que pueden provocar daños de consideración tales como heridas corto-punzantes, golpes, caídas de altura, etc. En adelante se precisan estos conceptos.

### **- Estructuras en altura que se encuentran inestables y que fácilmente podrían caer dañando a personas dentro de la planta**

Para evaluar si las estructuras de la planta representan un riesgo para las personas que ingresen a ella se debe analizar su estabilidad física y sus características estructurales. En base a la inspección visual se debe evaluar si existe la posibilidad de que estructuras pesadas o de gran tamaño caigan desde alturas considerables. Se debe verificar si existen estructuras en un estado

de deterioro tal, que cualquier variación (personas subiendo o transitando sobre ellas) podría provocar el colapso.

### **- Elementos inseguros**

Se consideran elementos inseguros los suelos con presencia de elementos corto-punzantes (clavos y astillas) o con boquetes que pueden provocar caídas desde altura, las escaleras, pasarelas, bidones de combustible cerrados, piscinas profundas, lugares que han permanecido cerrados por mucho tiempo (y pueden haber acumulado gases tóxicos) y en general todos aquellos elementos que podría provocar daños de consideración a las personas.

#### *A.2.1.4. Deposito de relaves (tranques, embalses, acopios)*

Para la caracterización del estado de seguridad de los depósitos de relave conviene considerar las características constructivas y conocer su comportamiento como estructura. A continuación se entrega un resumen de los conceptos asociados a estas obras.

### **- Método de crecimiento o constructivo**

Los tranques de relaves generalmente son construidos en etapas, y su sistema de crecimiento pudo haber sido realizado en alguno de estos métodos constructivos:

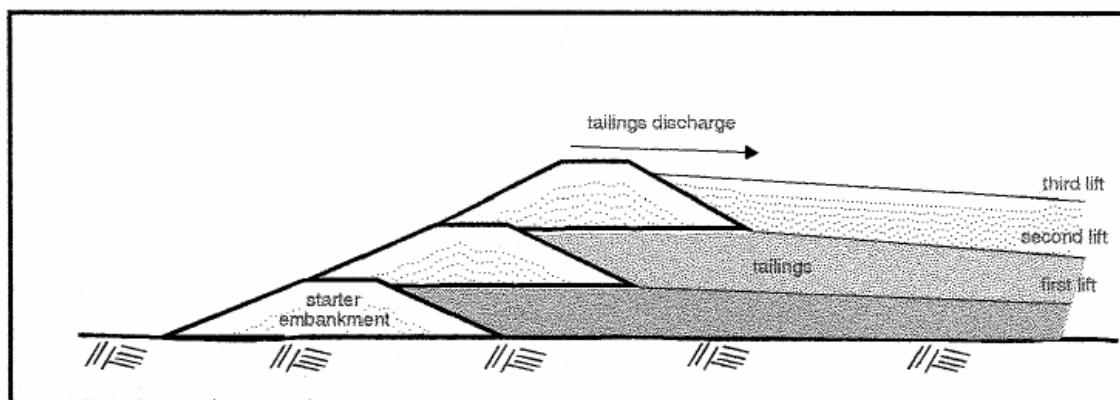
- Método Aguas Arriba
- Método de Línea Central
- Método Aguas Abajo

#### ***Método Aguas Arriba***

Este método considera el peralte del muro de arenas, conservando la traza inicial externa del muro de partida hacia aguas abajo (Figura 5). Así, los peraltes realizados se apoyan aguas arriba

sobre las lamas y/o relaves existentes. Esta conformación es insegura debido a que parte de la fundación de los peraltes de los muros se va apoyando sobre relaves y/o lamas frescas, las cuales corresponden a un material saturado, susceptible a la licuefacción por aumentos en la presión de poros y generalmente son inestables en términos físicos ante solicitaciones de consideración. Requiere mantener alejada del muro la laguna o espejo de agua clara. Este método constructivo se encuentra prohibido actualmente en Chile <sup>1</sup>.

**Figura 5: Tranque de relaves construido mediante método Aguas Arriba**

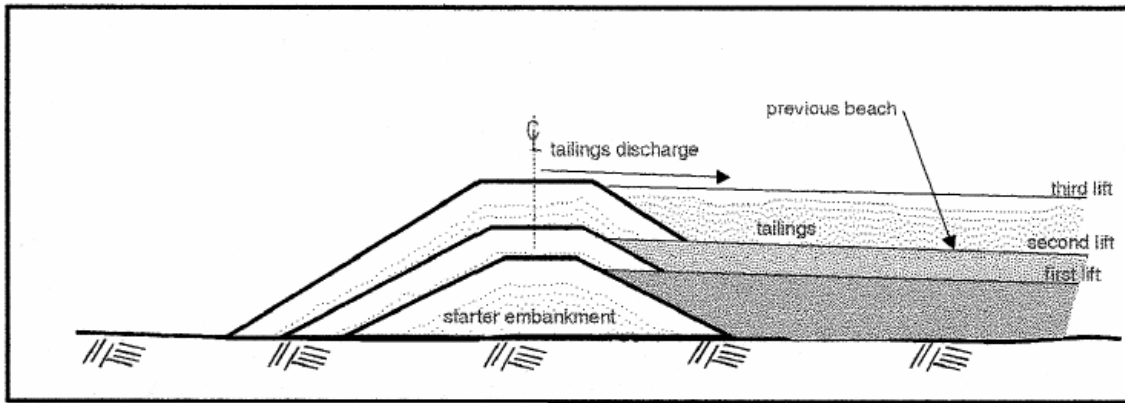


### *Método de Línea Central*

El método de Línea Central es un sistema intermedio entre el denominado de Aguas Arriba y el llamado Aguas Abajo. Este método considera el peralte de la presa conservando el eje inicial del muro de partida (Figura 6). Así, los peraltes realizados se apoyan aguas arriba, sólo en parte sobre las lamas y/o relaves existentes. Esta conformación también es insegura debido a que parte de la fundación de los peraltes de los muros se apoya sobre relaves y/o lamas frescas, las cuales corresponden a un material saturado, susceptible a la licuefacción por aumentos en la presión de poros y, generalmente, son inestables en términos físicos ante solicitaciones de consideración. Este método requiere mantener alejada del muro la laguna de aguas claras.

<sup>1</sup> Artículo 14. letra h. Decreto 248 / 2006 del Ministerio de Minería. Reglamento para la aprobación de proyectos de diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relaves.

**Figura 6: Tranque de relaves construido mediante método Línea Central**

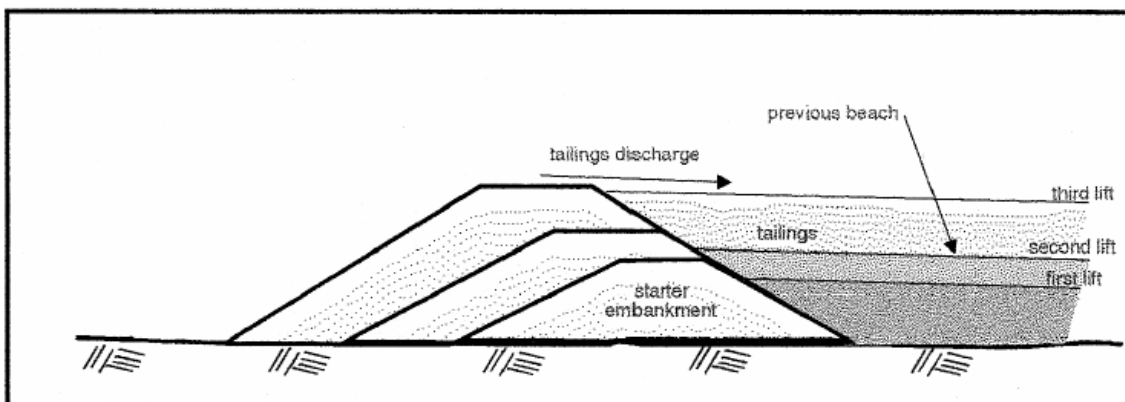


### *Método de Aguas Abajo*

Este método considera el peralte del muro de arenas, conservando la traza interior del muro de partida (Figura 7). Así los peraltes realizados se apoyan, tanto aguas arriba, como aguas abajo; sobre arenas previamente depositadas. Los muros construidos bajo el método Aguas Abajo son probablemente los más seguros, por lo cual son recomendados.

Este tipo de construcción es el único que es capaz de operar como un sistema de acumulación de agua, aunque es recomendable que el espejo de agua clara quede alejado del muro.

**Figura 7: Tranque de relaves construido mediante método Aguas Abajo**



### **- Separación gruesos – finos (tranques)**

La ventaja de separar el material grueso del fino reside en que la fracción gruesa de los relaves es utilizada para la construcción del muro, y la fracción fina, para llenar la cubeta, lo cual permite reducir los costos de construcción, puesto que el muro del depósito es construido con el mismo material excavado. Además, se disminuye el volumen de relaves dispuestos en la cubeta.

Por otro lado, las arenas poseen una conductividad hidráulica mayor que las lamas, lo que contribuye a disminuir el nivel freático dentro del muro, reduciéndose con ello el potencial de licuefacción de éste.

El utilizar las arenas como material de construcción del muro logra un factor de estabilidad mayor que aquel caso en que se emplean relaves sin separación entre fracciones finas y gruesas para su construcción.

### **- Sistema de drenaje basal**

Los drenes son utilizados con el propósito de reducir el nivel de las aguas al interior del prisma resistente, y con ello evitar los problemas de estabilidad asociados a un nivel freático elevado al interior del muro. Los sistemas de drenaje pueden construirse con geosintéticos y/o con material granular.

### **- Muro de pie**

Los muros de pie son presas de material granular construidos en la base de la estructura, con objeto de aumentar su estabilidad.

### **- Tiempo sin fallas relevantes**

El tiempo sin fallas relevantes corresponde a aquel período en el cual no han ocurrido eventos tales como deslizamientos, rebalses, grietas, asentamientos u otra falla de consideración que deje en evidencia problemas estructurales.

El hecho de que el depósito de relaves lleve un período de tiempo prolongado sin fallas estructurales evidentes, podría significar que éste posee un nivel de seguridad adecuado para soportar los eventos extremos que existen en la zona en que se encuentra emplazado. Se esperaría que un depósito que fue abandonado hace más de 50 años haya soportado terremotos o lluvias extraordinarias (si es el caso) en su etapa de abandono, por lo que el hecho de no presentar fallas en su estructura, será un indicio de que fue diseñado con una seguridad suficiente como para soportar eventos con un período de retorno elevado. En estos casos se puede suponer que el comportamiento del depósito en el pasado será similar a su comportamiento futuro, por lo que este parámetro será un indicador general de la seguridad de la instalación. Por el contrario, tranques que han fallado en el pasado debieran ser considerados menos seguros.

#### **- Grietas.**

Por grietas se entenderá toda discontinuidad de la superficie de taludes y coronas que no haya sido producida por efecto de la erosión eólica o hídrica, sino más bien, debido a los esfuerzos mecánicos a que han estado sometidas las obras. Al respecto se pueden distinguir tres posibles situaciones:

- Presencia de grietas profundas: cuando éstas tienen más de 10 centímetros de separación entre sus bordes y cuentan con una profundidad aparente de más de 1 metro. Estas grietas son observables en gran parte de las superficies expuestas y con mayor frecuencia hacia el borde de los taludes de contorno.
- Alguna evidencia: cuando hay presencia de grietas en algunas zonas de las superficies expuestas. Sin embargo, éstas no parecen ser de importancia considerable.
- No hay grietas: cuando no existe presencia de grietas en las superficies.

### **- Cárcavas de erosión**

Los muros, cuando están contruidos con un material granular, son susceptibles de ser erosionados por escorrentía superficial procedente de las precipitaciones. El escurrimiento genera hendiduras alargadas sobre la superficie del muro debido al arrastre de materiales. Estas formaciones se denominan cárcavas de erosión y para los efectos de este manual, las obras se clasifican según tengan:

- Cárcavas profundas: cuando éstas tienen más de 10 centímetros de separación entre sus bordes y presentan una profundidad aparente de más de 1 metro. Estas grietas son observables en gran parte de las superficies expuestas y ocurren con mayor frecuencia en el borde inferior de los taludes.
- Alguna evidencia: cuando hay presencia de cárcavas en algunos sectores de las superficies expuestas. Sin embargo, éstas no parecen ser de importancia considerable.
- No hay: cuando no se observan cárcavas en la superficie de los muros.

### **- Contenido de humedad**

#### ***Presencia de vegetación sobre los relaves***

El nivel freático es el nivel de saturación dentro de los relaves, o donde la presión del agua iguala la presión atmosférica (presión de poros igual a cero). En general, este nivel se intenta mantener lo más bajo posible, puesto que de él depende en gran medida la estabilidad del depósito de relaves.

El nivel de agua dentro de los relaves depende de factores climáticos, de las condiciones del lugar de emplazamiento y de las características mismas del depósito. El crecimiento de vegetación se produce en relaves que se encuentran húmedos en superficie. Esta presencia está directamente relacionada al nivel freático en los relaves, por lo que la



vegetación será una medida indirecta de su valor. Se debe tener presente que existe vegetación que requiere de poca agua para poder subsistir.

La presencia de vegetación sobre los relaves puede ser empleada como un indicador del contenido de humedad de éstos; sin embargo, la ausencia de plantas no necesariamente implica la falta de agua pues en este hecho pueden influir factores relacionados con las características químicas del relave.

### ***Presencia de vegetación sobre el muro***

El nivel de humedad al interior del muro dependerá de factores climáticos, de las condiciones del lugar de emplazamiento y de las características del depósito.

Niveles de agua elevados pueden tener asociadas presiones de poros capaces de producir el colapso de la estructura de contención, por lo que se intenta mantener el contenido de humedad en el muro lo más bajo posible mediante la utilización de sistemas de drenaje basal. En general, los muros de arenas poseen piezómetros mediante los cuales es posible medir periódicamente el nivel de agua presente en ellos, sin embargo, en el caso de faenas abandonadas, dichos sistemas pueden no existir o encontrarse en un estado tal, que la medición sea imposible de realizar. En caso de que existan piezómetros en buen estado, se recomienda usarlos en las mediciones del nivel freático.

El hecho de que las arenas que componen el muro se mantengan húmedas en su superficie, permite la aparición de algunas especies de vegetación sobre él. Esta presencia está directamente relacionada al nivel freático existente al interior del muro por lo que dicho valor podría ser estimado en base a la vegetación observada.

Coberturas densas de vegetación indican una mayor presencia de agua que aquel caso en que existe una cobertura escasa. La altura a la cual se encuentra situada la vegetación sobre el muro será un indicador del nivel de aguas dentro de él. Se debe verificar, sin

embargo, mediante el uso de una pala, que efectivamente el nivel de las aguas se encuentra a la altura de la vegetación, debido a que muchas plantas y arbustos introducen sus raíces profundamente hasta encontrar agua de la cual suplirse. Para ello se deberán excavar pequeños agujeros al nivel de la línea de vegetación, con el fin de observar si el agua aflora de ellos, en cuyo caso, se podrá suponer que el nivel freático efectivamente se encuentra a la altura de la vegetación. En caso contrario se deberá repetir el procedimiento a una altura inferior en el muro hasta observar afloramientos de agua.

Si bien la ausencia de vegetación no es un indicador cierto de ausencia de agua en el muro, la presencia de vegetación particularmente en zonas áridas claramente será un indicador de la presencia de agua en el interior del muro.

#### **- Traza del muro**

La traza del muro tiene directa relación con su capacidad de resistir esfuerzos externos. Muros cóncavos serán aquellos capaces de resistir una mayor carga debido a la disminución de los esfuerzos de tracción en la cara aguas abajo. Por el contrario, los muros convexos tendrán menor estabilidad.

#### **- Relación largo – altura (L/H)**

En general, los muros con una relación entre largo y alto (L/H) mayores serán menos seguros que aquellos en donde esta proporción sea menor. Ello se debe a que los muros más cortos tienen una menor área de material artificial sometido a las cargas del agua y las lamas, las cuales en consecuencia se apoyan mayoritariamente sobre el terreno natural que confina el relave, lo que otorga mayores niveles de seguridad.

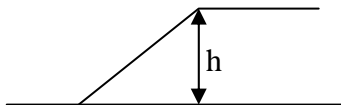
### - **Inclinación de los taludes aguas abajo del muro**

La inclinación de los taludes del muro es uno de los factores geométricos más importantes relacionados con la seguridad. Muros que se encuentran perfilados de manera suave, y por tanto tienen una pendiente menor, serán más estables, puesto que su base de apoyo sobre el suelo en relación a su altura, será mayor. La medición del talud se puede realizar mediante topografía, métodos analíticos o aproximados.

### - **Altura del muro**

La altura de muro corresponde a la distancia geométrica entre el nivel del coronamiento y el nivel de fundación. La mayor altura, en general, suele estar asociada a mayores deformaciones por eventos sísmicos y, por tanto, los muros más elevados son más inseguros. La estimación de la altura en terreno se puede realizar mediante topografía o mediciones aproximadas.

**Figura 8: Altura del acopio.**



### - **Vertederos operativos**

Los vertederos o evacuadores son estructuras cuya función es descargar fuera de la cubeta el agua procedente de precipitaciones extraordinarias, a fin de evitar riesgos de rebalse sobre los muros. Son más seguros si están contruidos en alguna de las laderas de la cubeta. Si fueron excavados sobre roca tendrán más durabilidad y sólo requerirán mantenciones periódicas. Los vertederos son esenciales en el manejo de las aguas de un tranque o embalse que ha cesado de operar.

Existen diversas alternativas de construcción de evacuadores de abandono, siendo algunos más recomendables que otros. A continuación se entrega una breve descripción de cada uno de ellos.

### ***Vertederos sobre el muro***

Son obras que se construyen sobre el muro de arenas para evacuar las aguas que se canalizan a través de los relaves. Este sistema no es recomendable puesto que las aguas lluvias pueden, bajo los efectos de un evento extraordinario, escurrir fuera del vertedero, provocando la erosión y la destrucción del muro de arenas.

### ***Vertederos excavados en suelo***

En general estos evacuadores se excavan en una ladera del terreno fuera de la cubeta de relaves. Tienen forma de canal y sirven para dirigir la escorrentía superficial fuera del depósito, reduciendo la posibilidad de que la laguna de acumulación llegue a las cercanías del muro en caso de un evento extremo. Los relaves se perfilan para conducir las aguas hacia el evacuador. Su desventaja es que, producto de las grandes velocidades producidas por los flujos de evacuación, tanto el vertedero como los canales de descarga podrían erosionarse, pudiendo afectar su operatividad.

### ***Vertederos excavados en roca***

Sus características son las mismas que el caso anterior, pero con la ventaja de que al estar contruidos en roca no son erosionables.

### **- Sistemas de recolección perimetral**

Los sistemas de recolección perimetral corresponden a cauces contruidos en el perímetro exterior de la obra. Su función es desviar la escorrentía superficial y el drenaje natural del terreno fuera de los depósitos. Además de ser una medida de protección, estos sistemas permiten reintegrar las aguas a sus cauces originales sin contaminarlas.

Pueden estar formados por un canal de contorno, parapetos o pequeños muros de desvíos o cualquier otra estructura similar que tenga por objeto evitar el ingreso de aguas hacia la obra. Las categorías definidas son las siguientes:

- No hay: cuando no se puede detectar por medio de inspección visual la presencia de obras de desvío como las descritas anteriormente.
- Parcial: cuando se reconoce la presencia de obras de desvío como las previamente descritas pero éstas no están presentes en todo el contorno de la estructura, pues desaparecen por tramos o su nivel de deterioro las ha hecho prácticamente desaparecer.
- Adecuados y en buen estado: en caso en que se identifique con facilidad la presencia de obras de desvío de aguas en todo el contorno de la estructura y además pueda comprobarse el buen estado de éstas.

#### **- Precipitación Media Anual (mm/año)**

Las precipitaciones anuales son el factor principal causante de la acumulación de agua (o nieve) al interior de la cubeta y del muro del depósito de relaves, contribuyendo además a elevar el nivel freático al interior de la presa.

Por ello, será importante determinar las características pluviométricas de la zona (precipitaciones medias y máximas) para estimar de mejor forma la probabilidad de que la instalación falle. Las precipitaciones máximas interesan puesto que su intensidad muchas veces determina la escorrentía superficial. Una vez que la capacidad de infiltración de los relaves es superada, la precipitación que cae sobre la cubeta se transforma en acumulación neta que podrían rebalsar por encima del muro.

Las precipitaciones medias tendrán incidencia sobre la acumulación de agua al interior de los relaves, la que probablemente será mayor en zonas donde existen períodos extensos de precipitación. En general, sistemas de disposición de relaves en zonas de mayor precipitación

tendrán la posibilidad de acumular una mayor cantidad de agua, lo que podría contribuir al colapso de la estructura por rebalse y/o al aumento del agua embalsada.

#### **- Precipitación Máxima en 24 hrs (mm/24 hrs)**

Las precipitaciones máximas en 24 horas son un indicador de la intensidad de lluvias propia de la zona donde se encuentra ubicada la instalación. Se utiliza para un período de retorno de 10 años, puesto que éste se considera un valor representativo de precipitaciones extraordinarias y además es una información disponible, puesto que ha sido elaborada por la DGA a nivel nacional.

#### **- Cuenca aportante**

Se debe definir la cuenca aportante que drena hacia el tranque de relaves. Su tamaño está relacionado con el ingreso de aguas en el depósito de relaves cada vez que ocurran precipitaciones, factor que tendrá una influencia directa sobre el contenido de humedad del mismo.

Para definir la cuenca aportante se requerirá de un plano o carta con curvas de nivel, mediante el cual sea posible definir las divisorias de aguas en función de las cotas de terreno. La cuenca aportante debe considerar toda aquella superficie que producto de su topografía dirige las aguas hacia el depósito de relaves.

Para realizar la evaluación de la cuenca aportante se deberá georreferenciar el tranque de relaves en el mapa, para lo que será necesario tener sus coordenadas UTM.

#### **- Material de construcción del muro (caso de embalses de relaves)**

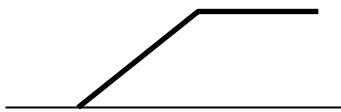
En general, los muros construidos con materiales gruesos y bien impermeabilizados ofrecen una estabilidad mayor que aquellos construidos con materiales finos. Los materiales gruesos reducen la posibilidad de licuefacción y, por lo común, son menos susceptibles al arrastre del agua. Para

la construcción de los muros de los embalses puede haberse empleado material granular procedente de canteras y/o material de estéril proveniente de la mina.

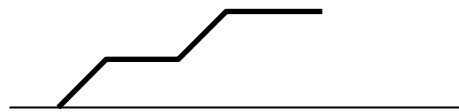
#### **- Bermas de los taludes (caso de acopios de relaves)**

La presencia de bermas en los acopios de relaves contribuye a aumentar su estabilidad, pues los materiales que puedan desprenderse de los sectores más altos quedan detenidos sobre éstas (Figuras 9 y 10).

**Figura 9: Talud sin berma**



**Figura 10: Talud con berma**



#### **- Pendiente de fundación (caso de acopios de relaves)**

La pendiente de fundación corresponde a la pendiente del terreno en el cual se emplaza el acopio de relaves. Pendientes de fundación altas contribuyen a aumentar el riesgo de falla del acopio.

#### **- Presencia de deslizamientos (caso de acopios de relaves)**

La presencia o no de deslizamientos es un buen indicio de la calidad de diseño y de la estabilidad del acopio de relaves analizado. Si éstos han ocurrido en el pasado significa que la obra no ha sido capaz de soportar esfuerzos, por lo que se podría asumir que su nivel de seguridad no es el apropiado. Cuantos más deslizamiento se observen, mayor será el grado de inseguridad asociado.

##### *A.2.1.5. Ripios de Lixiviación*

La estimación del Índice de Probabilidad (IP), para los Escenarios de Peligro relacionados con los ripios de lixiviación, presenta bastantes elementos en común con aquellas materias tratadas en el

punto anterior (depósitos de relaves en tranques, embalses y acopios). En consecuencia, allí se encuentra la información de apoyo que es común para el cálculo del IP. A continuación se exponen aquellos aspectos particulares que son propios de los rípios de lixiviación.

#### **- Presencia de sistemas de drenaje (tuberías, drenes)**

La mayoría de las pilas que han tenido algún nivel de ingeniería en su diseño material se construyen sobre una base drenante, que tiene por objetivo disminuir la altura del nivel freático dentro de la estructura y, en consecuencia, asegurar la estabilidad de ésta. Los tipos de sistemas de drenaje pueden ser varios y dentro de los más utilizados se encuentran:

***Bases con material granular que actúa como filtro dren:*** Se diferencia del material de la estructura por estar constituidas por unidades de mayor tamaño y claramente individualizables; aunque cabe hacer notar que con el tiempo de uso puede observarse la presencia de material fino atrapado entre las piedras o rocas constituyentes. Esta capa puede estar dispuesta en líneas drenantes formando “dedos” de drenaje, o puede ocupar toda la base del acopio pasando a llamarse “dren alfombra”.

***Tuberías de drenaje:*** En pilas de lixiviación es común encontrar un sistema colector de solución en la base el que, además, cumple la función de evacuar los excesos de agua en la estructura. Estos sistemas son identificables al observarse tuberías de distintos tamaños asomándose fuera de la estructura a lo largo de toda la base. Generalmente, estos sistemas descargan los líquidos colectados hacia canales perimetrales que conducen las soluciones a piscinas colectoras.

#### *A.2.1.6. Residuos No Masivos*

La estimación del Índice de Probabilidad (IP), en aquellos Escenarios de Peligro que están relacionados con los residuos no masivos, presenta bastantes semejanzas con las materias tratadas en puntos anteriores (depósitos de relaves en tranques, embalses y acopios). En consecuencia, se deberá consultar en estas secciones la información de apoyo para el cálculo del IP.



## **A.2.2 CONCEPTOS ASOCIADOS A LA EVALUACION DE LA SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS**

### *A.2.2.1. Rajos Abiertos*

El desplome de las paredes de los rajos puede ocasionar daños sobre receptores localizados en sus inmediaciones, debido al derrumbe del suelo natural que está situado alrededor de éste. Para cuantificar el área que podría ser afectada en este tipo de casos se aplicará el criterio siguiente:

$$\text{Radio de influencia del rajo (m)} = \text{Profundidad total (m)} / 3$$

Siendo el valor 3 un término adimensional.

### *A.2.2.2. Depósito de relaves (tranques, embalses, acopios)*

Para evaluar las consecuencias que tendría una liberación de relaves, procede estimar el área o distancia que sufrirá el impacto de los relaves liberados. Una forma de cálculo de la distancia peligrosa (D) puede ser la siguiente:

$$\mathbf{D = 2 \cdot 10^{-6} T \cdot i}$$

Siendo:

**i**, la pendiente hidráulica expresada en %

**T**, toneladas de material de un relave en forma de lamas y/o arenas susceptibles de licuefacción

Una fórmula alternativa que puede servir para la evaluación general del área que puede ser afectada por la liberación violenta de relaves es:

$$\text{Área Cubierta por Relaves (m2)} = \text{Volumen Almacenado (m3)} / 1,5$$

Para aplicar de manera apropiada la fórmula anterior, y así estimar de manera más precisa el área de impacto en caso de una eventual liberación de relaves, se presentan a continuación una serie de factores a considerar.

***Volumen de Relaves Almacenados:*** El volumen de relaves almacenados estará directamente relacionado con la superficie que potencialmente podría cubrirse en caso de una liberación total. Se puede asumir que volúmenes de relaves mayores eventualmente serán capaces de cubrir una superficie de terreno más extensa. Se deberá estimar este valor.

***Pendiente del lugar:*** Lugares de mayor pendiente o desnivel tendrán como consecuencia velocidades de arrastre mayores, por lo que la distancia alcanzada, la capacidad de arrastre y por tanto el potencial destructivo de los relaves liberados se esperaría fuera mayor que aquel caso en que existe una superficie de terreno plana. Por otro lado, el área de impacto de los relaves liberados se limitará a las zonas ubicadas aguas abajo del tranque, puesto que la energía que los conduce será netamente gravitacional. En general la ruta que seguirán los relaves liberados está determinada por la red de drenaje del lugar. Estimar la dirección en que viajarán los relaves será fundamental para determinar cuáles son los receptores que podrían verse afectados ante una eventual liberación.

***Geomorfología del lugar:*** La topografía puede jugar un papel importante en las consecuencias de este tipo de evento. Tranques ubicados en quebradas cerradas estarán limitados a moverse entre las paredes de éstas, ello limitaría el área afectada sólo a aquella ubicada dentro del área encajonada. Por el contrario, tranques que se encuentran en zonas abiertas podrán tener una dispersión lateral mayor por lo que la distancia de arrastre de los relaves debiera ser menor para un mismo volumen liberado.

***Distancia a Receptores:*** Un factor importante al evaluar las consecuencias de escenarios relacionados con depósitos de relaves, es el análisis de la distancia a la que se encuentran los distintos receptores, en especial la distancia a comunidades o centros poblados.

### *A.2.2.3. Residuos Peligrosos*

Las consecuencias de los Escenarios de Peligro que están asociados a residuos peligrosos se deberán basar en el nivel de toxicidad de las sustancias almacenadas, materia que está reglamentada por el D.S. N°148/03 Minsal (Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos). En él se listan todas las sustancias consideradas como tóxicas agudas, inflamables, corrosivas o explosivas; así como los residuos catalogados como peligrosos. En base al contenido de este Decreto se podrá decidir la Severidad de las Consecuencias que tendría el contacto directo de las personas con las sustancias respectivas y en virtud de ello se aplicará la escala de seguridad pública contenida en la Tabla 4-6 (Capítulo 4).



**ANEXO B**

**INFORMACION COMPLEMENTARIA DE LA EVALUACION DE  
RIESGOS SIMPLIFICADA POR CONTAMINACION**



**ANEXO B1**

**GUIAS PARA LA ESTIMACION DE INDICE DE PROBABILIDAD**

**DE ESCENARIOS DE PELIGRO RELACIONADOS**

**CON CONTAMINACION**





**Guías para Estimación de Índice de Probabilidad para cada Escenarios de Peligro por Contaminación**

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenario de Peligro por Contaminación	Medio Susceptible de contaminación	Guía estimación de IP
MINA	Labores Subterráneas	EPC 1	Presencia de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 1
		EPC 2	Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 2
		EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores, que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
	Labores Superficiales	EPC 1	Presencia de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 1
		EPC 2	Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 2
		EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores, que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
PLANTAS	Plantas de Procesamiento	EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores, que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
		EPC 4	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 4
		EPC 5	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 5

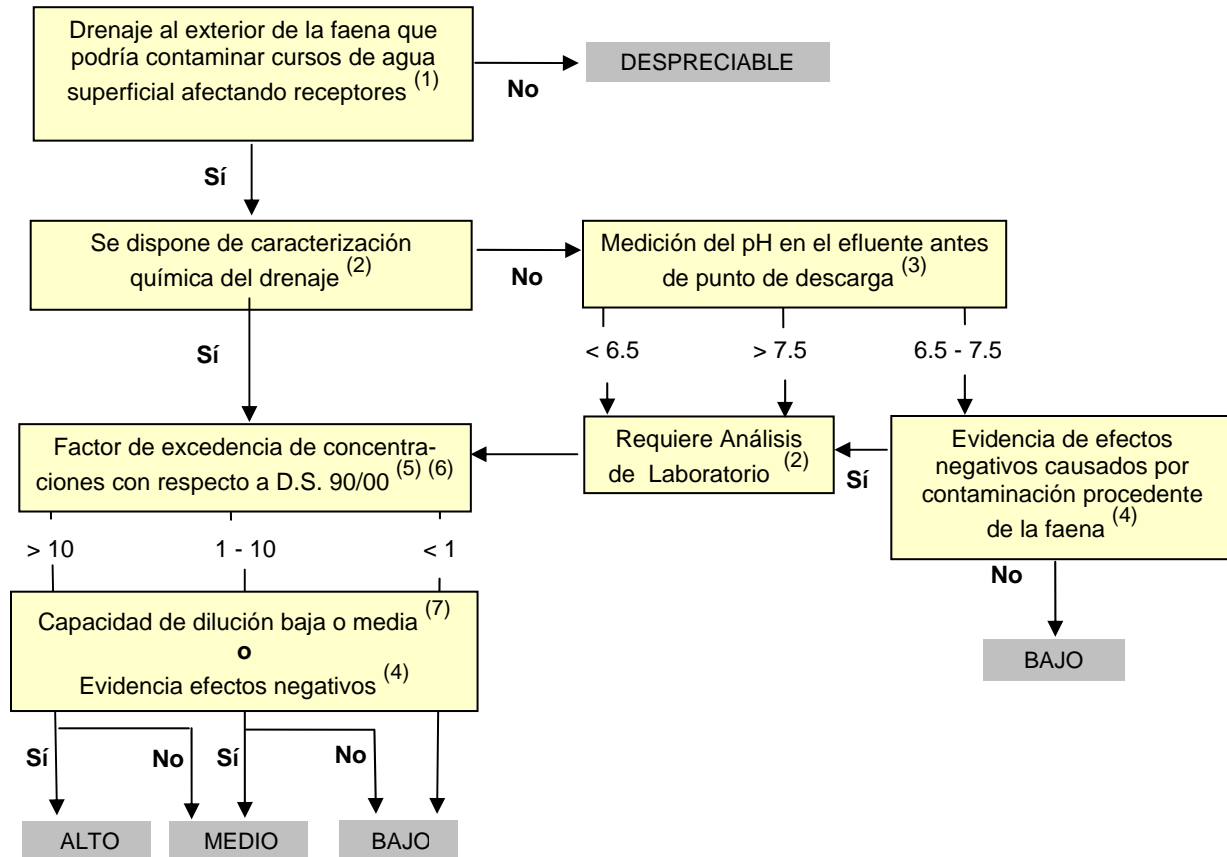
Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenario de Peligro por Contaminación	Medio Susceptible de contaminación	Guía estimación de IP
PLANTAS	Plantas de Procesamiento	EPC 6	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar el suelo y afectar por ingestión o contacto dérmico a las personas, medio ambiente o actividades económicas.	Suelo	GUIA 6
		EPC 7	Desarrollo de actividades en la superficie de relaves, acopios o suelos contaminados, que podrían afectar a las personas, medio ambiente o actividades económicas por inhalación, ingestión accidental o contacto dérmico.	Suelo	GUIA 7
		EPC 8	Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Aire	GUIA 8
RESIDUOS MINEROS MASIVOS	Tranques, Embalses y Acopios de Relave	EPC 1	Presencia de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 1
		EPC 2	Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 2
	Botaderos de Ripios de Lixiviación	EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores, que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
	Botaderos de Desmonte / Estéril / Acopios de baja ley	EPC 7	Desarrollo de actividades en la superficie de relaves, acopios o suelos contaminados, que podrían afectar a las personas, medio ambiente o actividades económicas por inhalación, ingestión accidental o contacto dérmico.	Suelo	GUIA 7
		EPC 8	Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Aire	GUIA 8

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenario de Peligro por Contaminación	Medio Susceptible de contaminación	Guía estimación de IP
RESIDUOS MINEROS NO MASIVOS E INDUSTRIALES	Botadero de Residuos Mineros no Masivos y de Residuos Industriales	EPC 1	Presencia de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 1
		EPC 2	Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 2
		EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores, que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
		EPC 4	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 4
		EPC 5	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 5
		EPC 6	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar el suelo y afectar por ingestión o contacto dérmico a las personas, medio ambiente o actividades económicas.	Suelo	GUIA 6
		EPC 7	Desarrollo de actividades en la superficie de relaves, acopios o suelos contaminados, que podrían afectar a las personas, medio ambiente o actividades económicas por inhalación, ingestión accidental o contacto dérmico.	Suelo	GUIA 7
		EPC 8	Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Aire	GUIA 8

Componente	Instalaciones Acopios Obras	Código	Escenario de Peligro por Contaminación	Medio Susceptible de contaminación	Guía estimación de IP
INFRAESTRUCTURA ANEXA	Talleres y Bodegas  Tendidos y subestaciones eléctricas	EPC 3	Presencia de aguas contaminadas en las labores, que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales).	No aplica	GUIA 3
		EPC 4	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua superficial	GUIA 4
		EPC 5	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Agua subterránea	GUIA 5
		EPC 6	Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar el suelo y afectar por ingestión o contacto dérmico a las personas, medio ambiente o actividades económicas.	Suelo	GUIA 6
		EPC 7	Desarrollo de actividades en la superficie de relaves, acopios o suelos contaminados, que podrían afectar a las personas, medio ambiente o actividades económicas por inhalación, ingestión accidental o contacto dérmico.	Suelo	GUIA 7
		EPC 8	Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.	Aire	GUIA 8

**ESCENARIO DE PELIGRO 1 (EPC1):** Presencia de drenaje que podría contaminar recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.

**MEDIO: AGUA SUPERFICIAL**



(1) Se debe considerar drenajes de aguas potencialmente contaminadas que alcancen el exterior de la faena, provenientes de la mina, depósitos de relaves, botaderos o acopios de estéril o minerales, pilas de lixiviación, etc. Considerar la movilización de contaminantes por acción de lluvia o escorrentía superficial.

(2) Se requiere a lo menos conocer las concentraciones de aquellas “sustancias químicas de interés” contenidas en el drenaje (ver Tabla 5.4 del Capítulo 5), que se encuentran incluidas en el D.S.90/00 MINSEGPRES o en futuras normas que regulen este tipo de descargas

(3) La medición debe realizarse en el punto de salida del drenaje del área de la instalación, acopio u obra, o si ello no fuese factible, en el punto más cercano a este.

(4) Se debe determinar si existe evidencia de efectos negativos por contaminación procedente de la faena, sobre cualquier receptor, tales como vegetación estresada, señales visibles en suelos o agua, o bien documentada en la prensa, en informes o estudios elaborados por servicios públicos o por universidades.

(5) Factor de excedencia: cociente entre la concentración del contaminante en el efluente y la concentración de referencia contenida en la norma.

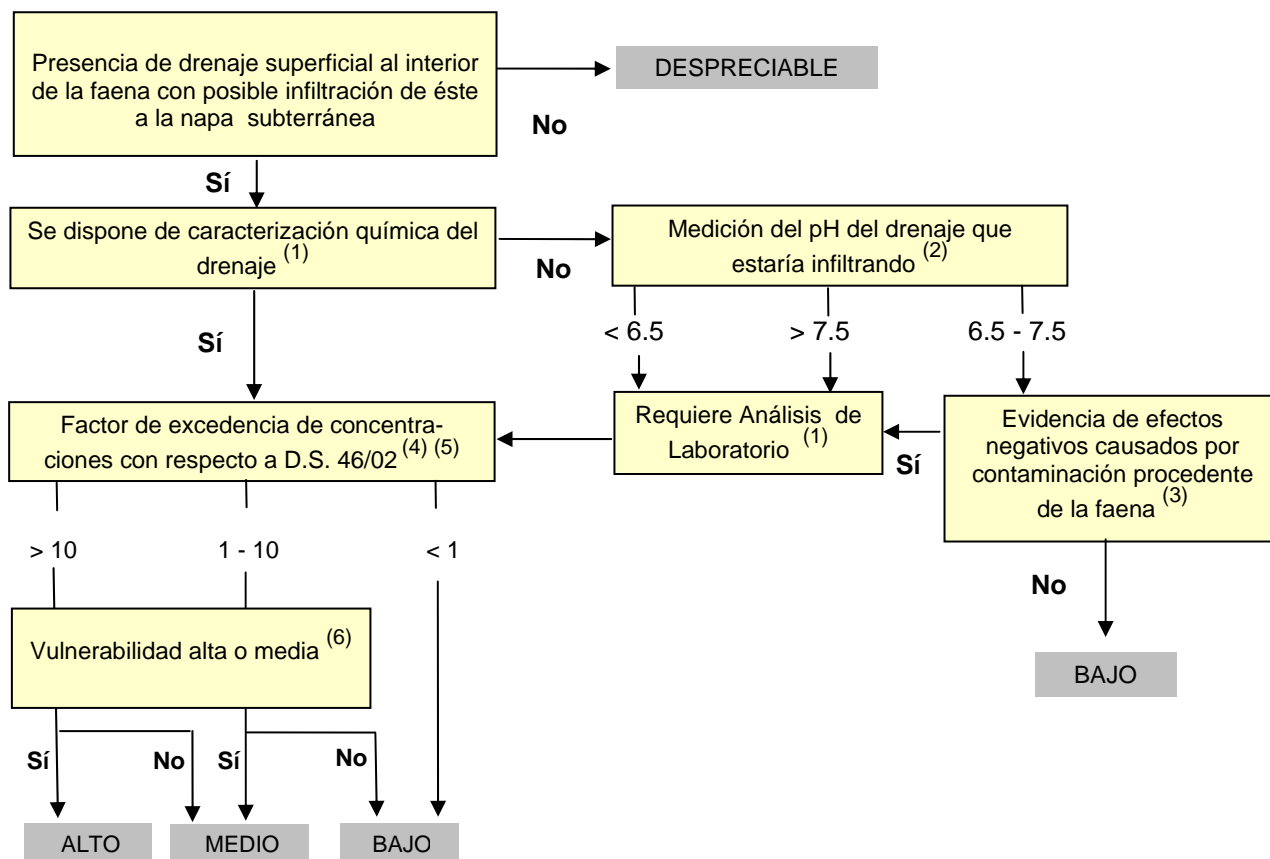
(6) Considerar según proceda, Tabla N°1 del DS 90/00 MINSEGPRES (Descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales), Tabla N°2 (Descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor), Tabla N°3 (Cuerpos de agua lacustre) y Tabla N°4 (Cuerpos de agua marinos dentro de la Zona de Protección Litoral). El Evaluador deberá verificar la existencia de nuevas normas que regulen este tipo de descargas y considerarlas en evaluaciones futuras.

(7) Se considerará que la capacidad de dilución es baja a media cuando el Caudal Disponible del Cuerpo Receptor es de 1 a 100 veces mayor que el Caudal Medio Mensual del drenaje.



**ESCENARIO DE PELIGRO 2 (EPC2):** Infiltración de drenaje que podría contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.

**MEDIO:** AGUA SUBTERRANEA



(1) Se requiere a lo menos conocer las concentraciones de las “sustancias químicas de interés” contenidas en el drenaje (según lo indicado en Tabla 5.4 del Capítulo 5) y que se encuentran reguladas en el DS. 46/02 MINSEGPRES, o en futuras normas que regulen este tipo de descargas.

(2) La medición debe realizarse en un punto representativo del drenaje que está infiltrando al agua subterránea.

(3) Existe evidencia de efectos negativos por contaminación procedente de la faena, sobre cualquier receptor, tales como vegetación estresada, señales visibles en suelos o agua, o bien documentada en la prensa, en informes o estudios elaborados por servicios públicos o por universidades.

(4) Factor de excedencia: cociente entre la concentración del contaminante en el efluente y la concentración de referencia contenida en la norma.

(5) Considerar los valores de referencia contenidos en Tabla de Vulnerabilidad Media del D.S.46/02 MINSEGPRES. El Evaluador deberá verificar la existencia de nuevas normas que regulen este tipo de descargas y considerarlas en evaluaciones futuras.

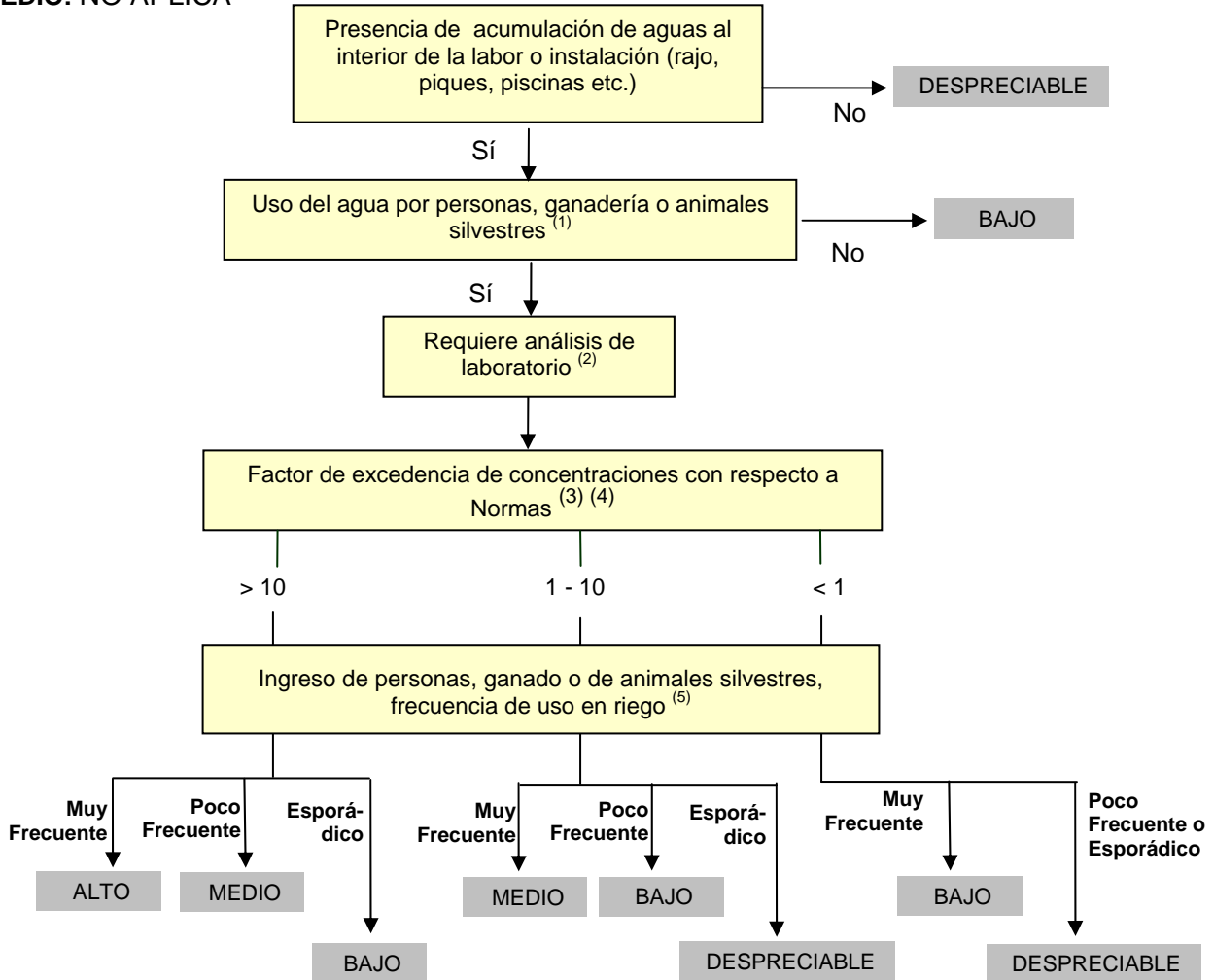
(6) Considerando factores como la permeabilidad del subsuelo, la profundidad de la napa, el volumen de residuo que puede movilizarse arrastrado por el agua, etc. A tal efecto tener en consideración criterios establecidos en D.S. 46/02 de MINSEGPRES (Art 4).





**ESCENARIO DE PELIGRO 3 (EPC3):** Presencia de aguas contaminadas en las labores, que podrían ser empleadas para bebida u otros usos (riego, baño, bebida de animales silvestres).

**MEDIO:** NO APLICA



(1) Personas utilizan el agua acumulada para bebida, baño, riego u otro uso. Animales silvestres ingresan a beber.

(2) Se requiere a lo menos conocer las concentraciones de las "sustancias químicas de interés" contenidas en las aguas contaminadas acumuladas en las labores (según lo indicado en Tabla 5.4 del Capítulo 5) y que se encuentran reguladas en las normas indicadas en Nota (4) o en futuras normas que regulen este tipo de usos.

(3) Factor de excedencia: cociente entre la concentración del contaminante en el efluente y la concentración de referencia contenida en la norma.

(4) Si el receptor son personas considerar NCh. 409/1 Of2005 (Requisitos). En caso de animales, por no haber una Norma Chilena, utilizar la Norma Canadiense para Agricultura y Ganadería (CCME, 2002; en Anexo C1).

(5) Muy Frecuente : Diariamente se producen ingresos

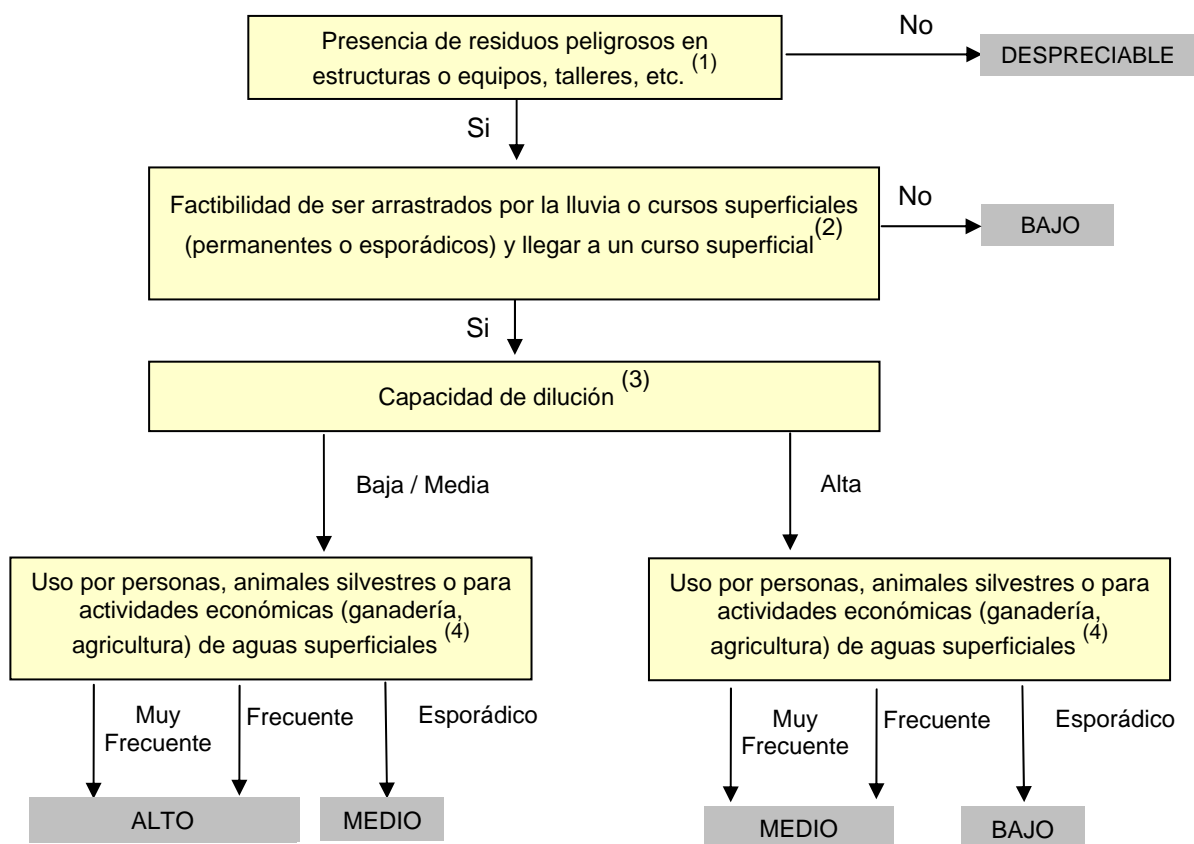
Frecuente : Algunos días al mes se producen ingresos

Esporádico : A lo largo del año se producen pocos o muy pocos ingresos.



**ESCENARIOS DE PELIGRO 4 (EPC4):** Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos superficiales, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.

**MEDIO: AGUA SUPERFICIAL**



(1) La clasificación del residuo como peligroso debe hacerse siguiendo lo indicado en el D.S. 148/03 de MINSAL (en Anexo B3). El Evaluador deberá levantar este escenario de peligro cuando estime que la cantidad de residuo presente sea lo suficiente como para que exista potencial contaminación de los cursos de agua cercanos. Dicha cantidad dependerá de la peligrosidad del residuo, la cual en terreno puede ser inferida por los procesos mineros llevados a cabo en la faena. Cuando se presentan dudas acerca de la peligrosidad del residuo, éstos deberán ser muestreados y ser llevados para análisis químico.

(2) Interesa que el Evaluador determine la factibilidad que el residuo peligroso alcance cursos de agua superficial. Evaluar la proximidad del curso, pendiente a favor, ausencia de obstáculos, estado de conservación del envase o depósito, etc.

(3) Se deberá estimar el caudal que está movilizandando o eventualmente podría movilizar el residuo peligroso y compararlo con el caudal del curso receptor de agua superficial en el periodo más desfavorable del año. La Capacidad de Dilución es

- Baja : Cuando el caudal del curso receptor es 1 a 10 veces mayor que caudal que moviliza residuos.
- Media : Cuando c. c. receptor es 10 a 100 veces mayor que c. con residuos.
- Alta : Cuando c. c. receptor es 100 a 1000 veces mayor que c. con residuos.

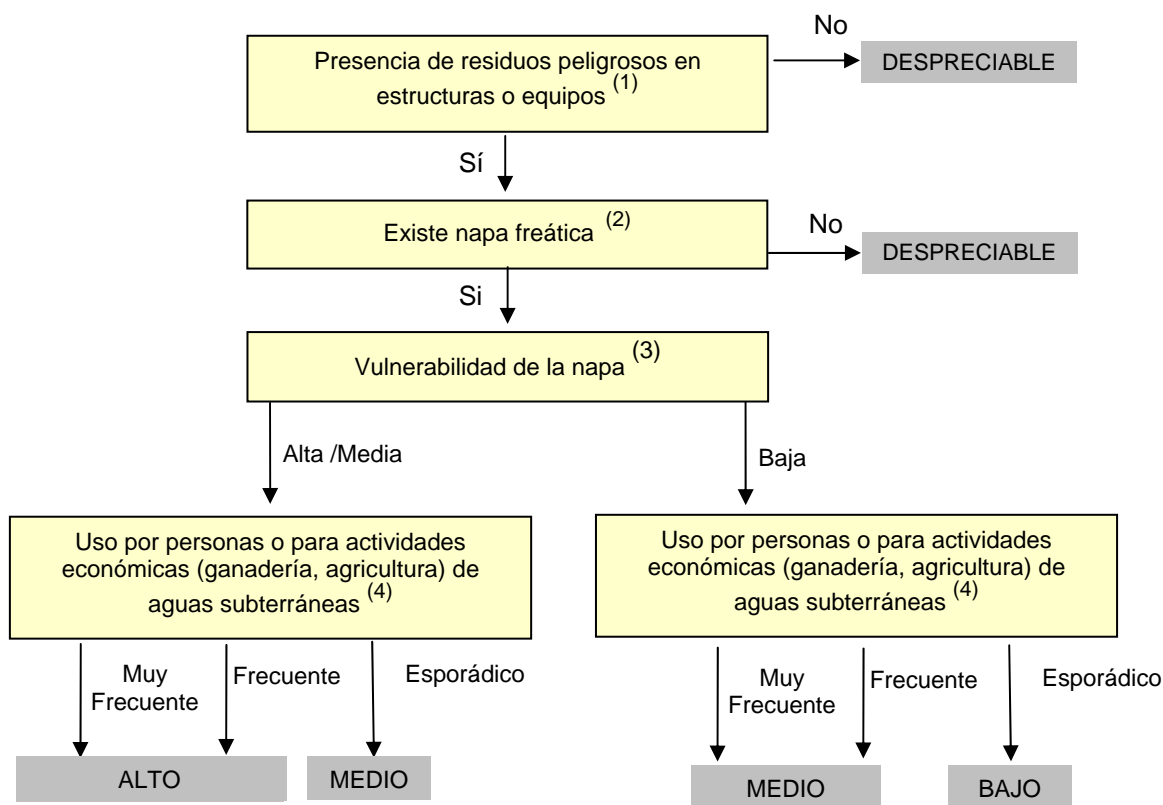
- (4) Muy Frecuente : Diariamente se produce el uso
- Frecuente : Algunos días al mes se produce el uso
- Esporádico : A lo largo del año se produce el uso pocos o muy pocos días.

Nota: En caso de vida silvestre acuática considerar uso "Muy Frecuente".



**ESCENARIO DE PELIGRO 5 (EPC5):** Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar los recursos hídricos subterráneos, afectando a personas, medio ambiente o actividades económicas.

**MEDIO: AGUA SUBTERRANEA**



(1) La clasificación del residuo como peligroso debe hacerse siguiendo lo indicado en el D.S. 148/03 de MINSAL (incluido en Anexo B3 del Manual). El Evaluador deberá levantar este escenario de peligro cuando estime que la cantidad de residuo presente sea lo suficiente como para que exista potencial contaminación de los cursos de agua cercanos. Dicha cantidad dependerá de la peligrosidad del residuo, la cual en terreno puede ser inferida por los procesos mineros llevados a cabo en la faena. Cuando se presentan dudas acerca de la peligrosidad del residuo, éstos deberán ser muestreados y ser llevados para análisis químico.

(2) Puede obtenerse información de pozos próximos, mapas hidrogeológicos, información oficial de la DGA, entrevistas de terreno, cercanía de cuerpos de agua, etc.

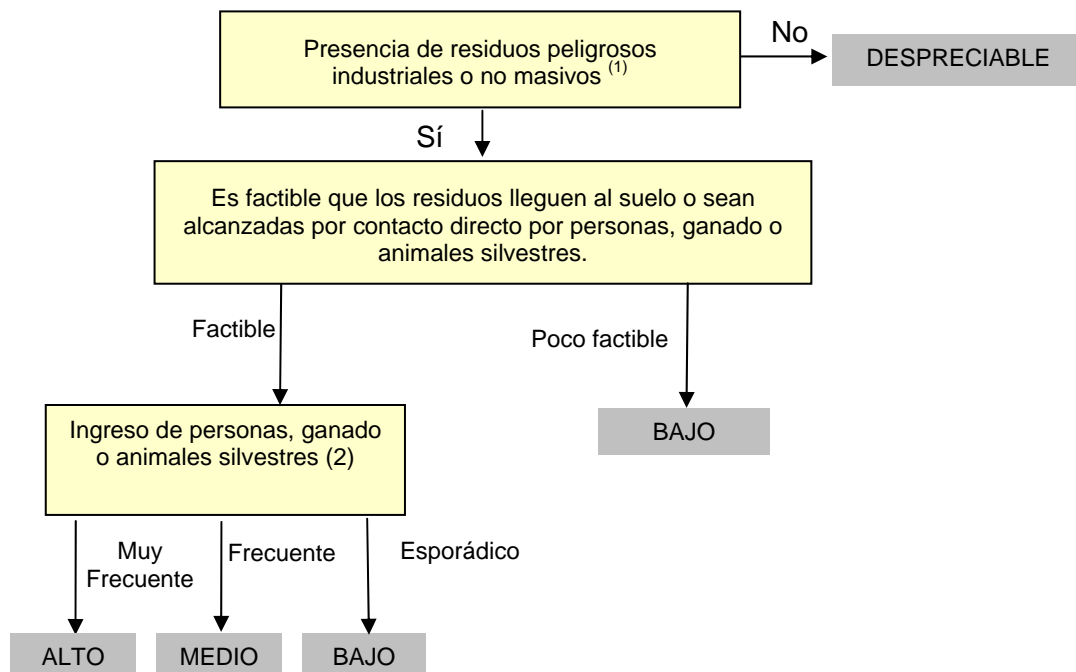
(3) Considerando factores como la permeabilidad del subsuelo, la profundidad de la napa, el volumen de residuo que puede movilizarse arrastrado por el agua, etc. A tal efecto tener en consideración criterios establecidos en D.S. 46/02 de MINSEGPRES (Art 4).

(4) Muy Frecuente : Diariamente se produce el uso  
 Frecuente : Algunos días al mes se produce el uso  
 Esporádico : A lo largo del año se produce el uso pocos o muy pocos días.



**ESCENARIOS DE PELIGRO 6 (EPC6) :** Movilización de residuos peligrosos remanentes en estructuras, equipos o en suelo contaminado, que podrían contaminar el suelo y afectar por ingestión o contacto dérmico a las personas, medio ambiente o actividades económicas.

**MEDIO: SUELO**



(1) La clasificación del residuo como peligroso debe hacerse siguiendo lo indicado en el D.S. 148/03 de MINSAL (incluido en Anexo B3 del Manual)

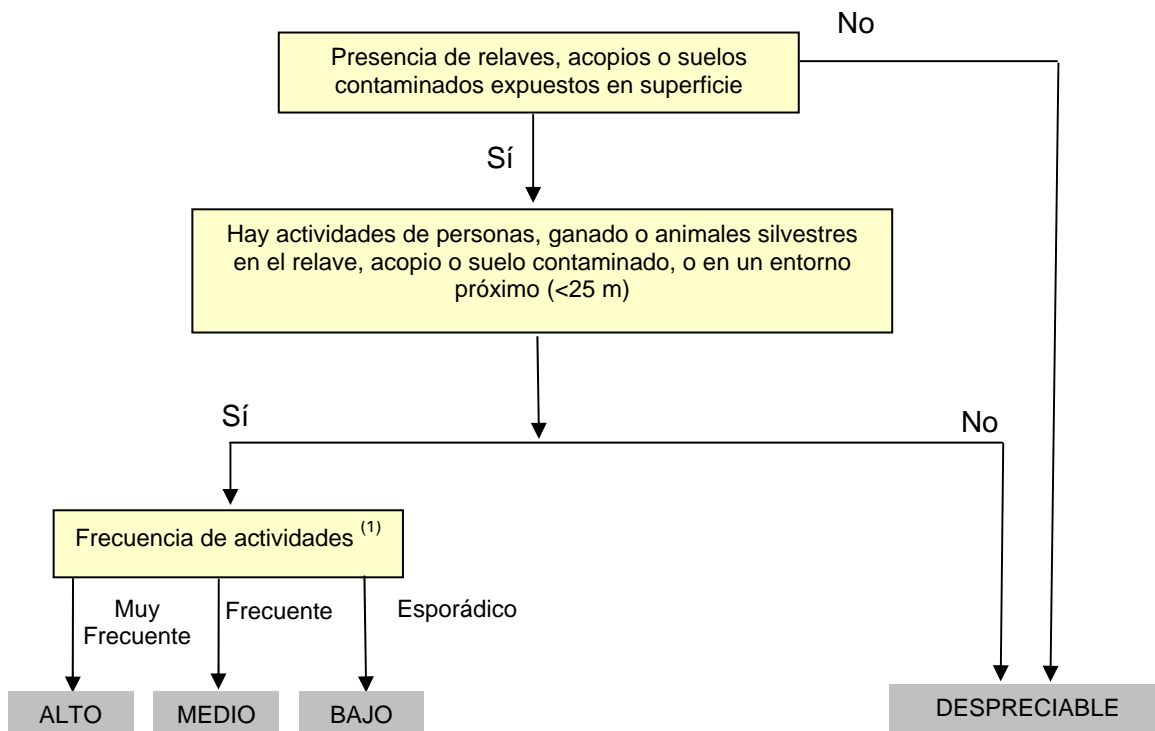
(2) Muy Frecuente : Diariamente se producen ingresos  
 Frecuente : Algunos días al mes se producen ingresos  
 Esporádico : A lo largo del año se producen pocos o muy pocos ingresos.





**ESCENARIO DE PELIGRO 7 (EPC7):** Desarrollo de actividades en la superficie de relaves, acopios o suelos contaminados, que podrían afectar a las personas, medio ambiente o actividades económicas por inhalación, ingestión accidental o contacto dérmico.

**MEDIO: SUELO**

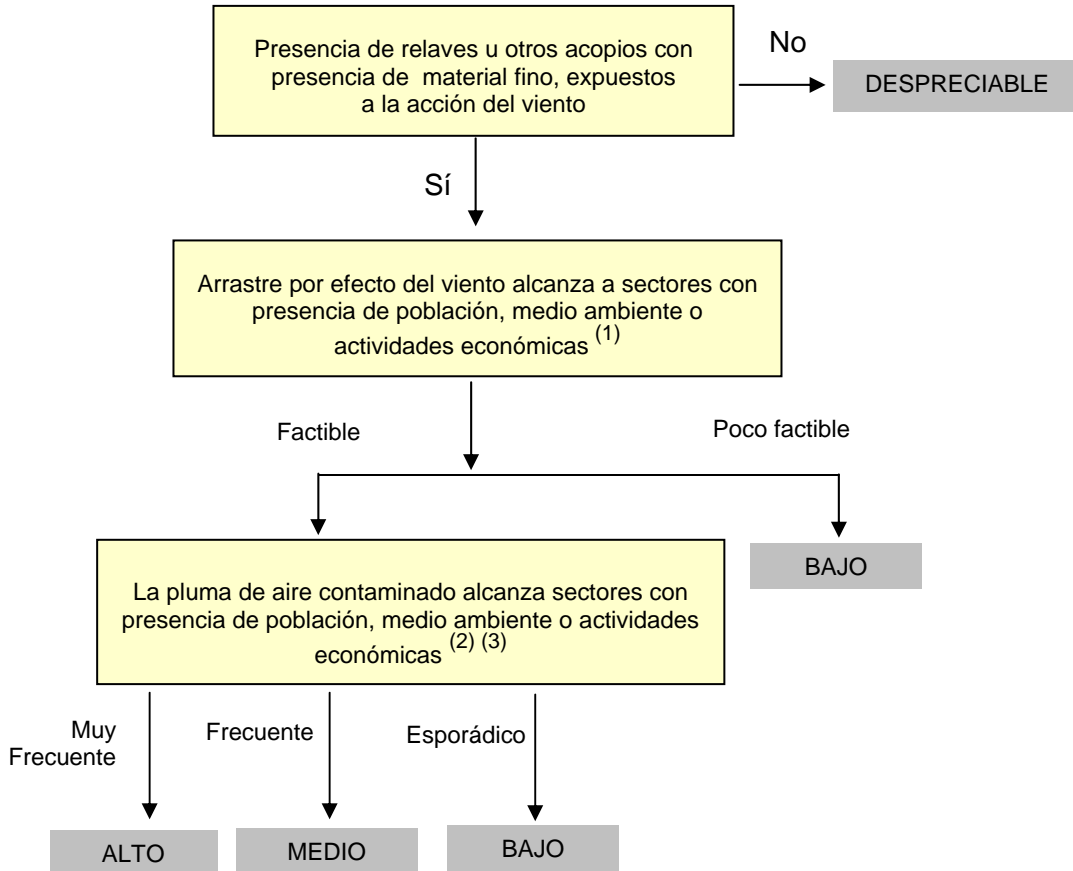


- (1) Muy Frecuente : Diariamente se producen ingresos  
 Frecuente : Algunos días al mes se producen ingresos  
 Esporádico : A lo largo del año se producen pocos o muy pocos ingresos.



**ESCENARIO DE PELIGRO 8 (EPC8):** Movilización de material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas, medio ambiente o actividades económicas.

**MEDIO: AIRE**



(1) Interesa que el Evaluador determine la factibilidad de que el material particulado alcance a personas, medio ambiente y actividades económicas. Deberá considerar factores tales como: distancia al receptor, volumen almacenado en el depósito, granulometría, contenido de humedad, componente general del viento, etc.

(2) Ejemplo de evidencias son las referencias de pobladores cercanos, sedimentación de material particulado sobre vegetación nativa y /o cultivos agrícolas, acumulación sobre el suelo, presencia de sedimentos en bordes de cursos o cuerpos de agua, etc.

(3) Muy Frecuente : Diariamente la pluma alcanza los receptores  
 Frecuente : Algunos días al mes la pluma alcanza los receptores  
 Esporádico : A lo largo del año se producen pocas o muy pocas situaciones en que la pluma alcanza los receptores.

<b>GUIA PARA LA ESTIMACION DE INDICE DE PROBABILIDAD CONTAMINACION</b>	Instalación, Acopio u Obra	<b>GUIA 8</b>
--	----------------------------	---------------

<b>Comentarios</b>
Ingrese comentarios acerca de supuestos, información y criterios que se utilizaron en la aplicación de esta guía

**ANEXO B2**

**CONCEPTOS ASOCIADOS A LA**

**EVALUACION DE RIESGOS SIMPLIFICADA POR CONTAMINACION**



## **ANEXO B2**

### **MATERIAL DE APOYO PARA LA EVALUACION DE RIESGOS SIMPLIFICADA POR CONTAMINACION**

#### **INDICE**

<b>B.2 MATERIAL DE APOYO PARA LA EVALUACION DE RIESGOS SIMPLIFICADA POR CONTAMINACION.....</b>	<b>1</b>
B.2.1 Drenaje de Rocas .....	1
B.2.2. Identificación de Residuos Peligrosos al interior de la faena.....	3
B.2.3. Arrastre o infiltración de sustancias tóxicas o peligrosas por acción de aguas lluvias o nieve, desde plantas de procesos o residuos no masivos.....	8
B.2.4 Arrastre por el viento de material particulado contaminado .....	9

## **B.2 MATERIAL DE APOYO PARA LA EVALUACION DE RIESGOS SIMPLIFICADA POR CONTAMINACION**

### *B.2.1 Drenaje de Rocas*

El drenaje ácido de rocas (DAR o Acid Rock Drainage ARD) se produce por procesos de oxidación química y biológica de sulfuros, generando una solución ácida sulfatada que causa importantes impactos en el medio ambiente. El drenaje ácido se caracteriza por un pH ácido del orden de 1.5 a 5, por concentraciones elevadas de sulfatos (2.000 mg/L), altas concentraciones de sólidos disueltos (SDT), de fierro y de metales como el cobre.

Dentro de los minerales sulfurosos se reconocen a las piritas (sulfuro de Fe, Zn, etc.) como los principales generadores de estas reacciones.

Aunque el drenaje ácido ocurre naturalmente, las actividades mineras aceleran este tipo de procesos puesto que exponen las superficies de minerales (tales como muros de minas subterráneas, paredes de rajos, botaderos de estériles, desmontes, etc.) al oxígeno de la atmósfera, al agua, y a la acción de bacterias.

El drenaje ácido, en el caso de un rajo, se produce en las paredes y fondos que quedan expuestos a la oxidación, cuando las rocas contienen minerales generadores. Por lo común, la lluvia o la nieve son los agentes encargados de arrastrar los metales disueltos. Adicionalmente, si la explotación del yacimiento progresó por debajo del nivel freático, es normal que el agua aflore desde las napas y se acumule al interior del rajo. Las aguas cargadas de metales en disolución pueden infiltrarse o escurrir superficialmente, lo que puede producir fenómenos de contaminación sobre los recursos hídricos subterráneos o los cuerpos de agua superficial.

En el caso de una mina o faena subterránea, el drenaje bien puede liberarse superficialmente por la boca de un túnel, o puede infiltrar subterráneamente y luego aflorar a través de un manantial



aguas abajo. En este último caso es posible que se produzca una atenuación natural de su contenido disuelto debido a la capacidad de retención de metales que tienen muchos suelos hasta que se alcance su saturación.

Considerando que las faenas cubiertas por este Manual corresponden a faenas abandonadas o paralizadas, que han estado sin funcionamiento por varios años, la potencialidad de generar drenaje ácido ya debiera haberse expresado. Si no ha ocurrido drenaje ácido en los años en que la faena estaba en operación ni en los años en que ha estado abandonada, es posible señalar que no ocurrirá en el futuro a menos que cambien significativamente las condiciones del abandono de la mina.

La evidencia principal de la existencia de este fenómeno es el pH del agua que escurre o drena fuera de la faena minera. Por ello, la medición de este parámetro es uno de los requisitos necesarios dentro de la evaluación de riesgos por contaminación.

Es importante hacer presente que en determinadas circunstancias puede ocurrir que existan drenajes casi neutros o alcalinos, con valores de pH cercanos a 8 o superiores, y que presenten contenidos importantes de metales tales como el zinc, arsénico y molibdeno. Las razones de ello pueden ser: yacimientos que tiene contenidos de carbonatos importantes, presencia de minerales no sulfurados pero solubles, presencia de elementos que facilitan la solubilidad de metales como son ciertos reactivos. Es por esta razón por la que este Manual incorpora criterios de evaluación de la contaminación cuando los registros de pH son básicos, es decir, cuando superan el valor de 8.

Para mayor información del DAR puede consultarse la Guía Metodológica sobre Drenaje Acido en la Industria Minera, elaborada por el Consejo Nacional de Producción Limpia – Consejo Minero, en Noviembre 2002.

### *B.2.2. Identificación de Residuos Peligrosos al interior de la faena*

Los residuos peligrosos que pueden encontrarse en una FMA/P representan un riesgo relevante por seguridad y especialmente por contaminación, por las características de toxicidad que ellos conllevan para todos los receptores. Para determinar su presencia en una faena, el Evaluador deberá realizar una inspección minuciosa buscando evidencias directas e indirectas. Especial cuidado deberá tener en detectar la existencia de residuos enterrados pues puede que no hayan quedado debidamente señalizados.

Los tipos de sustancias peligrosas que podría encontrarse el Evaluador en una FMA/P pueden ser del tipo:

- ✓ Residuos con altos contenidos de metales, como residuos arsenicales provenientes de la testación de concentrados, residuos con mercurio originados en procesos de amalgamación, polvos o arenas de fundición, residuos con cobre, molibdeno, zinc, etc.
- ✓ Soluciones de descarte que hayan quedado remanente en equipos, o estanques.
- ✓ Restos de insumos o reactivos usados en procesos.
- ✓ Materiales con asbesto en construcciones o usado como aislante en equipos.
- ✓ PCB contenido en condensadores eléctricos y aceites en transformadores.
- ✓ Borrás de aceites, lubricantes, o materiales contaminados con este tipo de residuos.
- ✓ Chatarras de fierro y de otros minerales, impregnadas con sustancias peligrosas.
- ✓ Residuos de sustancias explosivas, corrosivas o inflamables.

El tipo de sustancia peligrosa que se puede encontrar en una FMA/P estará relacionado con el tipo de yacimiento y con los procesos de beneficio que fueran utilizados y por ende con las sustancias que fueron utilizadas cuando la planta estaba operativa; es por ello que interesará recopilar la mayor cantidad de información respecto de los minerales y los procesos utilizados.

El Evaluador deberá analizar la existencia de residuos peligrosos y junto con ello, evaluar la posibilidad de que estos residuos entren en contacto con los receptores ya sea por contacto directo, ya sea a través del suelo, del agua superficial o subterránea (este último aspecto se trata en la sección siguiente).

Para determinar si un residuo minero o un residuo de tipo industrial presente en una FMA/P es o no peligroso, el Evaluador debe ceñirse a lo indicado en el D.S. 148/03 Reglamento sobre Manejo de Residuos Peligrosos (copia en Anexo B3). A continuación se describe un proceso de análisis secuencial, basado en la revisión de las listas y artículos del Reglamento de Residuos Peligrosos, que permite orientar si un determinado residuo presenta alguna característica de peligrosidad (Figura 1):

- **Paso 1.** Tratándose de un residuo minero masivo<sup>1</sup> (potencialmente peligroso por tratarse de faenas antiguas), como pueden ser relaves, minerales semi procesados, o residuos de lixiviación, se recomienda la toma de muestra y la determinación de su condición de peligrosidad por toxicidad extrínseca aplicando un análisis de **Lixiviación por Precipitación Sintética**, según establece el Artículo 23 del Reglamento de Residuos Peligrosos.

Ello es procedente considerando que se está evaluando la peligrosidad de los residuos remanentes en faenas abandonadas o paralizadas hace años, los que probablemente presenten concentraciones de Sustancias Químicas de Interés superiores a las que se encuentran en residuos generados hoy en día. Es por esta razón que conviene determinar si alguno de los residuos mineros masivos presentes en la faena (en especial aquellos derivados de procesos – relaves -, o minerales semi procesados), presenta toxicidad extrínseca y por lo tanto es un residuo peligroso (Artículos 23 y 14 del Reglamento).

---

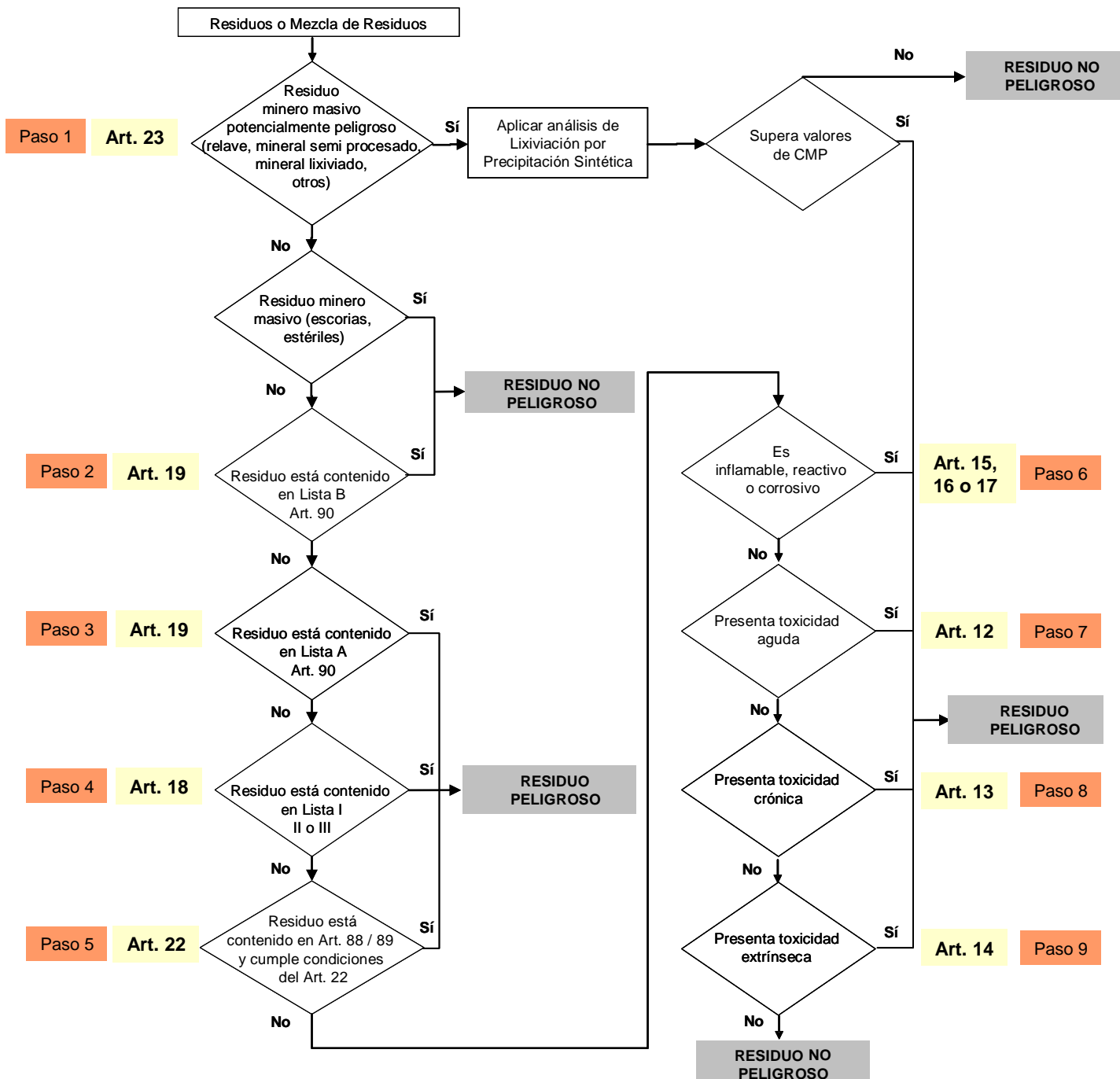
<sup>1</sup> Los residuos mineros masivos corresponden a “estériles, minerales de baja ley, residuos de minerales tratados por lixiviación, relaves y escorias”, según el Artículo 23 del Reglamento de Residuos Peligrosos.

Para residuos mineros masivos que el Evaluador considere sin potencial de ser peligrosos (como pueden ser escorias y estériles), se considerará que no son peligrosos, en aplicación de lo dispuesto por el Artículo 23.

- **Paso 2.** Si el residuo minero no es de carácter masivo se revisará si está incluido en la Lista B “Residuos No Peligrosos” del Artículo 90 del Reglamento de Residuos Peligrosos. Si la respuesta es afirmativa entonces el residuo no es peligroso.
- **Paso 3.** El paso siguiente es verificar si el residuo está contenido en la Lista A “Residuos Peligrosos” del Artículo 90 del Reglamento de Residuos Peligrosos. Si la respuesta es afirmativa entonces el residuo es peligroso.
- **Paso 4.** Si en el paso anterior la respuesta fuera negativa, debe verificarse si el residuo se encuentra contenido en las Lista I, II o III del Artículo 18 del Reglamento de Residuos Peligrosos. Si la respuesta es afirmativa entonces el residuo es peligroso.
- **Paso 5.** En caso que la respuesta fuera negativa, debe verificarse, atendiendo al Artículo 22, si el residuo corresponde a alguna de las sustancias químicas listadas en los Artículos 88 y 89. Si la respuesta es afirmativa entonces el residuo es peligroso.
- **Paso 6.** Si en el paso anterior la respuesta fuera negativa, debe verificarse si el residuo es inflamable, reactivo o corrosivo, atendiendo a lo señalado en los artículos 15, 16 y 17 del Reglamento de Residuos Peligrosos. Si la respuesta es afirmativa en cualquiera de los casos, el residuo es peligroso.
- **Pasos 7, 8 y 9.** En caso de que no fuera inflamable, reactivo o corrosivo, se continuará el proceso determinando si el residuo cumple alguno de los requisitos establecidos en el Reglamento, en sus Artículos 12, 13 y 14, que definen la condición de toxicidad aguda, crónica o extrínseca, respectivamente. Si la respuesta es positiva en cualquiera de los casos, el residuo es peligroso.

- Si habiendo completado el Paso 9 la respuesta aún fuera negativa, el residuo puede considerarse no peligroso.

Figura 1. Flujo metodológico propuesto para identificar Residuos Peligrosos



Finalmente, para la determinación de la condición de peligrosidad o no de un residuo, conviene tener presente lo siguiente:

- En residuos que están dispuestos en el suelo, la condición de toxicidad a evaluar es la extrínseca, que se determina mediante el “**Test de Toxicidad por Lixiviación**”. El residuo será considerado peligroso cuando su análisis arroje concentraciones superiores a las Concentraciones Máximas Permisibles, CMP (Art. 14 del Reglamento).
- Alternativamente, el Servicio puede determinar que un residuo NO es peligroso cuando, mediante el análisis de la composición realizado por un laboratorio acreditado, **se cumple que** *“la concentración de las sustancias a que se refiere el artículo 14, expresada en miligramos de sustancia por kilogramo de residuo, es inferior a la correspondiente Concentración Máxima Permisible, CMP, multiplicada por 20”* (Art. 20 del Reglamento).
- Para la caracterización de la toxicidad extrínseca de los residuos mineros masivos se empleará el método de “**Lixiviación por Precipitación Sintética**”, en lugar del “**Test de Toxicidad por Lixiviación**” (Art. 23 del Reglamento).
- La **Autoridad Sanitaria** se reserva la facultad de muestrear, analizar y caracterizar la peligrosidad de un residuo minero masivo (en estériles, minerales de baja ley, residuos de minerales tratados por lixiviación, relaves y escorias), toda vez que lo estime oportuno (Art. 23 del Reglamento).

*B.2.3. Arrastre o infiltración de sustancias tóxicas o peligrosas por acción de aguas lluvias o nieve, desde plantas de procesos o residuos no masivos*

Las sustancias químicas pueden ser arrastradas hasta alcanzar un curso superficial o pueden infiltrarse en el interior del suelo hasta alcanzar las aguas subterráneas dependiendo de los siguientes factores:

- ✓ Su grado de protección contra las inclemencias del tiempo (lluvia o nieve); es decir los residuos que carecen de algún tipo de cobertura impermeable serán más fáciles de arrastrar por el agua que aquellos que sí cuentan con esta protección o están contenidos en depósitos cerrados.
- ✓ La precipitación anual del sector, considerando la posibilidad de que ocurran años con precipitaciones extraordinarias (fenómeno de “El Niño”). En climas muy secos, con precipitaciones anuales del orden de 200 mm, es reducida la posibilidad de que se produzcan escurrimientos, mientras que con precipitaciones anuales mayores la posibilidad de escurrimientos se incrementa progresivamente.
- ✓ La pendiente en que está situada la faena abandonada, pues cuanto mayor sea ésta más favorable será el escurrimiento natural de las aguas.
- ✓ La distancia existente desde la faena hasta un curso de aguas superficiales; y
- ✓ La profundidad de la napa, aspecto de difícil estimación en terreno, pero que puede ser obtenido en base a la presencia de pozos o norias en las proximidades de la faena y mediante entrevistas a los habitantes del sector.

En general, es menos factible que un residuo peligroso alcance un cuerpo receptor cuando la faena está situada en un área en que se registra una precipitación anual inferior a 200 mm al año y no es acusado el efecto del Niño; o bien en aquellos sectores que cuentan con una topografía

plana y donde los cursos de agua más próximos están situados a más de 1 km de distancia. Por el contrario, es más factible el arrastre cuando concurren factores como precipitaciones más cuantiosas, fuertes pendientes o bien cuando los cursos de agua están próximos a las faenas.

De tal modo que el Evaluador analizará en conjunto estos aspectos decidiendo en terreno sobre la mayor o menor factibilidad del arrastre de los residuos.

#### *B.2.4 Arrastre por el viento de material particulado contaminado*

Los tranques de relave abandonados ubicados en áreas de baja pluviosidad, presentan su superficie con bajo nivel de humedad durante periodos importantes de tiempo. En estos casos, uno de los riesgos principales que pueden presentar son las emisiones de material particulado a la atmósfera, dado que tanto la fracción fina del material transportado como las sustancias contaminantes potencialmente presentes en él pueden generar daños a la salud de las personas y del medio ambiente cercano.

Otras fuentes potencialmente generadoras de material particulado contaminado hacia la atmósfera son las acumulaciones de residuos peligrosos no masivos y eventualmente los rípidos de lixiviación cuando ellos tienen material fino en su superficie.

El material particulado contenido en el aire puede ser inhalado por personas que visitan la faena minera o habitan en los alrededores, poniendo en riesgo su salud. Este escenario será particularmente relevante en los casos en que existan receptores humanos habitando a distancias inferiores a 1 km, o en sectores situados entre 1 y 3 km en la misma dirección de la componente habitual del viento. Es recomendable entrevistar a vecinos y autoridades, a fin de reunir antecedentes sobre la posibilidad que material particulado proveniente de acopiados en la faena alcancen a los receptores que están ubicados en el área de influencia.

La emisión de material particulado desde un tranque de relaves u otro tipo de botadero, depende de factores como:



- ✓ La velocidad del viento y su dirección: que condicionan la fuerza de resuspensión del material y la dirección a la cual éste será arrastrado.
- ✓ La humedad del material, puesto que la resuspensión del material requiere que éste se encuentre seco en superficie; y.
- ✓ La granulometría del material.

Para que el arrastre de material particulado ocurra debe necesariamente existir en el depósito evaluado materiales finos, que sean capaces de entrar en suspensión producto de la acción del viento. En general, el material particulado más relevante para la evaluación de riesgos es aquél que tiene un diámetro inferior a 10 micrones (PM10), ya que puede ser respirable, y por tanto, podría tener efectos adversos sobre la salud de los distintos receptores.

Dado que la determinación de PM10 podría requerir equipos especializados, se recomienda clasificar los suelos en función del material que pase la malla 200 (75 micrones). Para clasificar un material como fino se debe determinar en terreno que la mayor fracción del material del cual se compone el depósito evaluado presenta granulometrías inferiores a dicha malla.

En el caso en que los depósitos evaluados, particularmente relaves, presenten condiciones de cementación, aglomeración, u otra característica que permita la cohesión del material particulado fino presente en ellos, se podrá asumir que aún cuando existe un alto porcentaje de finos, ellos no entrarán en suspensión. Conviene tener presente el momento en que se realiza la inspección puesto que los períodos secos arrojarán condiciones de presencia de material fino más desfavorables que las mediciones realizadas en invierno, cuando la lluvia pueda favorecer la aglomeración.

En general, el Evaluador deberá considerar que existe material fino cuando éste se encuentre en forma de polvo, o bien podría pasar fácilmente a este estado.

Las coberturas depositadas sobre materiales contaminados reducen considerablemente la posibilidad de que estas sustancias sean liberadas y transportadas por el aire. En general, las protecciones más eficaces corresponden a materiales que cuentan con una granulometría gruesa (rocas, gravas, gravillas) y cuentan con una profundidad no menor a 30 cm. Estas dos condiciones en conjunto debieran ser capaces de ofrecer una buena resistencia a la erosión del viento, y en consecuencia permitirían evitar la suspensión de material particulado contaminado.

Otras coberturas eficaces son las formadas por vegetación densa o aquellas construidas con materiales sintéticos tales como geotextiles, geomembranas u otros.

El Evaluador deberá verificar la existencia y eficiencia de las coberturas que pudieran existir, de modo de ajustar la determinación de la probabilidad de ocurrencia de este Escenario de Peligro a niveles reales según la condición del material presente en el depósito.

**ANEXO B3**  
**REGLAMENTO SANITARIO SOBRE MANEJO**  
**DE RESIDUOS PELIGROSOS**



**Identificación Norma:** DTO-148

**Fecha Publicación:** 16.06.2004

**Fecha Promulgación:** 12.06.2003

**Organismo:** MINISTERIO DE SALUD

## **APRUEBA REGLAMENTO SOBRE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS**

Núm. 148.- Santiago, 12 de junio de 2003.- Vistos: las facultades que me confieren los artículos 24 y 32 N° 8 de la Constitución Política de la República y lo dispuesto en los artículos 2, 67, 68, 78, 79, 80,81 y 90 del Código Sanitario, aprobado por Decreto con Fuerza de Ley N°725 de 1967, del Ministerio de Salud, en los artículos 4° letra b) y 6° del Decreto Ley N° 2763 de 1979 y en la Resolución N° 520 de 1996, de la Contraloría General de la República.

Considerando:

1.- Que al Estado le corresponde velar que se haga efectivo el derecho de las personas a vivir en un medio ambiente libre de contaminación así como garantizar su derecho a la protección de la salud.

2.- Que el crecimiento de la actividad económica ha multiplicado la generación de residuos peligrosos, con el consiguiente aumento de los riesgos que amenazan la salud humana y el medio ambiente.

3.- Que para cumplir cabalmente los compromisos del Estado y enfrentar el peligro creciente que representan los residuos peligrosos, es indispensable regular el proceso completo de su manejo, desde que se generan y hasta que se eliminan, en términos que permitan su adecuado control y seguimiento, en un marco de certeza jurídica necesario para el desenvolvimiento de la actividad económica, que sirva también de garantía para la comunidad en su conjunto.

4.- Que un adecuado marco normativo puede inducir a la incorporación de una gestión de los residuos más eficientes, que ayude a minimizar la generación de residuos peligrosos.

5.- Que como resultado de la implementación de este reglamento se dispondrá de información relativa a los residuos peligrosos que se generan en el país, cuyo procesamiento y análisis será de utilidad para la autoridad sanitaria, la comunidad y las actividades productivas, en los que respecta al conocimiento de los residuos peligrosos y las mejores alternativas para su manejo, entre otros posibles usos de la información,

Decreto:

Apruébase, el siguiente Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos:

### **TITULO I**

#### **Disposiciones generales**

**Artículo 1°** Este Reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.

**Artículo 2°** Corresponderá a la Autoridad Sanitaria fiscalizar y controlar el cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento y del Código Sanitario en estas materias, todo ello de acuerdo con las normas e instrucciones generales que imparta el Ministerio de Salud.

Los órganos del Estado que ejerzan funciones relacionadas con los residuos peligrosos deberán cumplir tales cometidos coordinadamente propendiendo a la unidad de acción y a la colaboración recíproca.

**Artículo 3°** Para los efectos del presente reglamento, las expresiones que aquí se indican tendrán el significado que se señala:

Almacenamiento o acumulación: se refiere a la conservación de residuos en un sitio y por un lapso determinados.

Cancerígeno o carcinogénico: sustancia capaz de inducir cáncer.

Concentración Letal 50 (CL50): concentración de vapor, niebla o polvo que, administrado por inhalación continua durante una hora a un grupo de ratas albinas adultas jóvenes, machos y hembras, causa con la máxima probabilidad, en el plazo de 14 días, la muerte de la mitad de los animales del grupo.

Contenedor: recipiente portátil en el cual un residuo es almacenado, transportado o eliminado.

Corrosividad: proceso de carácter químico causado por determinadas sustancias que desgastan a los sólidos o que puede producir lesiones más o menos graves a los tejidos vivos.

Destinatario: propietario, administrador o persona responsable de una instalación expresamente autorizada para eliminar residuos peligrosos generados fuera de ella.

Disposición final: procedimiento de eliminación mediante el depósito definitivo en el suelo de los residuos peligrosos, con o sin tratamiento previo.

Dosis Letal 50 (DL50) por ingestión: concentración de la sustancia que, administrada por la vía oral a un grupo de ratas albinas adultas jóvenes, machos y hembras, causa con la máxima probabilidad, en el plazo de 14 días, la muerte de la mitad de los animales del grupo.

Dosis Letal 50 (DL50) por absorción cutánea: concentración de la sustancia que, administrada por contacto continuo a un grupo de conejos albinos causa con la máxima probabilidad, en el plazo de 14 días, la muerte de a lo menos la mitad de los animales del grupo.

Eliminación: cualquiera de las operaciones señaladas en el artículo 86.

Estabilización: proceso mediante el cual un residuo es convertido a una forma química más estable, el que puede incluir la solidificación cuando ésta produce cambios químicos para reducir la movilidad de los contaminantes.

Generador: titular de toda instalación o actividad que dé origen a residuos peligrosos.

Hoja de Seguridad para el Transporte de Residuos Peligrosos: documento para transferir información sobre las características esenciales y grados de riesgo que presentan los residuos peligrosos para las personas y el medio ambiente, incluyendo aspectos de transporte, manipulación, almacenamiento y acción ante emergencias desde que una carga de residuos peligrosos es entregada por el generador a un medio de transporte hasta que es recibido por el destinatario.

Incineración: destrucción mediante combustión o quema técnicamente controlada de las sustancias orgánicas contenidas en un residuo.

Inflamabilidad: la capacidad para iniciar la combustión provocada por la elevación local de la temperatura. Este fenómeno se transforma en combustión propiamente tal cuando se alcanza la temperatura de inflamación.

Instalación de Eliminación: planta o estructura destinada a la eliminación de residuos peligrosos.

Lixiviado: líquido que ha percolado o drenado a través de un residuo y que contiene componentes solubles de este.

Lodo: cualquier residuo semisólido que ha sido generado en plantas de tratamiento de efluentes que se descarguen a la atmósfera, de aguas servidas, de residuos industriales líquidos o de agua potable. Se incluyen en esta definición los residuos en forma de fangos, barros o sedimentos provenientes de procesos, equipos o unidades de industrias o de cualquier actividad.

Manejo: todas las operaciones a las que se somete un residuo peligroso luego de su generación, incluyendo, entre otras, su almacenamiento, transporte y eliminación.

Minimización: acciones para evitar, reducir o disminuir en su origen, la cantidad y/o peligrosidad de los residuos peligrosos generados. Considera medidas tales como la reducción de la generación, la concentración y el reciclaje.

Mutágeno: sustancia que induce cualquier alteración hereditaria en el material genético.

Reactividad: potencial de los residuos para reaccionar químicamente liberando en forma violenta energía y/o compuestos nocivos ya sea por descomposición o por combinación con otras sustancias.

Reciclaje: recuperación de residuos peligrosos o de materiales presentes en ellos, por medio de las operaciones señaladas en el artículo 86 letra B, para ser utilizados en su forma original o previa transformación, en la fabricación de otros productos en procesos productivos distintos al que los generó.

Relleno de Seguridad: Instalación de Eliminación destinada a la disposición final de residuos peligrosos en el suelo, diseñada, construida y operada cumpliendo los requerimientos específicos señalados en el presente Reglamento.

Residuo o desecho: sustancia, elemento u objeto que el generador elimina, se propone eliminar o está obligado a eliminar.

Residuos incompatibles: residuos que al entrar en contacto pueden generar alguno de los efectos señalados en el artículo 87.

Residuo peligroso: residuo o mezcla de residuos que presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar algunas de las características señaladas en el artículo 11.

Reuso: recuperación de residuos peligrosos o de materiales presentes en ellos por medio de las operaciones señaladas en el artículo 86 letra B para ser utilizados en su forma original o previa transformación como materia prima sustitutiva en el proceso productivo que les dio origen.

Riesgo: probabilidad de ocurrencia de un daño.

Solidificación: proceso en el que ciertos materiales son adicionados a los residuos para convertirlos en un sólido, para reducir la movilidad de contaminantes o mejorar su manipulación y sus propiedades físicas. El proceso puede o no involucrar una unión química entre el residuo, sus contaminantes y el material aglomerante.

Toxicidad: capacidad de una sustancia de ser letal en baja concentración o de producir efectos tóxicos acumulativos, carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos.

Transportista: persona que asume la obligación de realizar el transporte de residuos peligrosos determinados.

Teratógeno: agente que, cuando se administra al animal materno antes del nacimiento de la cría, induce anomalías estructurales permanentes en esta última.

Tratamiento: todo proceso destinado a cambiar las características físicas y/o químicas de los residuos peligrosos, con el objetivo de neutralizarlos, recuperar energía o materiales o eliminar o disminuir su peligrosidad.

**Artículo 4°** Los residuos peligrosos deberán identificarse y etiquetarse de acuerdo a la clasificación y tipo de riesgo que establece la Norma Chilena Oficial NCh 2.190 of.93.- Esta obligación será exigible desde que tales residuos se almacenen y hasta su eliminación.

**Artículo 5°** El Ministerio de Salud establecerá los procedimientos y metodologías de determinación de las características de peligrosidad, así como, un reglamento para la acreditación de laboratorios que presten servicios de caracterización de residuos peligrosos.

**Artículo 6°** Durante el manejo de los residuos peligrosos se deberán tomar todas las precauciones necesarias para prevenir su inflamación o reacción, entre ellas su separación y protección frente a cualquier fuente de riesgo capaz de provocar tales efectos.

Además, durante las diferentes etapas del manejo de tales residuos, se deberán tomar todas las medidas necesarias para evitar derrames, descargas o emanaciones de sustancias peligrosas al medio ambiente.

**Artículo 7°** En cualquier etapa del manejo de residuos peligrosos, queda expresamente prohibida la mezcla de éstos con residuos que no tengan ese carácter o con otras sustancias o materiales, cuando dicha mezcla tenga como fin diluir o disminuir su concentración. Si por cualquier circunstancia ello llegare a ocurrir, la mezcla completa deberá manejarse como residuo peligroso, de acuerdo a lo que establece el presente reglamento.

**Artículo 8°** Los contenedores de residuos peligrosos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) tener un espesor adecuado y estar contruidos con materiales que sean resistentes al residuo almacenado y a prueba de filtraciones,
- b) estar diseñados para ser capaces de resistir los esfuerzos producidos durante su manipulación, así como durante la carga y descarga y el traslado de los residuos, garantizando en todo momento que no serán derramados,
- c) estar en todo momento en buenas condiciones, debiéndose reemplazar todos aquellos contenedores que muestren deterioro de su capacidad de contención,
- d) estar rotulados indicando, en forma claramente visible, las características de peligrosidad del residuo contenido de acuerdo a la Norma Chilena NCh 2.190 Of 93, el proceso en que se originó el residuo, el código de identificación y la fecha de su ubicación en el sitio de almacenamiento.

Los contenedores sólo podrán ser movidos manualmente si su peso total incluido el contenido, no excede de 30 kilogramos. Si dicho peso fuere superior, se deberán mover con equipamiento mecánico.

Sólo se podrán reutilizar contenedores cuando no se trate de residuos incompatibles, a menos que hayan sido previamente descontaminados.

**Artículo 9°** Sólo se podrán mezclar o poner en contacto entre sí residuos peligrosos cuando sean de naturaleza similar o compatible. Para estos efectos la "Tabla de Incompatibilidades" del artículo 87 tendrá carácter referencial.

Con todo, en los procesos de eliminación podrán mezclarse residuos de los grupos A y B de dicha Tabla, cuando se demuestre que los efectos de la reacción que ellos generan se encuentran bajo control.

## TITULO II

### De la Identificación y Clasificación

**Artículo 10°** Un residuo o una mezcla de residuos es peligrosa si presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar alguna de las características que se definen en el artículo siguiente.

**Artículo 11°** Para los efectos del presente reglamento las características de peligrosidad son las siguientes:

- a) toxicidad aguda,
- b) toxicidad crónica,
- c) toxicidad extrínseca,
- d) inflamabilidad,
- e) reactividad y
- f) corrosividad.

Bastará la presencia de una de estas características en un residuo para que sea calificado como residuo peligroso.

**Artículo 12°** Un residuo tendrá la característica de toxicidad aguda, cuando es letal en bajas dosis en seres humanos. Se considerará que un residuo presenta tal característica en los siguientes casos:

- a) Cuando su toxicidad por ingestión oral en ratas, expresada como Dosis Letal 50, DL50 oral, arroja en un ensayo de laboratorio un valor igual o menor que 50 mg de residuo/kg de peso corporal,
- b) Cuando el valor de su toxicidad por inhalación en ratas, expresado como Concentración Letal 50, CL50 inhalación, arroja en un ensayo de laboratorio un valor igual o menor que 2 mg de residuo/lt,
- c) Cuando su toxicidad por absorción cutánea en conejos, expresada como Dosis Letal 50, DL50dermal, arroja en un ensayo de laboratorio un valor igual o menor que 200 mg de residuo/kg de peso corporal.

La toxicidad aguda de un residuo podrá estimarse en base a la información técnica disponible respecto de la toxicidad aguda de sus sustancias componentes. Se considerará que un residuo tiene la característica de toxicidad aguda, cuando el contenido porcentual en el residuo de una sustancia tóxica listada en el artículo 88 o de otra sustancia tóxica aguda reconocida como tal mediante decreto supremo del Ministerio de Salud, sea superior a la menor de las concentraciones tóxicas agudas límites, CTAL, definidas para ese constituyente, calculadas de la siguiente forma:

$$\text{CTAL oral} = [ \text{DL50 oral} / 50 \text{ mg/kg} ] \times 100$$

$$\text{CTAL inhalación} = [ \text{CL50 inhalación} / 2 \text{ mg/lt} ] \times 100$$

$$\text{CTAL dermal} = [ \text{DL50 dermal} / 200 \text{ mg/kg} ] \times 100$$

En caso que el residuo contenga más de una sustancia tóxica aguda, se considerará peligroso si la suma de las concentraciones porcentuales de tales sustancias, divididas por sus respectivas Concentraciones Tóxicas Agudas Límites, es mayor o igual a 1 para cualquiera de las vías de exposición antes mencionadas.

$$C(1)/\text{CTAL} (1) + C(2)/\text{CTAL} (2) + \dots + C(n) /\text{CTAL} (n) > 1$$

**Artículo 13°** Un residuo tendrá la característica de toxicidad crónica en los siguientes casos:

- a) si contiene alguna sustancia no incluida en el Artículo 89 del presente Reglamento, que sea declarada toxica crónica mediante decreto supremo del Ministerio de Salud por presentar efectos tóxicos acumulativos, carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos en seres humanos. La Autoridad Sanitaria deberá fundar su decisión en estudios científicos nacionales o extranjeros.
- b) cuando contiene alguna sustancia incluida en el Artículo 89 del presente Reglamento que sea cancerígena y cuya concentración en el residuo, expresada como porcentaje, es superior a CTAL/1000, en donde CTAL es la concentración tóxica aguda límite de dicha sustancia.
- c) si contiene alguna de las sustancias que presentan efectos acumulativos, teratogénicos o mutagénicos incluidas en el Artículo 89, cuya concentración en el residuo, expresada como porcentaje, es superior a CTAL/100, en donde CTAL es la concentración tóxica aguda límite de la sustancia tóxica crónica.

Para efectos de las letras b) y c) precedentes el Ministerio de Salud determinará mediante decreto supremo aquellas sustancias del artículo 89 que tienen efectos cancerígenos.



Cuando un residuo contenga más de una sustancia tóxica, se considerará que presenta la característica de toxicidad crónica si:

- d) la suma de las concentraciones porcentuales de las sustancias cancerígenas en el residuo divididas por sus respectivas concentraciones tóxicas agudas límites (CTAL) es superior o igual a 0,001.

$$C(1)/CTAL (1) + C(2)/CTAL (2) + \dots + C(n)/CTAL (n) > 0,001$$

- e) la suma de las concentraciones porcentuales de las sustancias con efectos acumulativos, teratógenicos o mutagénicos divididas por sus respectivas concentraciones tóxicas agudas límites (CTAL) es superior o igual a 0,01.

$$C(1)/CTAL (1) + C(2)/CTAL (2) + \dots + C(n)/CTAL (n) > 0,01$$

**Artículo 14°** Un residuo tendrá la característica de toxicidad extrínseca cuando su eliminación pueda dar origen a una o más sustancias tóxicas agudas o tóxicas crónicas en concentraciones que pongan en riesgo la salud de la población.

Cuando la eliminación se haga a través de su disposición final en el suelo se considerará que el respectivo residuo tiene esta característica cuando el Test de Toxicidad por Lixiviación arroje, para cualquiera de las sustancias mencionadas, concentraciones superiores a las señaladas en la siguiente tabla:

#### Concentraciones Máximas Permisibles (CMP)

Código RP	Nº CAS	Sustancia	CMP (mg/l)
D004	7440-38-2	Arsénico	5
D007	7440-47-3	Cromo	5
D009	7439-97-6	Mercurio	0,2
D008	7439-92-1	Plomo	5
D010	7782-49-2	Selenio	1
D005	7440-39-2	Bario	100
D018	71-43-2	Benceno	0,5
D006	7440-43-9	Cadmio	1
D019	56-23-5	Tetracloruro de carbono	0,5
D020	57-74-9	Clordano	0,03
D021	108-90-7	Clorobenceno	100
D022	67-66-3	Cloroformo	6
D023	95-48-7	o-Cresol (*)	200
D024	108-39-4	m-Cresol (*)	200
D025	106-44-5	p-Cresol (*)	200
D026	-----	Cresol (*)	200
D016	94-75-7	2,4-D	10
D027	106-46-7	1,4 Diclorobenceno	7,5
D028	107-06-2	1,2 Dicloroetano	0,5
D029	75-35-4	1,1 Dicloroetileno	0,7
D030	121-14-2	2,4 Dinitrotolueno	0,13
D012	72-20-8	Endrin	0,02
D031	76-44-8	Heptacloro (y su epóxido)	0
D032	118-74-1	Hexaclorobenceno	0,13
D033	87-68-3	Hexacloro-1,3-butadieno	0,5
D034	67-72-1	Hexacloroetano	3
D013	58-89-9	Lindano	0,4
D014	72-43-5	Metoxicloro	10
D035	78-93-3	Metiletacetona	200
D036	98-95-3	Nitrobenceno	2
D037	87-86-5	Pentaclorofenol	100
D038	110-86-1	Piridina	5
D011	7440-22-4	Plata	5
D039	127-18-4	Tetracloroetileno	0,7
D015	8001-35-2	Toxafeno	0,5
D040	49-01-6	Tricloroetileno	0,5
D041	95-95-4	2,4,5-Triclorofenol	400
D042	88-06-2	2,4,6-Triclorofenol	2
D017	93-72-1	2,4,6,-TP(silvex)	1
D043	75-01-4	Cloruro de vinilo	0,2

(\*) La suma de las concentraciones de los isómeros (o-Cresol, m-Cresol y p-Cresol) debe ser inferior a la CMP establecida para el Cresol.

**Artículo 15°** Un residuo tendrá la característica de inflamabilidad si presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Es líquido y presenta un punto de inflamación inferior a 61°C en ensayos de copa cerrada o no superior a 65,6 °C en ensayos de copa abierta. No incluyéndose en esta definición las soluciones acuosas con una concentración en volumen de alcohol inferior o igual al 24%.
- b) No es líquido y es capaz de provocar, bajo condiciones estándares de presión y temperatura (1 atm y 25 °C), fuego por fricción, por absorción de humedad o cambios químicos espontáneos y, cuando se inflama, lo hace en forma tan vigorosa y persistente que ocasiona una situación de peligro.
- c) Es un gas comprimido inflamable. Se dice que un gas o una mezcla de gases es inflamable cuando al combinarse con aire constituye una mezcla que tiene un punto de inflamación inferior a 61 °C.
- d) Es una sustancia oxidante, tal como los cloratos, permanganatos, peróxidos inorgánicos o nitratos, que genera oxígeno lo suficientemente rápido como para estimular la combustión de materia orgánica.

**Artículo 16°** Un residuo tendrá la característica de reactividad si presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Es normalmente inestable y sufre, con facilidad, cambios violentos sin detonar.
- b) Reacciona violentamente con el agua.
- c) Forma mezclas explosivas con el agua.
- d) Cuando mezclado o en contacto con agua, genera gases, vapores o humos tóxicos, en cantidades suficientes como para representar un peligro para la salud humana.
- e) Contiene cianuros o sulfuros y al ser expuesto a condiciones de pH entre 2 y 12,5, puede generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes como para representar un peligro para la salud humana.
- f) Cuando es capaz de detonar o explosionar por la acción de una fuente de energía de activación o cuando es calentado en forma confinada.
- g) Cuando es capaz de detonar, descomponerse explosivamente o reaccionar con facilidad, bajo condiciones estándares de temperatura y presión (1 atm y 25 °C).
- h) Cuando tenga la calidad de explosivo de acuerdo a la legislación y reglamentación vigente.

**Artículo 17°** Un residuo tendrá la característica de corrosividad si presenta alguna de las siguientes propiedades:

- a) Es acuoso y tiene un pH inferior o igual a 2 o mayor o igual a 12,5;
- b) Corroe el acero (SAE 1020) a una tasa mayor de 6,35 mm por año, a una temperatura de 55 °C según el Método de la Tasa de Corrosión.

**Artículo 18°** Los residuos incluidos en los siguientes listados de categorías se considerarán peligrosos a menos que su generador pueda demostrar ante la Autoridad Sanitaria que no presentan ninguna característica de peligrosidad. El generador podrá proponer a la Autoridad Sanitaria los análisis de caracterización de peligrosidad a realizar sobre la base del conocimiento de sus residuos y de los procesos que los generan, sin perjuicio de lo cual, la Autoridad Sanitaria podrá exigir análisis adicionales a los propuestos conforme a lo señalado en los artículos 12 al 17.

#### Lista I

Código de RP	Categorías de residuos consistentes o resultantes de los siguientes procesos
I.1	Residuos hospitalarios.
I.2	Residuos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos.
I.3	Medicamentos, drogas y productos farmacéuticos desechados.
I.4	Residuos resultantes de la producción preparación y la utilización de productos biocidas, productos fitofarmacéuticos y plaguicidas.
I.5	Residuos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.
I.6	Residuos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de solventes orgánicos.
I.7	Residuos que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y de las operaciones de temple.
I.8	Aceites minerales residuales no aptos para el uso al que estaban destinados.
I.9	Mezclas y emulsiones residuales de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.

- I.10 Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB).
- I.11. Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier tratamiento pirolítico.
- I.12 Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.
- I.13 Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.
- I.14 Sustancias químicas residuales, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.
- I.15 Residuos de carácter explosivo.
- I.16 Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.
- I.17 Residuos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos.
- I.18 Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de residuos.

### Lista II

<b>Código de RP</b>	<b>Categorías de residuos que tengan como constituyentes</b>
II.1	Metales carbonilos
II.2	Berilio, compuestos de berilio
II.3	Compuestos de cromo hexavalente
II.4	Compuestos de cobre
II.5	Compuestos de Zinc
II.6	Arsénico, compuestos de arsénico
II.7	Selenio, compuestos de selenio
II.8	Cadmio, compuestos de cadmio
II.9	Antimonio, compuestos de antimonio
II.10	Telurio, compuestos de telurio
II.11	Mercurio, compuestos de mercurio
II.12	Talio, compuestos de talio
II.13	Plomo, compuestos de plomo
II.14	Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
II.15	Cianuros inorgánicos
II.16	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
II.17	Soluciones básicas o bases en forma sólida
II.18	Polvo y/o fibras de asbesto, con exclusión de los residuos de materiales de construcción fabricados con cemento asbesto.
II.19	Compuestos orgánicos de fósforo
II.20	Cianuros orgánicos
II.21	Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles
II.22	Éteres
II.23	Solventes orgánicos halogenados
II.24	Solventes orgánicos, con exclusión de solventes halogenados
II.25	Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
II.26	Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadióxinas policloradas
II.27	Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente artículo.

### Lista III

<b>Código de RP</b>	<b>Categorías de otros residuos</b>
III.1	Catalizadores usados
III.2	Envases y recipientes contaminados que hayan contenido uno o más constituyentes enumerados en la Categoría II.
III.3	Residuos que procedan de la recolección selectiva o de la segregación de residuos sólidos domiciliarios que presenten al menos una característica de peligrosidad.
III.4	Suelos o materiales resultantes de faenas de movimientos de tierras contaminadas por alguno de los constituyentes listados en la Categoría II.

**Artículo 19°** Los residuos incluidos en la Lista A del artículo 90 se considerarán igualmente peligrosos.

No obstante el generador podrá demostrar ante la Autoridad Sanitaria, conforme a lo establecido en los artículos 12 al 17 del presente reglamento, que tales residuos no son peligrosos.

A la inversa, se considerará que los residuos incluidos en la Lista B del artículo 90 no son peligrosos.

La Autoridad Sanitaria tendrá siempre la facultad de comprobar que un residuo cualquiera es peligroso por presentar alguna característica de peligrosidad conforme a lo establecido en los artículos 12 al 17.

**Artículo 20°** Alternativamente a la aplicación del test de toxicidad por lixiviación, todo generador de residuos podrá demostrar mediante el análisis de la composición de sus residuos, hecho por un laboratorio acreditado por la Autoridad Sanitaria, que éstos no son tóxicos extrínsecos con respecto de su disposición final en el suelo. Se entenderá que ello ocurre, cuando la concentración de las sustancias a que se refiere el artículo 14, expresada en miligramos de sustancia por kilogramo de residuo, es inferior a la correspondiente Concentración Máxima Permisible, CMP, multiplicada por 20.

**Artículo 21°** Toda instalación, equipo o contenedor, o cualquiera de sus partes, que haya estado en contacto directo con residuos peligrosos, deberá ser manejado como tal y no podrá ser destinado a otro uso sin que haya sido previamente descontaminado.

**Artículo 22°** Las sustancias químicas incluidas en los Artículos 88 y 89 del presente Reglamento, serán consideradas residuos peligrosos cuando sean descartadas, se encuentren vencidas o fuera de especificación o se encuentren como remanentes en envases y recipientes. Lo mismo procederá respecto de los derrames de cualquiera de dichas sustancias químicas y los materiales contaminados con ellas que deban desecharse.

**Artículo 23°** Para efectos de la aplicación del presente reglamento y siempre que la disposición final no se realice en conjunto con residuos sólidos domésticos u otros similares, los siguientes residuos mineros masivos que provengan de las operaciones de extracción, beneficio o procesamiento de minerales no serán considerados peligrosos:

- a) los estériles,
- b) los minerales de baja ley,
- c) los residuos de minerales tratados por lixiviación,
- d) los relaves y
- e) las escorias.

No obstante, la Autoridad Sanitaria podrá, en casos calificados, requerir de un generador la caracterización de sus residuos mineros masivos. La Autoridad Sanitaria podrá en todo caso muestrear, analizar y caracterizar la peligrosidad de dichos residuos toda vez que lo estime oportuno.

Para la caracterización de la toxicidad extrínseca de los residuos masivos mineros, el "Test de Toxicidad por Lixiviación" a que se refiere el artículo 14 se reemplazará por el método de "Lixiviación por Precipitación Sintética" de acuerdo a las concentraciones que en dicha norma se contemplan.

**Artículo 24°** Los envases de plaguicidas se considerarán residuos peligrosos a menos que sean sometidos al procedimiento de triple lavado y manejados conforme a un programa de eliminación.

Se entenderá que un envase de plaguicida ha sido sometido al procedimiento de triple lavado, cuando dicho envase haya sido lavado con agua al menos tres veces en forma sucesiva utilizando no menos de un 10% del volumen del contenedor por cada lavado, o bien haya sido lavado mediante un método de efectividad equivalente, como por ejemplo el lavado a presión durante un minuto, y luego de todo lo cual, dicho envase haya sido inutilizado mediante punzonamiento, aplastamiento o cualquier otro método que lo destruya o inutilice. Además, el agua resultante del lavado deberá ser incorporada al estanque de aplicación del plaguicida como parte del agua de preparación o, en caso contrario, deberá ser manejada como un residuo peligroso.

El Programa de Eliminación deberá ser aprobado por la Autoridad Sanitaria y sus contenidos mínimos serán los siguientes:

- a) Capacitación de los generadores de envases de plaguicidas y definición de los procedimientos de triple lavado,
- b) Diseño de los lugares de recepción y almacenamiento de envases una vez sometidos a triple lavado y definición del sistema de aceptación y registro,
- c) Sistema de recolección y transporte de los envases hasta los lugares de recepción y almacenamiento y desde éstos hasta el sitio de eliminación,
- d) Identificación de la instalación de eliminación y procedimiento a utilizar para disponer, tratar o reciclar los envases sometidos al triple lavado,
- e) Identificación del uso que se dará al material recuperado, en caso que el procedimiento contemple el reciclaje.

### **TITULO III**

#### **De la Generación**

**Artículo 25°** Las instalaciones, establecimientos o actividades que anualmente den origen a más de 12 kilogramos de residuos tóxicos agudos o a más de 12 toneladas de residuos peligrosos que presenten cualquier otra característica de peligrosidad deberán contar con un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos presentado ante la Autoridad Sanitaria.

El Generador deberá presentar dicho Plan ante la respectiva Autoridad Sanitaria. Las instalaciones, establecimientos o actividades que se encuentren en esta situación serán identificadas por dicha Autoridad mediante un número identificatorio.

El Plan deberá ser diseñado por un profesional e incluirá todos los procedimientos técnicos y administrativos necesarios para lograr que el manejo interno y la eliminación de los residuos se haga con el menor riesgo posible.

Toda modificación del Plan deberá ser previamente presentada ante la Autoridad Sanitaria.

**Artículo 26°** El Plan de Manejo de Residuos Peligrosos deberá privilegiar opciones de sustitución en la fuente, minimización y reciclaje cuyo objetivo sea reducir la peligrosidad, cantidad y/o volumen de residuos que van a disposición final y deberá contemplar al menos los siguientes aspectos:

- a) Descripción de las actividades que se desarrollan en el proceso productivo, sus flujos de materiales e identificación de los puntos en que se generan residuos peligrosos.
- b) Identificación de las características de peligrosidad de los residuos generados y estimación de la cantidad anual de cada uno de ellos.
- c) Análisis de alternativas de minimización de la generación de residuos peligrosos y justificación de la medida seleccionada.
- d) Detalle de los procedimientos internos para recoger, transportar, embalar, etiquetar y almacenar los residuos.
- e) Definición del perfil del profesional o técnico responsable de la ejecución del Plan, así como, del personal encargado de operarlo.
- f) Definición de los equipos, rutas y señalizaciones que deberán emplearse para el manejo interno de los residuos peligrosos.
- g) Hojas de Seguridad para el Transporte de Residuos Peligrosos para los diferentes tipos de residuos peligrosos generados en la instalación.
- h) Capacitación que deberán recibir las personas que laboran en las instalaciones, establecimientos o actividades donde se manejan residuos peligrosos.
- i) Plan de Contingencias.
- j) Identificación de los procesos de eliminación a los que serán sometidos los residuos peligrosos, explicitando los flujos y procesos de reciclaje y/o reuso.
- k) Sistema de registro de los residuos peligrosos generados por la instalación o actividad y en donde al menos se consigne:
  - cantidad en peso y/o volumen e identificación de las características de peligrosidad de los residuos peligrosos generados diariamente,
  - cantidad en peso y/o volumen e identificación de las características de peligrosidad de los residuos peligrosos que ingresen o egresen del sitio de almacenamiento,
  - cantidad en peso y/o volumen e identificación de las características de peligrosidad de los residuos peligrosos reusados y/o reciclados y los procesos correspondientes.
  - cantidad en peso y/o volumen e identificación de las características de peligrosidad de los residuos peligrosos enviados a terceros para su eliminación

**Artículo 27°** Sin perjuicio de sus obligaciones propias, el Generador afecto a un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, que encomiende a terceros el transporte y/o la eliminación de sus residuos peligrosos será responsable de:

- a) retirar y transportar los residuos peligrosos a través de transportistas que cuenten con autorización sanitaria,
- b) realizar la eliminación de sus residuos peligrosos en Instalaciones de Eliminación que cuenten con la debida Autorización Sanitaria que comprenda tales residuos,
- c) proporcionar oportunamente la información correspondiente al Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos y entregar al transportista las respectivas Hojas de Seguridad para el Transporte de Residuos Peligrosos.

Los Generadores que no estén obligados a sujetarse a un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos deberán en todo caso cumplir con la obligación señalada en la letra b) precedente.

**Artículo 28°** El Generador deberá establecer un manejo diferenciado entre los residuos peligrosos y los que no lo son.

## TITULO IV

### Del Almacenamiento

**Artículo 29°** Todo sitio destinado al almacenamiento de residuos peligrosos deberá contar con la correspondiente autorización sanitaria de instalación, a menos que éste se encuentre incluido en la autorización sanitaria de la actividad principal.

El diseño, la construcción, ampliación y/o modificación de todo sitio que implique almacenamiento de dos o más residuos peligrosos incompatibles o que contemple el almacenamiento de 12 o más kilogramos de residuos tóxicos agudos o 12 o más toneladas de residuos peligrosos que presenten cualquier otra característica de peligrosidad, deberá contar con un proyecto previamente aprobado por la Autoridad Sanitaria. Este proyecto de ingeniería deberá ser elaborado por un profesional idóneo.

**Artículo 30°** Todo Generador que se encuentre obligado a sujetarse a un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos deberá tener uno o más sitios de almacenamiento de tales residuos. Estos sitios se ajustarán a las normas del presente Título y dispondrán de suficiente capacidad para acopiar la totalidad de residuos generados durante el período previo al envío de éstos a una Instalación de Eliminación.

**Artículo 31°** El período de almacenamiento de los residuos peligrosos no podrá exceder de 6 meses. Sin embargo, en casos justificados, se podrá solicitar a la Autoridad Sanitaria, una extensión de dicho período hasta por un lapso igual, para lo cual se deberá presentar un informe técnico.

**Artículo 32°** En caso de inexistencia de una Instalación de Eliminación, imposibilidad de acceso a ella u otros casos calificados, la Autoridad Sanitaria podrá autorizar el almacenamiento de residuos peligrosos por períodos prolongados determinados superiores a los establecidos en el artículo precedente. En este caso, el almacenamiento será considerado una Instalación de Eliminación de Residuos Peligrosos y se ajustará en todo a las normas establecidas en el Párrafo I del Título VI del presente Reglamento, sin perjuicio de la aplicación de las disposiciones especiales de este párrafo. Estas Instalaciones sólo podrán almacenar los residuos expresamente autorizados por la Autoridad Sanitaria, la que igualmente deberá autorizar el retiro total o parcial de éstos.

**Artículo 33°** Los sitios donde se almacenen residuos peligrosos deberán cumplir las siguientes condiciones:

- a) Tener una base continua, impermeable y resistente estructural y químicamente a los residuos.
- b) Contar con un cierre perimetral de a lo menos 1,80 metros de altura que impida el libre acceso de personas y animales.
- c) Estar techados y protegidos de condiciones ambientales tales como humedad, temperatura y radiación solar.
- d) Garantizar que se minimizará la volatilización, el arrastre o la lixiviación y en general cualquier otro mecanismo de contaminación del medio ambiente que pueda afectar a la población.
- e) Tener una capacidad de retención de escurrimientos o derrames no inferior al volumen del contenedor de mayor capacidad ni al 20% del volumen total de los contenedores almacenados.
- f) Contar con señalización de acuerdo a la Norma Chilena NCh 2.190 Of 93

Excepcionalmente se podrán autorizar sitios de almacenamiento que no cumplan con alguna de estas condiciones, tales como piscinas, lagunas artificiales u otros, si se justifica técnicamente que su diseño protege de la misma forma la salud de la población.

**Artículo 34°** El sitio de almacenamiento deberá tener acceso restringido, en términos que sólo podrá ingresar personal debidamente autorizado por el responsable de la instalación.

**Artículo 35°** El sitio de almacenamiento de residuos reactivos o inflamables, deberá estar a 15 metros, a lo menos, de los deslindes de la propiedad.

## TITULO V

### Del Transporte

**Artículo 36°** Sin perjuicio de lo dispuesto en el Reglamento de Transporte de Sustancias Peligrosas por Calles y Caminos, fijado en el Decreto Supremo N° 298, del 25 de Noviembre de 1994, del Ministerio de Transportes y

Telecomunicaciones, sólo podrán transportar residuos peligrosos por calles y caminos públicos las personas naturales o jurídicas que hayan sido autorizadas por la Autoridad Sanitaria. Dicha autorización que incluirá de manera expresa las respectivas instalaciones para la operación del sistema, será otorgada por la Autoridad Sanitaria correspondiente al domicilio principal del transportista y tendrá validez en todo el territorio nacional. Al momento de otorgar la autorización, dicha Autoridad asignará un número de identificación, válido para la aplicación del Título VII de este Reglamento.

Sin perjuicio de lo anterior, toda instalación necesaria para la operación del sistema de transporte requerirá de autorización sanitaria específica, que otorgará la Autoridad Sanitaria en cuyo territorio se encuentre ubicada.

**Artículo 37°** Para efectos de lo dispuesto en el artículo anterior, la solicitud respectiva deberá contener las características e identificación de los vehículos a utilizar y la ubicación y las características de las instalaciones del sistema de transporte y de los equipos de limpieza y descontaminación. Además, deberá incluir un Plan de Contingencias para abordar posibles accidentes que ocurran durante el proceso de transporte.

El Plan de Contingencias deberá contemplar lo siguiente:

- a) Medidas de control y/o mitigación
- b) Capacitación del personal
- c) Identificación de las responsabilidades del personal
- d) Sistema de comunicaciones portátil para alertar a las autoridades competentes
- e) Identificación, ubicación y disponibilidad de personal y equipo para atender las emergencias

F) Listado actualizado de los organismos públicos y personas a las que se deberá dar aviso inmediato en el caso de ocurrir una emergencia, debiendo considerar al menos la comunicación con la Autoridad Sanitaria competente, Bomberos, Carabineros y la Oficina Regional de Emergencia.

**Artículo 38°** El transportista será responsable de que la totalidad de la carga de residuos peligrosos sea entregada en el sitio de destino fijado en el correspondiente formulario del Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos establecido en el Título VII del presente reglamento. Cuando el transporte suponga una demora de más de 48 horas se deberá, además, consignar esta circunstancia en el mismo documento.

**Artículo 39°** No se podrá transportar residuos peligrosos sin que se porte el respectivo Documento de Declaración establecido en el Título VII del presente reglamento y sin las respectivas Hojas de Seguridad de Transporte de Residuos Peligrosos.

**Artículo 40°** El personal que realice el transporte de residuos peligrosos deberá estar debidamente capacitado para la operación adecuada del vehículo y de sus equipos y para enfrentar posibles emergencias.

**Artículo 41°** Los vehículos que se utilicen en el transporte de residuos peligrosos deberán estar diseñados, contruidos y operados de modo que cumplan su función con plena seguridad, conforme a las normas del presente reglamento, sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento de Transporte de Sustancias Peligrosas por Calles y Caminos, fijado en el Decreto Supremo N° 298, de 25 de Noviembre de 1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

En todo, caso tales vehículos deberán ser adecuados para el tipo, características de peligrosidad y estado físico de los residuos a transportar, conforme a la información que sobre éstos debe proporcionar el Generador.

**Artículo 42°** Lo dispuesto en el presente Título no será aplicable al transporte de residuos peligrosos en cantidades que no excedan de 6 kilogramos de residuos tóxicos agudos o de 2 toneladas de cualquier otra clase de residuos peligrosos, cuando éste sea efectuado por el propio generador que, además, se encuentre exceptuado de presentar planes de manejo.

## TITULO VI

### De la Eliminación

#### Párrafo I

#### De las Instalaciones de Eliminación

**Artículo 43°** Toda Instalación de Eliminación de Residuos Peligrosos deberá contar con la respectiva autorización otorgada por la Autoridad Sanitaria, en la que se especificará el tipo de residuos que podrá eliminar y la forma en que dicha eliminación será llevada a cabo ya sea mediante tratamiento, reciclaje y/o disposición final. Al momento de otorgar dicha autorización se asignará un número de identificación, válido para la aplicación del Título VII de este Reglamento.

**Artículo 44°** Toda Instalación de Eliminación de Residuos Peligrosos deberá contar con un proyecto previamente aprobado por la Autoridad Sanitaria. Este proyecto de ingeniería deberá ser elaborado por un profesional idóneo.

El proyecto deberá incluir el diseño de las unidades y equipos necesarios para el manejo de los residuos peligrosos, indicar expresamente el tipo, características y cantidades de éstos que la Instalación estará habilitada para recibir y manejar y determinar los perfiles profesionales y técnicos y las funciones y responsabilidades específicas del personal directamente involucrado en el manejo de los residuos peligrosos.

Deberá así mismo describir todas las operaciones necesarias para el adecuado manejo de tales residuos.

El proyecto deberá contar, además, con un Plan de Operación y Mantenimiento, un Plan de Verificación, un Plan de Contingencias, un Manual de Procedimientos y un Plan de Cierre.

**Artículo 45°** El proyecto a que se refiere el artículo anterior, deberá contemplar todas aquellas medidas necesarias para evitar que la descarga accidental de residuos peligrosos o sus subproductos provoquen una contaminación de las aguas superficiales o subterráneas, del aire o del suelo, capaz de poner en riesgo la salud de la población o del personal que trabaja en la instalación, debiendo cumplir con los requerimientos generales establecidos en el presente Párrafo I, además de aquellos requerimientos específicos que para el caso señale este Reglamento.

**Artículo 46°** El Plan de Verificación tiene por objeto controlar que todos los elementos, equipos y estructuras que conforman la instalación de eliminación funcionan adecuadamente y detectar cualquier derrame, escurrimiento, fuga o descarga que pueda poner en riesgo la salud de la población o del personal que trabaja en la instalación. El Plan deberá contemplar:

- a) La priorización de las verificaciones necesarias.
- b) El registro de las verificaciones realizadas.
- c) Los procedimientos de limpieza y descontaminación del suelo, instalaciones y equipos cuando se constate cualquier derrame, escurrimiento, fuga o descarga de residuos peligrosos.

El titular de la Instalación deberá realizar inmediatamente las reparaciones que surjan de la aplicación del Plan de Verificación.

**Artículo 47°** El Plan de Contingencias deberá contemplar al menos las siguientes medidas:

- a) Mitigación de todos los posibles eventos que puedan poner en peligro, directa o indirectamente, la seguridad y/o la salud de las personas que trabajan en la instalación o de la población residente en el área de influencia de ésta.
- b) Identificación, ubicación y disponibilidad del personal y de los equipos necesarios para atender dichas emergencias.
- c) Listado actualizado de los organismos públicos y personas a los que se debe dar aviso en caso de emergencia. Dicho aviso deberá darse en forma inmediata, a lo menos, la Autoridad Sanitaria respectiva, Bomberos, Carabineros y la Oficina Regional de Emergencia.
- d) Información actualizada diariamente referente a la cantidad, características y ubicación de los residuos y sustancias peligrosas existentes en la Instalación.

**Artículo 48°** El emplazamiento de una Instalación de Eliminación de Residuos Peligrosos deberá cumplir los siguientes requisitos de ubicación:

- a) No deberá ubicarse en zonas en que existan fallas geológicas activas, o que estén expuestas a deslizamientos o derrumbes de terrenos o estén afectadas por actividad volcánica.
- b) No deberá ser construida en zonas sometidas a inundaciones que ocurran con períodos de retorno inferiores a 100 años.
- c) No deberá estar ubicado en sitios dentro del radio urbano, a menos que la zonificación del Plano Regulador u otro instrumento de ordenamiento territorial lo permita.
- d) No deberán estar ubicadas en suelos inestables o de baja resistencia, tales como suelos orgánicos, arcillas suaves o mezclas de arena y arcilla, suelos que pierden resistencia con la compactación o con la humedad, suelos que sufran aumentos de volumen por consolidación y arenas sujetas a asentamientos e influencia hidráulica, a menos que el proyecto contemple procedimientos aceptables a juicio de la Autoridad Sanitaria para asegurar su estabilidad y resistencia.
- e) No deberán estar ubicados en sitios expuestos a subsidencias o asentamientos debido a la existencia de minas subterráneas, extracción de agua, petróleo o gas, subsuelos expuestos a disolución, etc.



- F) No deberán ubicarse en suelos saturados, tales como riberas húmedas o el borde costero, a menos que el proyecto contemple un adecuado sistema de impermeabilización y una modificación permanente del flujo subterráneo que asegure que su nivel se mantendrá bajo 3 metros del sistema de impermeabilización.
- g) No deberán estar ubicados en sitios que puedan afectar aguas superficiales y/o subterráneas destinadas al abastecimiento de agua potable, al riego o a la recreación con contacto directo, cuando el desplazamiento del contaminante debido a derrames, sea demasiado rápido e impida la mitigación de los impactos conforme al Plan de Contingencias.
- h) Deberá estar alejado de actividades tales como almacenes de productos inflamables o explosivos u otros que puedan potenciar las consecuencias frente la ocurrencia de accidentes o emergencias.
- i) Deberá estar fuera del perímetro de restricción fijado para puertos, aeropuertos, instalaciones de manejo de explosivos, centrales nucleares y de instalaciones militares.

**Artículo 49°** La Instalación deberá tener acceso restringido. Sólo podrán ingresar a ésta personas debidamente autorizadas por el responsable de la Instalación. Deberá, además, contar con una barrera sólida de al menos 1,80 metros que impida el libre acceso de personas ajenas a ella y de animales.

**Artículo 50°** La operación de toda Instalación de Eliminación de Residuos Peligrosos deberá cumplir con las siguientes exigencias:

- a) La recepción de los residuos solo podrá hacerse cuando se asegure que los residuos pueden ser manejados en la Instalación. Para estos efectos, la Instalación deberá realizar análisis físico-químicos de los residuos conforme a un Manual de Procedimientos que especifique por lo menos los parámetros que se deberán analizar para cada residuo peligroso y métodos y frecuencia de análisis.
- b) Mantener un registro de los residuos ingresados, en el que se deberá consignar al menos la cantidad, la fecha de ingreso, las características de peligrosidad del residuo, la ubicación del sitio de almacenamiento y la fecha e identificación de la operación de eliminación aplicada.
- c) En el caso de que la Instalación rechace un cargamento de residuos peligrosos, ya sea porque el transportista no porte el Documento de Declaración o porque la información contenida en dicho documento no se corresponde con los residuos transportados o por cualquier otra causa, se deberá dar aviso inmediato a la Autoridad Sanitaria respectiva.

**Artículo 51°** El cierre de una Instalación de Eliminación deberá hacerse previo aviso a la Autoridad Sanitaria competente conforme al Plan de Cierre. Este Plan deberá contemplar a lo menos la descontaminación del sitio, estructuras y equipos y la eliminación de los residuos peligrosos que permanezcan en la Instalación.

## **Párrafo II**

### **De las Actividades Industriales que Realizan**

#### **Operaciones de Reuso y/o Reciclaje**

**Artículo 52°** El reuso de residuos peligrosos como insumo en cualquier actividad deberá ser informado previamente a la Autoridad Sanitaria, sin perjuicio de las facultades fiscalizadoras que esta Autoridad Sanitaria tiene respecto de las actividades que pueden implicar riesgo para la salud pública o el medio ambiente.

El reciclaje de residuos peligrosos será autorizado por la Autoridad Sanitaria cuando ello no implique riesgo para la salud pública o al medio ambiente.

Sin perjuicio de lo dispuesto en el presente reglamento el Ministerio de Salud emitirá guías técnicas de orientación e información para el manejo de aquellos residuos cuyo reuso y/o reciclaje sea una práctica común o que se revelen como prioritarios desde el punto de vista sanitario.

**Artículo 53°** Los establecimientos que reusen sus residuos peligrosos y los que reciclen tales residuos en cantidades no superiores a 12 kilogramos anuales cuando se trate de residuos tóxicos agudos o a 12 toneladas cuando se trate de otros residuos peligrosos, deberán mantener la documentación necesaria que permita verificar a la Autoridad Sanitaria el tipo y cantidad de los residuos eliminados durante los últimos cinco años.

**Artículo 54°** Los establecimientos que realicen actividades de reciclaje, sin que ello sea su actividad principal y aquellos que para reusar sus propios residuos deban transportarlos por calles o caminos públicos, serán considerados como Instalaciones de Eliminación y deberán por consiguiente cumplir, en lo que fueren aplicables, las exigencias propias de éstas con excepción de las establecidas en los artículos 48 letras a,b,d,e,f,g,h,i y 49.

Cuando tales actividades se circunscriban a procesos específicos que no comprometen el resto de las actividades del establecimiento, dichas exigencias, se reducirán a la parte o sección del establecimiento en que se desarrollan tales procesos.

No se aplicarán las exigencias a que se refiere la presente disposición a las instalaciones que reciclen residuos peligrosos dentro de los márgenes señalados en el artículo 53.

### **Párrafo III**

#### **De los Rellenos de Seguridad**

**Artículo 55°** Todo sitio destinado a la construcción de un relleno de seguridad deberá cumplir los requisitos generales establecidos en el artículo 48 y además, los siguientes:

- a) Debe estar ubicado a una distancia no menor a 1 km de toda fuente de agua potable.
- b) Igualmente no podrá ubicarse a menos de seiscientos metros de distancia de toda zona residencial o mixta, o de establecimientos tales como hospitales, escuelas, cárceles o estadios, ni a menos de trescientos metros de viviendas aisladas.
- c) La pendiente del terreno no debe exceder de un 5%, pudiendo la Autoridad Sanitaria, en casos debidamente justificados, autorizar una pendiente mayor.
- d) La dirección de los vientos predominantes debe ser contraria a las zonas pobladas.

Las distancias a que se hace referencia en las letras a y b deberán ser medidas a partir del perímetro del área que comprenda el sitio en donde se dispondrán finalmente los residuos y toda instalación anexa.

**Artículo 56°** El diseño y construcción de un relleno de seguridad deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- a) El fondo del relleno deberá estar ubicado por sobre 3 metros del nivel freático más alto.
- b) Se deberá contar con un sistema de impermeabilización y drenaje que impida el escape de líquidos lixiviados fuera de los límites del relleno, en la forma dispuesta en el artículo 58.
- c) Cuando exista la posibilidad de generación de gases o vapores al interior del relleno de seguridad se deberá contar con un sistema de evacuación y control de estos.
- d) Se deberá contar con un sistema perimetral de intercepción y evacuación de escorrentías superficiales, de manera de evitar el ingreso de ellas al interior del relleno y su contaminación con líquidos lixiviados.
- e) Se deberá contar con un sistema de recolección y evacuación de las aguas que precipiten sobre el relleno, de manera de minimizar su infiltración hacia el interior de este y su contaminación con líquidos lixiviados.
- F) Se deberá contar con un sistema de monitoreo de la calidad del agua subterránea en el área de influencia del relleno, conforme a lo dispuesto en el artículo 61.
- g) Deberá asegurarse la existencia de accesos y caminos internos aptos para el tránsito seguro de vehículos en toda época del año.
- h) El relleno deberá ser diseñado considerando las condiciones sísmicas de la zona donde será emplazado.

**Artículo 57°** El relleno deberá contar además con las siguientes instalaciones y sistemas:

- a) Sistema de caracterización y de control de los residuos.
- b) Sistemas de control de acceso vehicular y peatonal.
- c) Sistemas de seguridad y vigilancia.
- d) Sistemas de comunicaciones.
- e) Respaldo para el abastecimiento de energía.
- F) Acceso y caminos internos con señalizaciones adecuadas para el tránsito en el interior de la instalación (dirección, velocidad, áreas restringidas, etc.).
- h) Cerco perimetral, de al menos 1,80 m de altura, que impida el paso de personas o animales al sitio de disposición final y a toda instalación anexa.

- i) Sistema de descontaminación de las ruedas de los vehículos que hayan ingresado a los lugares de descarga de residuos peligrosos.

**Artículo 58°** El relleno de seguridad deberá estar dotado de un sistema de impermeabilización y drenaje de a lo menos dos capas impermeables con sus respectivos drenajes, colocadas sobre una barrera de arcilla. Estos componentes deberán cumplir los siguientes requisitos y exigencias:

- a) Todos los componentes del sistema de impermeabilización y drenaje deberán ser compatibles con los residuos depositados en el relleno y con los líquidos lixiviados que se generen. En particular, las capas de impermeabilización deberán resistir las agresiones químicas y microbiológicas y tener una resistencia frente a las sollicitaciones que se puedan generar durante la construcción y operación del relleno de seguridad o durante un movimiento sísmico, similar o superior a una lámina sintética de polietileno de baja densidad de al menos 0,76 mm de espesor.
- b) Cuando las capas de impermeabilización se construyan con membranas sintéticas, el espesor de éstas no deberá ser inferior a 0,76 mm, salvo en el caso de utilizarse Polietileno de Alta Densidad, en que dicho espesor no deberá ser inferior a 1,52 mm.
- c) La barrera de arcilla deberá tener un espesor mínimo de 90 cm y una conductividad hidráulica no superior a  $10^{-7}$  cm/seg, pudiendo la Autoridad Sanitaria aprobar la utilización de un material arcilloso con espesores y conductividad hidráulica distintos, los que en todo caso deberán garantizar un nivel de impermeabilización igual o superior. En el caso de utilizarse membranas de arcilla geosintética la conductividad hidráulica máxima deberá ser de  $5 \times 10^{-9}$  cm/s.
- d) Cada capa de material de drenaje estará constituida por material pétreo de un espesor de 30 cm como mínimo y una conductividad hidráulica no inferior a  $10^{-2}$  cm/s, pudiendo la Autoridad Sanitaria aprobar la utilización de un material con espesores y conductividad hidráulica distintos, los que en todo caso deberán garantizar una capacidad de conducción de lixiviados igual o superior.
- e) Las capas impermeables y la barrera de arcilla deberán poseer en la sección de fondo una pendiente no inferior al 2% hacia el punto de recolección de los lixiviados.
- F) Deberán ser diseñados para operar con cargas hidráulicas no superiores a 30 centímetros.
- g) Las capas impermeables deberán ser instaladas en una fundación o base soportante que no dañe el material impermeabilizante y que resista los gradientes de presión que pudieran producirse sobre o bajo ella, debiendo preverse posibles asentamientos, compresión o levantamiento eventual del terreno donde esté ubicado el relleno.
- h) Cuando se utilicen membranas sintéticas toda unión y/o soldadura de ésta impermeabilización deberá ser sometida a ensayos de control de calidad de acuerdo a los procedimientos recomendados por el fabricante. La colocación de la arcilla y de las membranas de impermeabilización, deberán ser certificadas por un laboratorio de ensayo de materiales.
- i) Todos los elementos y materiales que conforman el sistema de impermeabilización y drenaje deberán estar diseñados para operar incluso bajo condiciones de cargas estáticas y dinámicas generadas en el relleno de seguridad durante su construcción, operación y cierre.
- j) El drenaje del relleno deberá impedir toda obstrucción por arrastre de material o por la aparición de microorganismos que dificulten el escurrimiento de los lixiviados, debiéndose contemplar la posibilidad de limpiar las tuberías obstruidas en cualquier momento de la operación de la instalación o del período de control posterior al cierre.

El sistema de impermeabilización señalado en este artículo se encuentra esquematizado en el Artículo 91 de este Reglamento, para servir como modelo referencial.

**Artículo 59°** El relleno de seguridad deberá tener un Plan de Operación que contemple al menos los siguientes aspectos:

- a) Recepción, muestreo, análisis y criterios de aceptación de los residuos peligrosos.
- b) Rutas de acceso a las celdas en operación.
- c) Tránsito de vehículos.
- d) Descarga de los residuos.
- e) Construcción de las celdas.
- F) Cubrimiento de los residuos.
- g) Tratamiento previo a la disposición de residuos especiales.

h) Cotas finales del relleno.

**Artículo 60°** No se podrán eliminar en rellenos de seguridad los siguientes residuos peligrosos:

- a) Residuos que se encuentren en estado líquido o de líquidos envasados en contenedores o de residuos que evidencien la presencia de líquidos libres de acuerdo al ensayo Paint Liquid Filter Test de EPA, a menos que hayan sido sometidos a procesos de fijación y/o solidificación del líquido.
- b) Residuos inflamables, reactivos y/o corrosivos.
- c) Aceites residuales.
- d) Gases comprimidos residuales.
- e) Cenizas volátiles y polvos finos respirables, a menos que hayan sido sometidos a un proceso de solidificación y/o encapsulamiento.
- F) Residuos tóxicos que liberen vapores tóxicos a temperatura ambiente.
- g) Envases o recipientes vacíos a menos que hayan sido acondicionados para evitar futuros asentamientos.
- h) Residuos que contengan dioxinas y furanos.
- i) Bifenilos policlorados.
- j) Residuos que puedan afectar la integridad de las barreras de impermeabilización de la instalación o que puedan reaccionar químicamente con ellas.
- k) Residuos incompatibles en una misma celda.

**Artículo 61°** El proyecto a que se refiere el artículo 44, en el caso de rellenos de seguridad deberá considerar un sistema de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas, que consulte un número suficiente de pozos instalados en sitios y profundidades adecuadas, para extraer muestras representativas del acuífero superior. Para efectos de analizar los resultados del monitoreo, previo a la puesta en marcha del relleno, se deberá hacer una completa caracterización de dichas aguas que servirá de patrón de referencia.

El número, distancia y profundidad de tales pozos deberán ser determinados en base a estudios técnicos específicos sobre el sitio, que provean una acabada caracterización del acuífero, caudal y variaciones estacionales del flujo. En todo caso, deberá existir al menos un pozo aguas arriba del relleno y uno aguas abajo de éste.

El monitoreo de las aguas subterráneas deberá entregar información sobre la concentración de todos los Parámetros señalados en el Artículo 92 del presente reglamento. En todo caso, se podrá proponer a la Autoridad Sanitaria la eliminación de alguno de tales parámetros en función de su inexistencia en los residuos depositados o de la imposibilidad de que ellos se formen a partir de éstos residuos. La frecuencia mínima del monitoreo deberá ser de una muestra por pozo cada 6 meses.

**Artículo 62°** Todo relleno de seguridad en que se generen líquidos lixiviados deberá cumplir con las normas vigentes sobre residuos industriales líquidos, en caso contrario deberá contemplar una planta de tratamiento de lixiviados, conectada al sistema de recolección de éstos líquidos. En caso de que la planta de tratamiento genere efluentes, éstos deberán cumplir con dichas normas. El material generado y/o removido por estas plantas, deberá ser manejado como un residuo peligroso.

**Artículo 63°** Se deberá mantener un registro de los residuos peligrosos depositados en el relleno de seguridad, disponible para su verificación por la Autoridad Sanitaria. Este registro será entregado a dicha Autoridad al momento del cierre de la instalación.

El registro deberá contener al menos la siguiente información:

- a) Fecha de recepción, industria o lugar de procedencia y fecha de disposición.
- b) Características de peligrosidad del residuo.
- c) Cantidad, peso y volumen.
- d) Características físico-químicas.
- e) Tratamiento al que fue sometido antes de la disposición, cuando corresponda.
- f) Ubicación en la celda en que fue dispuesto.

**Artículo 64°** Los residuos deberán ser cubiertos al final de la jornada diaria de trabajo con una capa de tierra no menor de 15 centímetros de espesor. Si una celda no va a ser utilizada en el plazo de una semana, ésta deberá ser cubierta con una capa de 30 centímetros de espesor mínimo.

La Autoridad Sanitaria podrá autorizar el uso de materiales alternativos siempre que su utilización signifique igual o superior protección para la salud de los trabajadores de la instalación y de la población en general. Además, en base a antecedentes técnicamente justificados, se podrá solicitar a dicha Autoridad Sanitaria una frecuencia inferior de cobertura.

**Artículo 65°** Cuando se dispongan en un mismo relleno residuos incompatibles, se deberán disponer en celdas separadas físicamente por un sistema de impermeabilización en los términos establecidos en el artículo 58. Además, se deberá contar con una adecuada distribución de las celdas, de tal forma que se eviten riesgos por contacto de lixiviados provenientes de residuos incompatibles.

**Artículo 66°** Al completarse la vida útil de las celdas, se deberá proceder a impermeabilizar su superficie superior con una barrera de arcilla de 30 cm de espesor y una conductividad hidráulica no superior a 10<sup>-7</sup> cm/seg, sobre la cual se colocará una membrana sintética de al menos 0,75 mm de espesor. Además, se deberá contemplar una capa de material drenante, la que se colocará sobre la membrana sintética, debiendo tener un espesor de al menos 30 cm y una conductividad hidráulica no inferior a 10<sup>-2</sup> cm/seg y finalmente, se deberá colocar una capa de suelo natural de un espesor mínimo de 60 cm. La superficie final deberá tener una pendiente con dirección apropiada no menor a un 2% ni mayor a un 5%.

La Autoridad Sanitaria podrá aprobar la utilización de materiales con espesor y conductividad hidráulica distintos, los que en todo caso deberán garantizar un nivel de impermeabilización o drenaje, según corresponda, igual o superior.

**Artículo 67°** El Plan de Cierre de un relleno de seguridad deberá contemplar los siguientes cuidados y controles especiales por un período de al menos 20 años:

- a) Mantener la integridad de la cobertura y de los sistemas de drenaje superficiales.
- b) Mantener y operar los sistemas de monitoreo de aguas subterráneas.
- c) Mantener y operar los sistemas de recolección y tratamiento de líquidos lixiviados mientras estos se produzcan.
- d) Mantener y operar el sistema de control y monitoreo de gases.
- e) Mantener el cierre y el control de acceso de personas ajenas al relleno de seguridad.
- F) Colocar y mantener señalización indicando que el sitio fue utilizado para la disposición de residuos peligrosos.
- g) Mantener la superficie del relleno libre de especies vegetales arbóreas o de raíces profundas que puedan afectar las barreras de impermeabilización.

#### **Párrafo IV**

##### **De la Incineración**

**Artículo 68°** Toda Instalación destinada a la incineración de residuos peligrosos deberá contar con un proyecto previamente aprobado por la Autoridad Sanitaria.

La operación de todo incinerador deberá ajustarse a lo establecido en el presente reglamento y a las condiciones especiales que fijará la Autoridad Sanitaria al momento de otorgar la respectiva autorización de instalación.

En dicha autorización, la Autoridad Sanitaria determinará los tipos y las cantidades de residuos peligrosos que podrán tratarse en la Instalación, así como su capacidad total.

La autorización se otorgará únicamente si en el respectivo proyecto se demuestra:

- a) que los quemadores estarán colocados de forma de producir la mayor destrucción posible de los residuos,
- b) que los residuos se incorporarán de manera de obtener el mayor grado de destrucción posible,
- c) se cumplirán las normas de emisión vigentes.

La Autoridad Sanitaria determinará para los residuos que podrán ser incinerados, sus flujos de masa y sus valores caloríficos máximos y mínimos y su contenido máximo de sustancias peligrosas, tales como bifenilos policlorados, pentaclorofenol, cloro, flúor, azufre y metales pesados. Determinará así mismo las condiciones límites de operación bajo las cuales éstos no podrán ser incinerados.

**Artículo 69°** La operación de la Instalación de Incineración deberá cumplir en todo momento con las normas de emisión vigentes.

**Artículo 70°** Las instalaciones de incineración deberán ser operadas de modo que se obtenga un grado de incineración tal que el contenido de carbono orgánico total (COT) de las escorias y de las cenizas del hogar sea inferior al 3% ,en peso, o que su pérdida al fuego sea inferior al 5% del peso seco de la muestra. Si para ello fuese necesario, se deberán emplear técnicas adecuadas de tratamiento de los residuos previo a su incineración.

**Artículo 71°** Estas Instalaciones serán diseñadas y equipadas de modo de garantizar que la temperatura de los gases derivados de la incineración se eleve, tras la última inyección de aire de combustión, de manera controlada y homogénea e incluso en las condiciones más desfavorables, hasta por lo menos 850 °C, alcanzados en o cerca de la pared interna de la cámara de combustión, como mínimo durante 2 segundos, con un mínimo de 11% de oxígeno en el caso de residuos sólidos y de 3% en el caso de residuos líquidos y gaseosos. En el caso de la incineración de residuos peligrosos que contengan más del 1 % de cloro, expresado como porcentaje en masa, la temperatura deberá elevarse hasta por lo menos 1.100 °C.

**Artículo 72°** Las Instalaciones de Incineración estarán equipadas con quemadores que se pongan en marcha automáticamente cuando la temperatura de los gases de combustión, tras la última inyección de aire, descienda por debajo de las temperaturas mínimas señaladas en el artículo 71. Asimismo, se utilizarán dichos quemadores durante la operación de puesta en marcha y de detención de la instalación a fin de asegurarse que esas temperaturas se mantienen mientras haya residuos no incinerados en la cámara de combustión. Durante la puesta en marcha o la parada, o cuando la temperatura de los gases de combustión descienda por debajo de las temperaturas mínimas señaladas, los quemadores no podrán alimentarse con residuos combustibles que puedan causar emisiones mayores que las producidas por la quema del combustible auxiliar utilizado en la instalación.

**Artículo 73°** Será obligatorio disponer de un sistema para impedir la incorporación de residuos peligrosos durante la puesta en marcha del incinerador, cuando no se haya alcanzado las temperaturas mínimas de ncineración señaladas en el artículo 71, cuando en el proceso de incineración no se mantengan tales temperaturas o cuando se sobrepasen los límites de misión permitidos.

**Artículo 74°** El diseño de una Instalación de Incineración deberá contemplar una chimenea y los demás equipos que sean necesarios para asegurar que las emisiones a nivel del suelo no provoquen una contaminación que ponga en riesgo la salud.

**Artículo 75°** En caso de que las mediciones efectuadas indiquen que se ha sobrepasado lo establecido en una norma primaria de emisión, se informará de inmediato a la Autoridad Sanitaria las causas del incumplimiento y las medidas correctivas para superarlas.

## **Párrafo V**

### **De la Eliminación en Minas Subterráneas**

**Artículo 76°** Cuando la eliminación de residuos peligrosos se haga en minas subterráneas, el proyecto a que se refiere el artículo 44 deberá considerar, además, las siguientes exigencias especiales:

- a) No se podrán utilizar minas subterráneas que se encuentren en uso o abandonadas en las que exista la posibilidad de aparición de gases que puedan formar mezclas explosivas o reaccionar con los residuos y/o que estén sujetas a filtraciones de agua, tanto durante la operación de la Instalación de Eliminación de residuos peligrosos como después de su abandono.
- b) Deberán acompañarse estudios técnicos que garanticen que la mina tiene estabilidad estructural y que el material existente en ella bajo ninguna circunstancia reaccionará con los residuos.
- c) Se deberá disponer de una ventilación forzada que garantice un ambiente de aire fresco en los lugares de trabajo de su interior.
- d) Los gases de ventilación que salen de la instalación deben cumplir con las normas de emisión vigentes.

**Artículo 77°** No se podrán manejar al interior de minas subterráneas dos o más residuos peligrosos incompatibles ni los siguientes residuos peligrosos:

- a) Residuos que se encuentren en estado líquido o de líquidos envasados en contenedores o de residuos que evidencien la presencia de líquidos libres de acuerdo al ensayo Paint Liquid Filter Test de EPA, a menos que hayan sido sometidos a procesos de fijación y/o solidificación del líquido.
- b) Residuos inflamables, reactivos y/o corrosivos,
- c) Aceites residuales,
- d) Gases comprimidos residuales,

- e) Residuos que contengan Dioxinas y/o furanos,
- F) Cenizas volátiles y polvos finos respirables, a menos que hayan sido sometidos a un proceso de solidificación y/o encapsulamiento.
- g) Residuos tóxicos que liberen vapores tóxicos a temperatura ambiente.
- h) Bifenilos policlorados,
- i) Residuos tóxicos, a menos que hayan sido sometidos a un proceso de encapsulamiento y/o solidificación.

## **Párrafo VI**

### **De la Eliminación de Residuos Especiales**

**Artículo 78°** La eliminación de los residuos de la categoría III.4 del artículo 18, "Suelos o materiales resultantes de faenas de movimientos de tierras contaminadas por alguno de los constituyentes listados en la Categoría II", podrá realizarse en el mismo lugar en que se encuentren ubicados a través de sistemas de disposición de carácter especial que serán autorizados por la Autoridad Sanitaria en base a la evaluación de riesgo que ésta haga para cada caso.

Para estos efectos el interesado deberá presentar un proyecto específico que asegure el control de todos los riesgos que puedan afectar la salud de la población. La Autoridad Sanitaria podrá fijar las restricciones de uso a que quedarán sometidos estos suelos así como los procedimientos de monitoreo y mantención a que dichos sitios deberán ser sometidos.

Los sistemas propuestos deberán garantizar la retención, inmovilización, aislamiento o solidificación de los residuos o, en su defecto, su tratamiento, de tal manera de minimizar la migración de los contaminantes al medio ambiente.

Además, el proyecto deberá contar con un detallado plan de las operaciones incluyendo todos los controles necesarios para evitar la dispersión o migración de contaminantes a través del suelo, el aire o el agua, que puedan significar un riesgo para la salud y/o seguridad de la población y de los trabajadores que participen en el manejo de estos residuos.

**Artículo 79°** La eliminación de residuos mineros masivos caracterizados como peligrosos por presentar toxicidad extrínseca conforme a lo señalado en el artículo 23, podrá realizarse igualmente a través de sistemas de disposición final de carácter especial autorizados por la Autoridad Sanitaria bajo las mismas condiciones señaladas en el artículo anterior.

## **TITULO VII**

### **Del sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos**

**Artículo 80°** Los tenedores de residuos peligrosos quedan sujetos a un Sistema de Declaración y Seguimiento de tales residuos, válido para todo el país, que tiene por objeto permitir a la autoridad sanitaria disponer de información completa, actual y oportuna sobre la tenencia de tales residuos desde el momento que salen del establecimiento de generación hasta su recepción en una instalación de eliminación.

Corresponderá a la Autoridad Sanitaria, en su respectivo territorio, implementar el sistema referido ajustándose a las normas del presente título y a las instrucciones que imparta el Ministerio de Salud.

**Artículo 81°** Desde que un residuo peligroso sale del establecimiento de generación deberá estar permanentemente acompañado del Documento de Declaración que corresponde emitir al generador.

Será responsable del cumplimiento del presente artículo el actual tenedor de los residuos sin perjuicio de otras responsabilidades.

**Artículo 82°** Corresponderá al Ministerio de Salud establecer, mediante resolución, el diseño, contenido y características del documento de declaración.

**Artículo 83°** Para el debido funcionamiento del Sistema de Declaración y Seguimiento los generadores, transportistas y destinatarios tendrán las siguientes obligaciones:

- 1.- El Generador:
  - a) Deberá llenar el documento con letra legible consignando todos los datos e informaciones que se le requieren en su calidad de generador.
  - b) Deberá retener para si la copia 5 por un período mínimo de 2 años.
  - c) Deberá remitir a la Autoridad Sanitaria respectiva la copia 4.

- d) Deberá entregar al Transportista, al momento de la carga, el original y las 3 copias restantes

2.- El Transportista:

- a) Deberá verificar que la información del Documento de Declaración guarde conformidad con la entrega.
- b) Deberá completar con letra legible, la información correspondiente al Transportista.
- c) Firmar el original y las 5 copias del Documento.
- d) Deberá retener para si la copia 3 y conservarla por un período mínimo de 2 años.
- e) Deberá entregar al Destinatario el original y las copias 1 y 2.

3.- El Destinatario:

- a) Deberá completar con letra legible, la información correspondiente al Destinatario.
- b) Deberá firmar el Documento original y las copias 1, 2 y 3.
- c) Deberá mantener para si la copia 2 del Documento y conservarla por un período mínimo de 2 años.
- d) Deberá enviar al Generador la copia 1 dentro de las 24 horas siguientes a la recepción de los residuos.
- e) Remitir el original a la Autoridad Sanitaria respectiva, dentro del mismo plazo.

**Artículo 84°** Las disposiciones del presente Título no serán aplicables al transporte de residuos peligrosos no superiores a 6 kilogramos de residuos tóxicos agudos y a 2 toneladas de residuos peligrosos que presente cualquier otra característica de peligrosidad.

## TITULO VIII

### De las Sanciones y Procedimientos

**Artículo 85°** Las infracciones a las disposiciones del presente reglamento serán sancionadas por la Autoridad Sanitaria, previa instrucción del respectivo sumario sanitario, en conformidad con lo establecido en el Libro X del Código Sanitario.

## TITULO IX

### Disposiciones Complementarias y Referenciales

**Artículo 86°** Las operaciones de eliminación a las que pueden someterse los residuos peligrosos serán solamente las que señalan a continuación:

- A) Operaciones que no pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclaje, la regeneración, el reuso u otros usos
  - A.1 Depósito permanente dentro o sobre la tierra (por ejemplo: en minas subterráneas)
  - A.2 Tratamiento en el suelo (por ejemplo: biodegradación de desperdicios líquidos o lodos en el suelo, etc)
  - A.3 Rellenos de seguridad
  - A.4 Tratamiento biológico no especificado en otra operación de este artículo que de lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de las operaciones indicadas en esta tabla.
  - A.5 Tratamiento físico químico no especificado en otra operación de este artículo que de lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de las operaciones indicadas en esta tabla (por ejemplo evaporación, secado, calcinación, neutralización, precipitación, etc.)
  - A.6 Incineración en tierra
  - A.7 Almacenamiento de residuos por períodos prolongados
- B) Operaciones que pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclaje, la regeneración, el reuso u otros usos.
  - B.1 Utilización como combustible, que no sea la incineración directa, u otros medios de generar energía.



- B.2 Recuperación o regeneración de solventes.
- B.3 Reciclaje o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como solventes.
- B.4 Recuperación o regeneración de metales y compuestos metálicos.
- B.5 Reciclaje o recuperación de otras materias inorgánicas.
- B.6 Regeneración de ácidos o bases.
- B.7 Recuperación de componentes utilizados para reducir la contaminación.
- B.8 Recuperación de componentes provenientes de catalizadores.
- B.9 Recuperación o reutilización de aceites usados.
- B.10 Tratamiento de suelos en beneficio de la agricultura o el mejoramiento ecológico.
- B.11 Utilización de residuos peligrosos resultantes de cualquiera de las operaciones numeradas de B.1 a B.10.
- B.12 Intercambio de residuos para someterlos a cualquiera las operaciones numeradas de B.1 a B.11.

**Artículo 87º** Para los efectos del presente reglamento, regirá la siguiente Tabla de Incompatibilidades:

#### **TABLA DE INCOMPATIBILIDADES**

##### **GRUPO A-1**

- Lodo de acetileno
- Líquidos fuertemente alcalinos
- Líquidos de limpieza alcalinos
- Líquidos alcalinos corrosivos
- Líquido alcalino de batería
- Aguas residuales alcalinas
- Lodo de cal y otros álcalis corrosivos
- Soluciones de cal
- Soluciones cáusticas gastadas

##### **GRUPO B-1**

- Lodos ácidos
- Soluciones ácidas
- Ácidos de batería
- Líquidos diversos de limpieza
- Electrolitos ácidos
- Líquidos utilizados para grabar metales
- Componentes de líquidos de limpieza
- Baños de decapado y otros ácidos corrosivos
- Ácidos gastados
- Mezcla de ácidos residuales
- Acido sulfúrico residual

Efectos de la mezcla de residuos del GRUPO A-1 con los del GRUPO B -1: generación de calor, reacción violenta.

##### **GRUPO A-2**

- Residuos de asbesto
- Residuos de berilio
- Embalajes vacíos contaminados con plaguicidas
- Residuos de plaguicidas
- Otras sustancias tóxicas

##### **GRUPO B-2**

- Solventes de limpieza de componentes electrónicos
- Explosivos obsoletos
- Residuos de petróleo
- Residuos de refinerías
- Solventes en general
- Residuos de aceite y otros residuos inflamables y explosivos

Efectos de la mezcla de residuos del GRUPO A-2 con los del GRUPO B -2: emisión de sustancias tóxicas en caso de fuego o explosión.

##### **GRUPO A-3**

- Aluminio
- Berilio
- Calcio

##### **GRUPO B-3**

- Residuos del GRUPO A-1 o B-1

- Litio
- Potasio
- Sodio
- Zinc en polvo, otros metales reactivos e hidruros metálicos

Efectos de la mezcla de residuos del GRUPO A-3 con los del GRUPO B -3: fuego o explosión, generación de hidrógeno gaseoso inflamable.

#### GRUPO A-4

- Alcoholes
- Soluciones acuosas en general

#### GRUPO B-4

- Residuos concentrados de los GRUPOS A-1 o B-1
- Calcio
- Litio
- Hidruros metálicos
- Potasio
- SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, SOCl<sub>2</sub>, PCl<sub>3</sub>, CHSiCl<sub>3</sub> y otros residuos reactivos con agua

Efectos de la mezcla de residuos del GRUPO A-4 con los del GRUPO B-4: Fuego, explosión o generación de calor, generación de gases inflamables o tóxicos.

#### GRUPO A-5

- Alcoholes
- Aldehídos
- Hidrocarburos halogenados
- Hidrocarburos nitrados y otros compuestos reactivos, y solventes
- Hidrocarburos insaturados

#### GRUPO B-5

- Residuos del GRUPO A-1 o B-1
- Residuos del GRUPO A-3

Efectos de la mezcla de residuos del GRUPO A-5 con los del GRUPO B -5: fuego, explosión o reacción violenta.

#### GRUPO A-6

- Soluciones gastadas de cianuros o sulfuros

#### GRUPO B-6

- Residuos del GRUPO B-1

Efectos de la mezcla de residuos del GRUPO A-6 con los del GRUPO B -6: fuego, explosión o reacción violenta.

#### GRUPO A-7

- Cloratos y otros oxidantes fuertes
- Cloro
- Cloritos
- Acido crómico
- Hipocloritos
- Nitratos
- Acido nítrico humeante
- Percloratos
- Permanganatos
- Peróxidos

#### GRUPO B-7

- Acido acético y otros ácidos orgánicos
- Ácidos minerales concentrados
- Residuos del GRUPO B-2
- Residuos del GRUPO A-3
- Residuos del GRUPO A-5 y otros residuos combustibles inflamables

Efectos de la mezcla de residuos del GRUPO A-7 con los del GRUPO B -7: fuego, explosión o reacción violenta.

**Artículo 88°** Las siguientes sustancias químicas son sustancias tóxicas agudas:

N° RP	N° CAS	Sustancia Química
P001	{1} 81-81-2	Cumafeno y sus sales, cuando está presente en concentraciones mayores al 0,3%.
P001	{1} 81-81-2	4-Hidroxi-3-(3-oxo-1-fenilbutil)-2H-1-benzopiren-2-ona, y sus sales, cuando está presente en concentraciones mayores al 0,3%
P001	{1} 81-81-2	Warfarin y sus sales, cuando está presente en concentraciones mayores al 0,3%
P002	591-08-2	1-Acetil-2-Tiourea

P002	591-08-2	N-(Aminotioxometil)-Acetamida
P003	107-02-8	Acroleína
P003	107-02-8	2-Propenal
P004	309-00-2	1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a5,8,8a,-hexahidro-1alfa,4alfa, 4beta, 5alfa, 8alfa, 8abeta- 1,4,5,8-Dimetanonaftaleno.
P004	309-00-2	Aldrin
P005	107-18-6	Alil alcohol
P005	107-18-6	2-Propen-1-ol
P006	20859-73-8	Fosfuro de aluminio (R, T)
P007	2763-96-4	5-(Aminometil)-3-isoxazolol
P007	2763-96-4	5-(Aminometil)-3(2H)-isoxazolona
P008	504-24-5	4-Piridinamina
P008	504-24-5	4-Aminopiridina
P009	131-74-8	2,4,6-Trinitrofenol, sal de amonio (R)
P009	131-74-8	Picrato de amonio (R)
P010	7778-394-4	Acido arsénico H3AsO4
P011	1303-28-2	Pentóxido de arsénico
P011	1303-28-2	Oxido de arsénico As2O5
P012	1327-53-3	Oxido de arsénico As2O3
P012	1327-53-3	Trióxido de arsénico
P013	542-62-1	Cianuro de bario
P014	108-98-5	Bencenotiol
P014	108-98-5	Tiofenol
P015	7440-41-7	Berilio
P016	542-88-1	Diclorometil éter
P016	542-88-1	Oxi bis clorometano
P017	598-31-2	Bromoacetona
P017	598-31-2	1-Bromo-2-propanona
P018	357-57-3	Brucina
P018	357-57-3	2,3-Dimetoxi estricnidin-10-ona
P020	88-85-7	Dinoseb
P020	88-85-7	2-(1-metilpropil)-4,6-dinitrofenol
P021	592-01-8	Cianuro de calcio
P021	592-01-8	Cianuro de calcio Ca(CN)2
P022	75-15-0	Disulfuro de carbono
P023	107-20-0	Cloroacetaldehido
P024	106-47-8	4-Clorobencenamina
P024	106-47-8	p-Cloroanilina
P026	5344-82-1	2-Clorofenil-tiurea
P026	5344-82-1	1-(-o-Chlorophenyl)thiourea
P027	542-76-7	3-Cloropropionitrilo
P027	542-76-7	3-Cloro-propanonitrilo
P028	100-44-7	Clorometilbenceno
P028	100-44-7	Cloruro de bencilo
P029	544-92-3	Cianuro de cobre CuCN
P029	544-92-3	Cianuro de cobre
P030	---	Cianuros (sales solubles de cianuro), no especificado de otra forma
P031	460-19-5	Cianógeno
P031	460-19-5	Etanodinitrilo
P033	506-77-4	Cloruro de cianógeno
P033	506-77-4	Cloruro de cianógeno (CN)Cl
P034	131-89-5	2-Ciclohexil-4,6-dinitrofenol
P036	696-28-6	Diclorofenilarsina
P037	60-57-1	1a, 2, 2a, 3, 6, 6a, 7, 7a-octahidro (1a alfa, 2 beta, 2a alfa, 3 beta,6beta,6aalfa,7beta,7aalfa)-3,4,5,6,9,9-hexacloro- 2,7:3,6-dimetanonaft [2,3-b] oxireno
P037	60-57-1	Dieldrin
P038	692-42-2	Dietil arsina
P039	298-04-4	Disulfotón
P039	298-04-4	Acido fosforoditioco, 0,0- dietil S-[2-(etiltio) etil] éster
P040	297-97-2	0,0- Dietil 0-piracinil fosforotioato
P040	297-97-2	Acido fosforotioico, 0,0-dietil 0-piracinil éster
P041	311-45-5	Dietil-p-nitrofenil fosfato
P041	311-45-5	Acido fosfórico, dietil 4- nitrofenil éster
P042	51-43-4	4-[1-Hidroxi-2-(metilamino) etil]-1, 2-bencenodiol (R)
P042	51-43-4	Epinefrina
P043	55-91-4	Diisopropilfluorofosfato (DFP)
P043	55-91-4	Acido fosforofluorhídrico, bis (1-metiletil) éster
P044	60-51-5	Acido fosforoditioco, 0,0- dimetil S-[2-(metilamino)-2-oxoetil] éster

P044	60-51-5	Dimetoato
P045	39196-18-4	Tiofanox
P045	39196-18-4	3,3-dimetil-1-(metiltio)-0- [(metilamino)carbonil]oxima-2 butanona
P046	122-09-8	Alfa, alfa, dinetilfenetilamina
P046	122-09-8	Alfa, alfa-dimetil-bencenoetanoamina
P047	{1} 534-52-1	2-Metil-4,6-dinitrofenol y sus sales
P047	{1} 534-52-1	4,6-Dinitro-o-cresol y sus sales
P048	51-28-5	2,4- Dinitrofenol
P049	541-53-7	Diamida tioimidodicarbónico [(H2N) C(S)]2NH
P049	541-53-7	Ditiobiuret
P050	115-29-7	Endosulfan
P050	115-29-7	3-oxido-1,5,5a,6,9,9a-hexahidro-6,7,8,9,10,10-hexacloro-6,9- metano-2,4,3,- benzodioxatiapin
P051	72-20-8	Endrin
P051	72-20-8	Endrin y metabolitos
P051	{1} 72-20-8	1a,2,2a,3,6,6a,7,7a,-octahidro- (1aalfa,2beta,2abeta,3alfa,6alfa,6abeta,7beta,7aalfa)-3,4,5,6,9,9-exacloro- 2,7:3,6-Dimetanonaft [2,3-b]oxireno, y metabolitos.
P054	151-56-4	Etilenimina
P054	151-56-4	Aziridina
P056	7782-41-4	Flúor
P057	640-19-7	Fluoroacetamida
P057	640-19-7	2-Fluoroacetamida
P058	62-74-8	Acido fluoroacético, sal de sodio
P059	76-44-8	3a,4,7,7a-tetrahidro-1,4,5,6,7,8,8heptacloro-4,7-Metano-1H-indeno
P059	76-44-8	Heptaclor
P060	465-73-6	1,4,4a,5,8,8a-hexahidro,(1 alfa,4alfa,4abeta,5beta,8beta,8abeta)-1,2,3,4,10,10- hexacloro-1,4,5,8-Dimetanonaftaleno
P060	465-73-6	Isodrín
P062	757-58-4	Acido tetrafosfórico, hexaetil éster
P062	757-58-4	Hexaetil tetrafosfato
P063	74-90-8	Cianuro de hidrógeno
P063	74-90-8	Acido hidrociánico
P064	624-83-9	Isocianato de metano
P064	624-83-9	Isocianato de metilo
P065	628-86-4	Fulminato de mercurio (R,T)
P065	628-86-4	Acido fulmínico, sal de mercurio (2+) (R,T)
P066	16752-77-8	Metomyl
P066	16752-77-8	Acido N-[(metilamino)carbonil] oxil]-metil éster etanimidotioico
P067	75-55-8	1,2-Propilenimina
P067	75-55-8	2-Metil aziridina
P068	60-34-4	Metilhidrazina
P069	75-86-5	2-Hidroxi-2- metil- propanonitrilo
P069	75-86-5	2-Metil lactonitrilo
P070	116-06-3	2-metil-2-(metiltio)-0-[(metilamino) carbonil] oxima propanal
P070	116-06-3	Aldicarb
P071	298-00-0	Metil paratión
P071	298-00-0	Acido fosforotioico, 0,0- dimetil 0-(4-nitrofenil) éster
P072	86-88-4	1-Naftalenil-tiurea
P072	86-88-4	Alfa-naftiltiurea
P073	13463-39-3	Carbonil de niquel Ni(CO)4 (T,R)
P074	557-19-7	Cianuro de niquel Ni(CN)2
P075	{1} 54-11-5	3-(1-metil-2-pirrolidinil)- piridina (S) y sales
P075	{1} 54-11-5	Nicotina y sus sales
P076	10102-43-9	Oxido nítrico
P077	100-01-6	4-Nitrobencenamina
P077	100-01-6	p-Nitroanilina
P078	10102-44-0	Dióxido de nitrógeno
P081	55-63-0	Nitroglicerina (R)
P082	62-75-9	N-Nitrosodimetilamina
P082	62-75-9	N-metil-N-nitroso-metanamina
P084	4549-40-0	N-Nitroso N-metilvinil amina
P084	4549-40-0	N-Metil-N-nitroso-vinilamina
P085	152-16-9	Octametil pirofosforamida
P085	152-16-9	Octametildifosforamida
P087	20816-12-0	Oxido de osmio OsO4, (T-4)
P087	20816-12-0	Tetraóxido de osmio
P088	145-73-3	Acido 7-oxabicyclo [2,2,1] Heptano-2,3-dicarboxílico
P088	145-73-3	Endotal

P089	56-38-2	Paratión
P089	56-38-2	Acido fosforotióico, 0,0-dietil 0-(4-nitrofenil) éster
P092	62-38-4	Mercurio, (acetato-0) fenil
P092	62-38-4	Acetato de fenil mercurio
P093	103-85-5	Feniltiourea
P094	298-02-2	Acido fosforoditióico,0,0-dietil S-[2-(etiltio)etil] éster
P094	298-02-2	Forato
P095	75-44-5	Fosgeno
P095	75-44-5	Dicloruro carbónico
P096	7803-51-2	Fosfina
P096	7803-51-2	Fosfuro de hidrógeno
P097	52-85-7	Acido fosforotióico, 0-[4-[(dimetilamino) sulfonil] fenil] 0,0-dimetil éster
P097	52-85-7	Famfur
P098	151-50-8	Cianuro de potasio K(CN)
P099	506-61-6	Argentato (1-), Bis (ciano -C), potasio
P099	506-61-6	Cianuro de plata y potasio
P101	107-12-0	Cianuro de etilo
P101	107-12-0	Propanonitrilo
P102	107-19-7	2-Propin-1-ol
P102	107-19-7	Propargil alcohol
P103	630-10-4	Selenoúrea
P104	506-64-9	Cianuro de plata Ag(CN)
P105	26628-22-8	Azida de sodio
P106	143-33-9	Cianuro de sodio Na(CN)
P108	{1} 57-24-9	Estricnina y sales
P108	{1} 57-24-9	Estricnidin -10- ona y sales
P109	3689-24-5	Acido tiodifosfórico, tetraetil éster
P109	3689-24-5	Tetraetilditiopirofosfato
P110	78-00-2	Tetraetilo de plomo
P110	78-00-2	Tetraetil plumbano
P111	107-49-3	Acido tetraetil ester difosfórico
P111	107-49-3	Tetraetilo pirofosfato
P112	509-14-8	Tetranitrometano (R)
P113	1314-32-5	Oxido de talio Tl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
P114	12039-52-0	Selenito de Talio (I)
P114	12039-52-0	Acido selenioso, ditalio (1+) sal
P115	7446-18-6	Acido sulfúrico, ditalio (1+) sal
P115	7446-18-6	Sulfato de Talio (I)
P116	79-19-6	Tiosemicarbazida
P116	79-19-6	Hidrazinacarbotoamida
P118	75-70-7	Triclorometanotiol
P119	7803-55-6	Vanadato de amonio
P119	7803-55-6	Acido Vanádico, sal de amonio
P120	1314-62-1	Oxido de Vanadio V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
P121	557-21-1	Cianuro de cinc Zn(CN) <sub>2</sub>
P122	1314-84-7	Fosfuro de cinc Zn <sub>3</sub> P <sub>2</sub> , cuando está presente en concentraciones mayores al 10% (R,T)
P123	8001-35-2	Toxafeno

{1} Número CAS sólo para un compuesto congenerere

**Artículo 89°** Las siguientes sustancias químicas son sustancias tóxicas crónicas:

Nº RP	Nº CAS	Sustancia Química
F027	93-76-5	Acido-(2,4,5-triclorofenoxi)-acético
F027	93-72-1	Silvex (2,4,5-TP)
F027	58-90-2	2,3,4,6-Tetraclorofenol
F027	95-95-4	2,4,5-Triclorofenol
F027	93-76-5	2,4,5-T
F027	88-06-2	2,4,6-Triclorofenol
F027	93-72-1	Acido 2-(2,4,5-triclorofenoxi) propanoico
F027	95-95-4	2,4,5-Triclorofenol
F027	88-06-2	2,4,6-Triclorofenol
F027	87-86-5	Pentaclorofenol
U001	75-07-0	Acetaldehído (I)
U001	75-07-0	Etanal (I)
U002	67-64-1	2-Propanona (I)

U002	67-64-1	Acetona (I)
U003	75-05-8	Acetonitrilo (I,T)
U004	98-86-2	1-feniletanona
U004	98-86-2	Acetofenona
U005	53-96-3	2-Acetilaminofluoreno
U005	53-96-3	N-9H-fluoreno-2-il-acetamida
U006	75-36-5	Cloruro de acetilo (C,R,T)
U007	79-06-1	2-Propenamida
U007	79-06-1	Acrilamida
U008	79-10-7	Acido acrílico (I)
U008	79-10-7	Acido 2-propenoico (I)
U009	107-13-1	2-Propenonitrilo
U009	107-13-1	Acilonitrilo
U010	50-07-7	Mitomycin C
U010	50-07-7	1,1a,2,8,8a,8b-hexahidro-8a-metoxi-5-metil-[1 <sup>a</sup> S-(1a alfa, 8 beta,8a alfa, 8balfa)]-6-amino-8-[[aminocarbonil) oxi]metil]-azirino [2',3':3,4]pirrol [1,2-a]indol-4,7-diona
U011	61-82-5	Amitrole
U011	61-82-5	1H-1,2,4-Triazol-3-amina
U012	62-53-3	Anilina (I,T)
U012	62-53-3	Bencenamina (I,T)
U014	492-80-8	4,4'-carbonimidoil bis-[N,N-dimetil-bencenamina]
U014	492-80-8	Auramina
U015	115-02-6	Azaserina
U015	115-02-6	L-Serina, diazoacetato (ester)
U016	225-51-4	Benzo (c) acridina
U017	98-87-3	Cloruro de benzol
U017	98-87-3	Diclorometil-benceno
U018	56-55-3	Benzo (a) antraceno
U019	71-43-2	Benceno (I,T)
U020	98-0-9	Cloruro de bencensulfonilo (C,R)
U020	98-0-9	Acido clorhídrico benzensulfónico (C,R)
U021	92-87-5	[1,1'-Bifenil]-4,4'-diamina
U021	92-87-5	Bencidina
U022	50-32-8	Benzo[a]pireno
U023	98-07-7	Benzotricloruro (C,R,T)
U023	98-07-7	Triclorometilbenceno
U024	111-91-1	1,1'-[metilen bis (oxi)] bis 2-cloro-etano
U024	111-91-1	Diclorometoxi etano
U025	111-44-4	1,1'-oxibis 2-cloro-etano
U025	111-44-4	Dicloroetil éter
U026	494-03-1	Clornafazin
U026	494-03-1	N,N'-bis (2-cloroetil)-Naftalenamina
U027	108-60-1	Dicloroisopropil éter
U027	108-60-1	2,2'-Oxibis (-2-cloro)-propano
U028	117-81-7	Acido 1,2-bencenodicarboxílico, bis (2-etil-hexil) éster
U028	117-81-7	Acido 1,2-becenodicarboxílico, dibutil éster
U028	117-81-7	Dietilhexil ftalato
U029	74-83-9	Bromometano
U029	74-83-9	Bromuro de Metilo
U030	101-55-3	4-Bromofenil fenil éter
U030	101-55-3	1-bromo-4-fenoxi-benceno
U031	71-36-3	1-Butanol (I)
U031	71-36-3	n-Butilalcohol (I)
U032	13765-19-0	Acido crómico H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> , sal de calcio
U032	13765-19-0	Cromato de calcio
U033	353-50-4	Difluoruro carbónico
U033	353-50-4	Oxifluoruro de carbono (R,T)
U034	75-87-6	Cloral
U034	75-87-6	Tricloro-acetaldehído
U035	305-03-3	Clorambucil
U035	305-03-3	Acido-4-[bis(2-cloroetil)amino]- bencenbutanoico
U036	57-74-9	hexahidro- 4,7-metano-1H- indeno, 1,2,4,5,6,7,8,8- octacloro- 2,3,3a,4,7,7a-alfa, Clordano e isómeros gama
U036	57-74-9	Clordano, isómeros alfa y gama
U037	108-90-7	Clorobenceno
U038	510-15-6	Clorobencilato
U038	510-15-6	Acido bencenacético, 4 cloro-alfa-(4- clorofenil)- alfa-hidroxi-etil éster
U039	59-50-7	4-Cloro-3-metil-fenol

U039	59-50-7	p-Cloro-m-cresol
U041	106-89-8	Epiclorhidrina
U041	106-89-8	Clorometil-oxirano
U042	110-75-8	2-Cloroetil vinil éter
U042	110-75-8	2-Cloroetoxietano
U043	75-01-4	Cloroeteno
U043	75-01-4	Cloruro de vinilo
U044	67-66-3	Cloroformo
U044	67-66-3	Triclorometano
U045	74-87-3	Clorometano (I,T)
U045	74-87-3	Cloruro de metilo (I,T)
U046	107-30-2	Clorometoximetano
U046	107-30-2	Clorometil metil éter
U047	91-58-7	beta-Cloronaftaleno
U047	91-58-7	2-Cloro-naftaleno
U048	95-57-8	2-Clorofenol
U048	95-57-8	o-Clorofenol
U049	3165-93-3	4-Cloro-2-metil-hidrocloruro de bencenammina
U049	3165-93-3	4-Cloro-o-toluidina, hidrocloruro
U050	218-01-9	Criseno
U051	---	Creosota
U052	1319-77-3	Metilfenol
U052	1319-77-3	Cresol (ácido cresílico)
U053	4170-30-3	Crotonaldehído
U053	4170-30-3	2-Butenal
U055	98-82-8	Cumeno (I)
U055	98-82-8	1-Metiletil-benceno (I)
U056	110-82-7	Hexahidrobenceno (I)
U056	110-82-7	Ciclohexano (I)
U057	108-94-1	Ciclohexanona (I)
U058	50-18-0	Ciclofosfamida
U058	50-18-0	2H,1,3,2-Oxazafosforin 2-amina,N,N- bis (2-cloroetil) tetrahidro, óxido
U059	20830-81-3	8acetil-10-[(3-amino-2,3,6-trideoxi)- alfa-1-ixo hexopiranosil)oxi]- 7,8,9,10-tetrahidro-6,8,11- trihidroxilmetoxi-(8S-cis)-5,12- Naftacendiona.
U059	20830-81-3	Daunomicin
U060	72-54-8	1,1'-( 2,2-dicloroetilideno) bis(4- clorobenceno)
U060	72-54-8	DDD
U061	50-29-3	DDT
U061	50-29-3	1,1'-(2,2,2-Tricloroetilideno) bis 4-cloro-benceno
U062	2303-16-4	Dialato
U062	2303-16-4	Acido carbamotióco, bis (1- metiletil)-,S-(2,3-dicloro-2- propenil) éster.
U063	53-70-3	Dibenzo [a,h] antraceno
U064	189-55-9	Dibenzo [a,i] pireno
U064	189-55-9	Benzo [rst] pentafeno
U066	96-12-8	1,2-Dibromo-3-cloropropano
U066	96-12-8	1,2-Dietil-hidracina
U067	106-93-4	1,2-Dibromo-etano
U067	106-93-4	Dibromuro de etileno
U068	74-95-3	Dibromometano
U068	74-95-3	Bromuro de metileno
U069	84-74-2	Dibutil ftalato
U070	95-50-1	1,2 Diclorobenceno
U070	95-50-1	o-Diclorobenceno
U071	541-73-1	m-Diclorobenceno
U071	541-73-1	1,3-Diclorobenceno
U072	106-46-7	1,4-Diclorobenceno
U072	106-46-7	p-Diclorobenceno
U073	91-94-1	3,3'-Diclorobencidina
U073	91-94-1	[1,1'-Bifenil]-4,4'-diamina, 3,3'-dicloro
U074	764-41-0	1,4-Dicloro-2-buteno (I,T)
U075	75-71-8	Diclorodifluorometano
U076	75-34-3	1,1-Dicloro-etano
U076	75-34-3	Dicloruro de etilideno
U077	107-06-2	Dicloruro de etileno
U077	107-06-2	1,2-Dicloroetano
U078	725-35-4	1,1-Dicloroeteno
U078	725-35-4	1,1-Dicloroetileno
U079	156-60-5	1,2-Dicloroeteno (E)
U079	156-60-5	1,2-Dicloroetileno

U080	75-09-2	Cloruro de metileno
U080	75-09-2	Diclorometano
U081	120-83-2	2,4-Diclorofenol
U082	87-65-0	2,6-Diclorofenol
U083	78-87-5	1,2-Dicloropropano
U083	78-87-5	Dicloruro de propileno
U084	542-75-6	1,3-Dicloropropeno
U084	542-75-6	1,3-Dicloro-1-propeno
U085	1464-53-5	2,2'-Bioxirano
U085	1464-53-5	1,2:3,4-Diepoixibutano (I,T)
U086	1615-80-1	N,N'-Dietilhidracina
U086	1615-80-1	1,2Dietilhidracina
U087	3288-58-2	Acido foroditióco,0,0-dietil S-metil éster
U087	3288-58-2	0,0-Dietil S-metil ditiofosfato
U088	84-66-2	Dietil ftalato
U088	84-66-2	Acido 1,2-benzenodicarboxílico, dietil éster
U089	56-53-1	Dietilestilbesterol
U090	94-58-6	Dihidrosafrole
U091	119-90-4	3,3'- Dimetoxibencidina
U091	119-90-4	[1,1'-Bifenil] -4,4'-diamina, 3,3'- dimetoxi
U092	124-40-3	Dimetilamina (I)
U092	124-40-3	N-metil-metanamina (I)
U093	60-11-7	N,N-dimetil-4- (fenilazo)- benenamina
U093	60-11-7	p-Dimetilaminoazobenceno
U094	57-97-6	7,12-Dimetilbenzo [a] Antraceno
U095	119-93-7	3,3'-Dimetilbencidina
U095	119-93-7	[1,1'-Bifenil] -4,4'-diamina,3,3'- dimetil
U096	80-15-9	1-Metil-1-feniletil-hidroperóxido (R)
U096	80-15-9	alfa, alfa-Dimetilbencil hidroperóxido (R)
U097	79-44-7	Dimetilcarbamoilo cloruro
U097	79-44-7	Dimetil cloruro carbámico
U098	57-14-7	1,1-Dimetilhidracina
U099	540-73-8	1,2-Dimetilhidracina
U101	105-67-9	2,4-Dimetilfenol
U102	131-11-3	Acido 1,2-becenodicarboxílico, dimetil éster
U102	131-11-3	Dimetilftalato
U103	77-78-1	Acido sulfúrico, dimetil éster
U103	77-78-1	Dimetil sulfato
U105	121-14-2	2,4-Dinitrotolueno
U105	121-14-2	1-Metil-2,4-dinitrobenceno
U106	606-20-2	2-Metil-1,3-dinitrobenceno
U106	606-20-2	2,6-Dinitrotolueno
U107	117-84-0	Di-n-octil ftalato
U107	117-84-0	Acido 1,2-benzenodicarboxílico, dioctil éster
U108	123-91-1	1,4-Dietilenóxido
U108	123-91-1	1,4- Dioxano
U109	122-66-7	1,2 - Difenilhidracina
U110	142-84-7	Dipropilamina (I)
U110	142-84-7	N-Propil-1-propanamina (I)
U111	621-64-7	N-Nitroso-N-Propil-1-propanamina
U111	621-64-7	Di-n-propilnitrosamina
U112	141-78-6	Acetato de etilo (I)
U112	141-78-6	Acido etil éster acético (I)
U113	140-88-5	Acido 2-propenoíco, etil éster
U113	140-88-5	Acrilato de etilo (I)
U114	{1} 111-54-6	Acido etilenbisditiocarbámico, sales y ésteres
U115	75-21-8	Oxido de etileno (I,T)
U115	75-21-8	Oxirano (I,T)
U116	96-45-7	2-Imidazolidinotona
U116	96-45-7	Etilentiourea
U117	60-29-7	1,1'-oxibis-etano (I)
U117	60-29-7	Etil éter (I)
U118	97-63-2	Metacrilato de etilo
U118	97-63-2	Acido 2-metil-2-propenoíco, etil éster
U119	62-50-0	Acido metanosulfónico, etil éster
U119	62-50-0	Metanosulfanato de etilo
U120	206-44-0	Fluoranteno
U121	75-69-4	Tricloromonofluorometano
U121	75-69-4	Triclorofluorometano



U122	50-00-0	Formaldehído
U123	64-18-6	Acido fórmico (C,T)
U124	110-00-9	Furfurano (I)
U124	110-00-9	Furano (I)
U125	98-01-1	2-Furancarboxaldehído (I)
U125	98-01-1	Furfural (I)
U126	765-34-4	Oxirancarboxilaldehído
U126	765-34-4	Glicidilaldehído
U127	118-74-1	Hexaclorobenceno
U128	87-68-3	Hexaclorobutadieno
U128	87-68-3	1,1,2,3,4,4-hexacloro-1,3- Butadieno
U129	58-89-9	1,2,3,4,5,6-hexacloro-(1alfa,2alfa,3beta,4alfa,5alfa,6beta)-ciclohexano
U129	58-89-9	Lindano
U130	77-47-4	Hexaclorociclopentadieno
U130	77-47-4	1,2,3,4,5,5-hexacloro-1,3- ciclopentadieno
U131	67-72-1	Hexacloroetano
U132	70-30-4	Hexaclorofeno
U132	70-30-4	2,2'-metilenbis [3,4,6-tricloro]-fenol
U133	302-01-2	Hidracina (R,T)
U134	7664-39-3	Acido fluorhídrico (C,T)
U134	7664-39-3	Fluoruro de hidrógeno (C,T)
U135	7783-06-4	Sulfuro de hidrógeno H2S
U136	75-60-5	Oxido de hidroxidimetilarsina
U136	75-60-5	Acido dimetil arsínico
U137	193-39-5	Indeno[1,2,3-cd] pireno
U138	74-88-4	Ioduro de metilo
U138	74-88-4	Iodometano
U140	78-83-1	2-Metil-1-propanol (I,T)
U140	78-83-1	Isobutil alcohol (I,T)
U141	120-58-1	Isosafrole
U142	143-50-0	Kepone
U142	143-50-0	1,1a,3,3a,4,5,5,5a,5b,6Decaclorooctahidro-1,3,4-meteno- 2H-ciclobuta [cd] pentalen-2-ona
U143	303-34-4	Lasiocarpine
U144	301-04-2	Acido acético, sal de plomo (2+)
U144	301-04-2	Acetato de plomo
U145	7446-27-7	Acido fosfórico, plomo (2+) sal (2:3)
U145	7445-27-7	Fosfato de plomo
U146	1335-32-6	Subacetato de plomo
U146	1335-32-6	bis-(acetalo-0)-tetrahidroxitriplomo
U147	108-31-6	Anhídrido maleíco
U147	108-31-6	2,5-Furandiona
U148	123-33-1	Hidracida maleíca
U149	109-77-3	Malononitrilo
U149	109-77-3	Propanodinitrilo
U150	148-82-3	4-[bis(2-cloroetil)amino]-L-fenilalanina
U150	148-82-3	Melfalen
U151	7439-97-6	Mercurio
U152	126-98-8	2-Metil-2-propenonitrilo (I,T)
U152	126-98-8	Metacrilonitrilo (I,T)
U153	74-93-1	Tiometanol (I,T)
U153	74-93-1	Metanotiol (I,T)
U154	67-56-1	Metil alcohol
U154	67-56-1	Metanol (I)
U155	91-80-5	Metapirileno
U155	91-80-5	1,2-Etanodiamina, N,N-dimetil-N'-2-piridinil-N'-(2-tienilmetil)
U156	79-22-1	Acido carbono clorhídrico, metil éster (I,T)
U156	79-22-1	Clorocarbonato de metilo (I,T)
U157	56-49-5	1,2-Dihidro-3-metil-benzo (J) aceantrileno
U157	56-49-5	3-Metilclorantreno
U158	101-14-4	4,4'-Metilenbis (2-cloroanilina)
U158	101-14-4	4,4'-metileno bis (2-cloro)- bencenamina
U159	78-93-3	2-Butanona (I,T)
U159	78-93-3	Metil etil cetona (I,T)
U160	1338-23-4	Metil etil cetona peróxido (R,T)
U160	1338-23-4	2-Butanona, peroxido (R,T)
U161	108-10-1	4-Metil-2-pentanona (1)
U161	108-10-1	4-metil-pentanol
U161	108-10-1	Metil isobutil cetona (I)

U162	80-62-6	Acido-2-metil-2-propenoico, metil éster (I,T)
U162	80-62-6	Metacrilato de metilo (I,T)
U163	70-25-7	MNNG
U163	70-25-7	N-Metil-N'-nitro-N-nitroso-guanidina
U164	56-04-2	Metiltiouracil
U165	91-20-3	Naftaleno
U166	130-15-4	1,4-Naftalendiona
U166	130-15-4	1,4-Naftoquinona
U167	134-32-7	1-Naftalenamina
U167	134-32-7	alfa-Naftilamina
U168	91-59-8	beta -Naftilamina
U168	91-59-8	2-Naftalenamina
U169	98-95-3	Nitrobenceno (I,T)
U170	100-02-7	p-Nitrofenol
U170	100-02-7	4-Nitrofenol
U171	79-46-9	2-Nitropropano (I,T)
U172	924-16-3	N-butil-N-nitroso-1-Butanamina
U172	924-16-3	N-Nitrosodi-n-butilamina
U173	1116-54-7	2,2'-(nitrosoimino) bis etanol
U173	1116-54-7	N-Nitrosodietanolamina
U174	55-18-5	N-Nitrosodietilamina
U174	55-18-5	N-etil-N-nitroso-etanamina
U176	759-73-9	N-etil-N-nitroso -urea
U176	759-73-9	N-Nitroso-N-etilurea
U177	684-93-5	N-Nitroso-N-metilurea
U177	684-93-5	N-metil-N-Nitroso-urea
U178	615-53-2	N-Nitroso-N-metiluretano
U178	615-53-2	Acido carbámico, metil nitroso-, etil éster
U179	100-75-4	N-Nitrosopiperidina
U179	100-75-4	1-Nitrosopiperidina
U180	930-55-2	1-Nitroso-pirrolidina
U180	930-55-2	N-Nitrosopirrolidina
U181	99-55-8	2-metil-5-nitro-bencenamina
U181	99-55-8	5-Nitro-o-toluidina
U182	123-63-7	Paraldehído
U182	123-63-7	2,4,6-Trimetil-1,3,5-trioxano
U183	608-93-5	Pentaclorobenceno
U184	76-01-7	Pentacloroetano
U185	82-68-8	Pentacloronitrobenceno (PCNB)
U186	504-60-9	1-Metil butadieno (I)
U186	504-60-9	1,3-Pentadieno (I)
U187	62-44-2	N-(4-etoxifenil)-acetamida
U187	62-44-2	Fenacetín
U188	108-95-2	Fenol
U189	1314-80-3	Fosfuro de azufre (R)
U190	85-44-9	Anhídrido ftálico
U190	85-44-9	1,3-Isobenzofurandiona
U191	109-06-8	2-Picolina
U191	109-06-8	2-metil Pyridina
U192	23950-58-5	Pronamida
U192	23950-58-5	3,5-dicloro-N-(1,1- dimetil- 2- propinil)-benzamida
U193	1120-71-4	1,3-Propanosulfona
U193	1120-71-4	2,2-Dióxido-1,2-oxatiolano
U194	107-10-8	1-Propanamina (I,T)
U194	107-10-8	n-Propilamina (I,T)
U196	110-86-1	Piridina
U197	106-51-4	p-Benzoquinona
U197	106-51-4	2,5-Ciclohexadieno-1,4-diona
U200	50-55-5	Reserpina
U201	108-46-3	1,3-Bencenodiol
U201	108-46-3	Resorcinol
U202	{1} 81-07-2	Sacarin y sus sales
U202	{1} 81-07-2	1,2-Benzoisotiasol-3 (2H)-ona, 1,1-dióxido, y sales
U203	94-59-7	Safrole
U204	7783-00-8	Dióxido de selenio
U204	7783-00-8	Acido selenioso
U205	7488-56-4	Sulfuro de selenio (R,T)
U206	18883-66-4	2-Deoxi-2-(3-metil- 3- nitrosoureído)-D-glucopiranososa
U206	18883-66-4	2-Deoxi-2-[[metilnitrosoamino)- carbonil]amino]-D-glucosa

U206	18883-66-4	Streptozotocin
U207	95-94-3	1,2,4,5-Tetraclorobenceno
U208	630-20-6	1,1,1,2-Tetracloroetano
U209	79-34-5	1,1,2,2-Tetracloroetano
U210	127-18-4	Tetracloroeteno
U210	127-18-4	Tetracloroetileno
U211	56-23-5	Tetraclorometano
U211	56-23-5	Tetracloruro de carbono
U213	109-99-9	Tetrahidrofurano (I)
U214	563-68-8	Acetato de talio (I)
U214	563-68-8	Acido acético, sal de talio (1+)
U215	6533-73-9	Acido carbónico, ditalio (1+) sal.
U215	6533-73-9	Carbonato de talio (I)
U216	7791-12-0	Cloruro de talio (I)
U217	7791-12-0	Acido nítrico, sal de talio (1+)
U217	10102-45-1	Nitrato de talio (I)
U218	62-55-5	Tioacetamida
U218	62-55-5	Etanotioamida
U219	62-56-6	Tiurea
U220	108-88-3	Metilbenceno
U220	108-88-3	Tolueno
U221	25376-45-8	Toluendiamina
U221	25376-45-8	Ar-metil bencenodiamida
U222	636-21-5	o-Toluidina hidrocioruro
U222	636-21-5	2-metil-hidrocioruro de bencenamina
U223	26471-62-5	Diisocianato de Tolueno (R,T)
U223	26471-62-5	1,3-Diisocianato metil benceno (R,T)
U225	75-25-2	Tribromometano
U225	75-25-2	Bromoformo
U226	71-55-6	1,1,1-Tricloroetano
U226	71-55-6	Metil cloroformo
U227	79-00-5	1,1,2-Tricloroetano
U228	79-01-6	Tricloroeteno
U228	79-01-6	Tricloroetileno
U234	99-35-4	1,3,5-Trinitrobenceno (R,T)
U235	126-72-7	Fosfato de 2,3-dibromo-1-propanol (3:1)
U235	126-72-7	Tris (2,3-dibromopropil) fosfato
U236	72-57-1	Tripan azul
U236	72-57-1	Acido 2,7-Naftalendisulfónico, 3,3'- dimetil [1,1'-bifenil]-4,4'-diyl]) bis (azo) bis [5-amino-4-hidroxi], sal tetrasodio
U237	66-75-1	5-[bis(2-cloroetil) amino]-2,4 - (1H,3H)-pirimidindiona
U237	66-75-1	Uracilo Mustard
U238	51-79-6	Etil carbamato (uretano)
U238	51-79-6	Acido carbámico, etil éster
U239	1330-20-7	Xileno (I)
U239	1330-20-7	Dimetilbenceno (I)
U240	{1} 94-75-7	Acido-(2,4-diclorofenoxi)-acético, sales y ésteres
U240	{1} 94-75-7	2,4-D, sales y ésteres
U243	1888-71-7	1,1,2,3,3,3-Hexacloro-1-propeno
U243	1888-71-7	Hexacloropropeno
U244	137-26-8	Thiram
U246	506-68-3	Bromuro de cianógeno (CN)Br.
U247	72-43-5	Metoxiclor
U247	72-43-5	1,1'-(2,2,2-Tricloroetilideno) bis 4-metoxi-benceno
U248	{1} 81-81-2	Benzo [a] pireno
U248	{1} 81-81-2	2H-1-Benzopiran-2-ona, 4-hidroxi-3- (3-oxo-1-fenil-butil) y sales, cuando están presentes en concentraciones de 0,3% o menor.
U248	{1} 81-81-2	Warfarina y sus sales, cuando están presentes en concentraciones de 0,3% o menores.
U249	1314-84-7	Fosfuro de cinc Zn3P2, cuando está presente en concentraciones de 10% o menor.
U328	95-53-4	o-Toluidina
U328	95-53-4	2-Metil-bencenamina
U353	106-49-0	4-Metil-bencenamina
U353	106-49-0	p-Toluidina
U359	110-80-5	Etilenglicol monoetil éter
U359	110-80-5	2-Etoxietanol

**Artículo 90** Los listados de residuos para la aplicación del artículo 19 son los siguientes:

**LISTA A**

**RESIDUOS PELIGROSOS**

**A1 RESIDUOS METALICOS O QUE CONTENGAN METALES**

- A1010 Residuos metálicos y residuos que contengan aleaciones de cualquiera de las siguientes sustancias:
- Antimonio
  - Arsénico
  - Berilio
  - Cadmio
  - Plomo
  - Mercurio
  - Selenio
  - Telurio
  - Talio

excluidos los residuos que figuran específicamente en la Lista B del presente Artículo.

- A1020 Residuos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluidos los residuos metálicos en forma masiva, cualquiera de las siguientes sustancias:

- Antimonio; compuestos de antimonio
- Berilio; compuestos de berilio
- Cadmio; compuestos de cadmio
- Plomo; compuestos de plomo
- Selenio; compuestos de selenio
- Telurio; compuestos de telurio

- A1030 Residuos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes:

- Arsénico; compuestos de arsénico
- Mercurio; compuestos de mercurio
- Talio; compuestos de talio

- A1040 Residuos que tengan como constituyentes cualquiera de las siguientes sustancias:

- Carbonilos metálicos
- Compuestos de cromo hexavalente

- A1050 Lodos galvánicos

- A1060 Baños residuales del decapaje de metales

- A1070 Residuos de lixiviación del procesamiento del zinc, polvos y lodos como jarosita, hematites, etc.

- A1080 Residuos de zinc no incluidos en la Lista B del presente Artículo, que contengan plomo y cadmio en concentraciones tales que hagan que el residuo presente alguna característica de peligrosidad.

- A1090 Cenizas de la incineración o quema de cables de cobre recubiertos con aislantes.

- A1100 Polvos y residuos de los sistemas de depuración de gases de las fundiciones de cobre

- A1110 Soluciones electrolíticas usadas de las operaciones de electro refinación y electro obtención del cobre

- A1120 Lodos residuales de los sistemas de depuración electrolítica en las operaciones de electro refinación y electro obtención del cobre, excluidos los barros anódicos

- A1129 Barros anódicos cuyo contenido de plata sea inferior a 17% y su contenido de oro sea inferior a 0,18%

- A1130 Soluciones de ácidos para grabar usadas que contengan cobre disuelto

- A1140 Residuos de catalizadores de cloruro cúprico y de cianuro de cobre

- A1150 Cenizas de metales preciosos procedentes de la incineración de circuitos impresos no incluidos en la Lista B del presente Artículo, que presentan alguna característica de peligrosidad

- A1160 Baterías de plomo desechadas, enteras o trituradas.
- A1170 Baterías desechadas sin seleccionar, excluidas mezclas de baterías sólo de la Lista B del presente Artículo. Baterías desechadas no incluidas en la Lista B del presente Artículo que contengan constituyentes de la Lista II del artículo 18 en concentraciones tales que hagan que el residuo presente alguna característica de peligrosidad
- A1180 Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o chatarras de éstos que contengan componentes como baterías incluidas en la presente Lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitores de PCB, o contaminados con constituyentes de la Lista II del artículo 18 (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en concentraciones tales que hagan que el residuo presente alguna característica de peligrosidad (véase la entrada correspondiente B1110 en la Lista B del presente Artículo)

**A2 RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS, QUE PUEDAN CONTENER METALES O MATERIA ORGÁNICA**

- A2010 Residuos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados.
- A2020 Residuos de compuestos inorgánicos de flúor en forma de líquidos o lodos, pero excluidos los residuos de ese tipo especificados en la Lista B del presente Artículo.
- A2030 Residuos de catalizadores, excluidos los residuos de este tipo especificados en la Lista B del presente Artículo.
- A2040 Yeso residual procedente de procesos de la industria química, si contiene constituyentes de la Lista II de Residuos Peligrosos en concentraciones que hagan que el residuo presente alguna característica de peligrosidad (véase la entrada correspondiente B2080, en la Lista B del presente Artículo).
- A2050 Residuos de asbesto (polvo y fibras).
- A2060 Cenizas volátiles de centrales eléctricas de carbón que contengan constituyentes de la Lista II de Residuos Peligrosos en concentraciones que hagan que el residuo presente alguna característica de peligrosidad (véase la entrada correspondiente B2050 en la Lista B del presente Artículo)

**A3 RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES ORGÁNICOS, QUE PUEDAN CONTENER METALES Y MATERIALES INORGÁNICOS**

- A3010 Residuos resultantes de la producción o el procesamiento de coque de petróleo y asfalto
- A3020 Aceites minerales desechados no aptos para el uso al que estaban destinados
- A3030 Residuos que contengan, consistan o estén contaminados por lodos de compuestos antidetonantes plomados
- A3040 Residuos de fluidos térmicos (transferencia de calor)
- A3050 Residuos resultantes de la producción, formulación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas/adhesivos excluidos aquellos residuos especificados en la Lista B del presente Artículo (véase el apartado correspondiente B4020 en la Lista B del presente Artículo)
- A3060 Nitrocelulosa residual
- A3070 Residuos de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma de líquidos o de lodos
- A3080 Residuos de éteres excepto aquellos especificados en la Lista B del presente Artículo
- A3090 Residuos de cuero en forma de polvo, cenizas, lodos y harinas que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas (véase el apartado correspondiente B3100 en la Lista B del presente Artículo)
- A3100 Recortes y otros residuos del cuero o de cuero regenerado que no sirvan para la fabricación de artículos de cuero, que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas (véase el apartado correspondiente B3090 en la Lista B del presente Artículo)
- A3110 Residuos del curtido de pieles que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas (véase el apartado correspondiente B3110 en la Lista B del presente Artículo)
- A3120 Pelusas - fragmentos ligeros resultantes del desmenuzamiento

- A3130 Residuos de compuestos orgánicos de fósforo
- A3140 Residuos de solventes orgánicos no halogenados pero con exclusión de los residuos especificados en la Lista B del presente Artículo
- A3150 Residuos de solventes orgánicos halogenados
- A3160 Residuos de destilación no acuosos halogenados o no halogenados derivados de operaciones de recuperación de solventes orgánicos
- A3170 Residuos resultantes de la producción de hidrocarburos halogenados alifáticos (tales como clorometano, dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de alilo y epicloridrina)
- A3180 Residuos, sustancias y artículos que contienen, consisten o están contaminados con bifenilo policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB), o cualquier otro compuesto polibromado análogo, con una concentración de igual o superior a 50 mg/kg
- A3190 Residuos alquitranados (con exclusión de los cementos asfálticos) resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico de materiales orgánicos

#### **A4 RESIDUOS QUE PUEDEN CONTENER CONSTITUYENTES INORGÁNICOS U ORGÁNICOS**

- A4010 Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos farmacéuticos, pero con exclusión de los residuos especificados en la Lista B del presente Artículo
- A4020 Residuos clínicos y afines; es decir residuos resultantes de prácticas médicas, de enfermería, dentales, veterinarias o actividades similares, y residuos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación o el tratamiento de pacientes, o de proyectos de investigación
- A4030 Residuos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de residuos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados, o no aptos para el uso previsto originalmente
- A4040 Residuos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera
- A4050 Residuos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes:
  - Cianuros inorgánicos, con excepción de residuos que contienen metales preciosos, en forma sólida, con trazas de cianuros inorgánicos
  - Cianuros orgánicos
- A4060 Residuos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua
- A4070 Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los residuos especificados en la Lista B del presente Artículo (véase el apartado B4010 de la Lista B del presente Artículo)
- A4080 Residuos de carácter explosivo (pero con exclusión de los residuos especificados en la Lista B del presente Artículo)
- A4090 Residuos de soluciones ácidas o básicas, distintas de las especificadas en el apartado B2120 de la Lista B del presente Artículo
- A4100 Residuos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales, pero con exclusión de los residuos especificados en la Lista B del presente Artículo
- A4110 Residuos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes:
  - Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
  - Cualquier sustancia del grupo de las dibenzodioxinas policloradas
- A4120 Residuos que contienen, consisten o están contaminados con peróxidos
- A4130 Envases y contenedores de residuos que contienen sustancias incluidas en la Lista II del artículo 18, en concentraciones suficientes como para mostrar características de peligrosidad

A4140 Residuos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o caducados correspondientes a las categorías de la Lista II del artículo 18 y que muestran características de peligrosidad

A4150 Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan

A4160 Carbono activado consumido no incluido en la Lista B del presente Artículo (véase el correspondiente apartado B2060 de la Lista B del presente Artículo)

### **Lista B**

#### **Residuos No Peligrosos**

#### **B1 RESIDUOS DE METALES Y RESIDUOS QUE CONTENGAN METALES**

B1010 Residuos de metales y de aleaciones de metales, en forma metálica y no dispersable:

- Metales preciosos (oro, plata, el grupo del platino, pero no el mercurio)
- Chatarra de hierro y acero
- Chatarra de cobre
- Chatarra de níquel
- Chatarra de aluminio
- Chatarra de zinc
- Chatarra de estaño
- Chatarra de tungsteno
- Chatarra de molibdeno
- Chatarra de tántalo
- Chatarra de magnesio
- Chatarra de cobalto
- Chatarra de bismuto
- Chatarra de titanio
- Chatarra de zirconio
- Chatarra de manganeso
- Chatarra de germanio
- Chatarra de vanadio\*
- Chatarra de hafnio, indio, niobio, renio y galio
- Chatarra de torio
- Chatarra de tierras raras

B1020 Chatarra de metal limpia, no contaminada, incluidas las aleaciones, en forma acabada en bruto (láminas, chapas, vigas, barras, etc), de:

- Residuos de antimonio
- Chatarra de berilio
- Chatarra de cadmio
- Chatarra de plomo (pero con exclusión de las baterías de plomo)
- Chatarra de selenio
- Chatarra de telurio

B1030 Metales refractarios que contengan residuos

B1040 Chatarra resultante de la generación de energía eléctrica, no contaminada con aceite lubricante, PCB o PCT en una cantidad que la haga peligrosa

B1050 Fracción pesada de la chatarra de mezcla de metales no ferrosos que no contenga sustancias de la Lista II del artículo 18 en una concentración suficiente como para mostrar características de peligrosidad

B1060 Residuos de selenio y telurio en forma metálica elemental, incluido el polvo de estos elementos

B1070 Residuos de cobre y de aleaciones de cobre en forma dispersable, a menos que contengan constituyentes de la Lista II del artículo 18 en una cantidad tal que les confiera alguna de las características de peligrosidad

B1080 Ceniza y residuos de zinc, incluidos los residuos de aleaciones de zinc en forma dispersable, a menos que contengan constituyentes de la Lista II del artículo 18 en una concentración tal que les confiera alguna de las características de peligrosidad

- B1090 Baterías de desecho que se ajusten a una especificación, con exclusión de los fabricados con plomo, cadmio o mercurio
- B1100 Residuos que contienen metales resultantes de la fusión, fundición y refinación de metales:
- Peltre de zinc duro
  - Escorias que contengan zinc:
  - Escorias de la superficie de planchas de zinc para galvanización (>90% Zn)
  - Escorias del fondo de planchas de zinc para galvanización (>92% Zn)
  - Escorias de zinc de la fundición en coquilla (>85% Zn)
  - Escorias de planchas de zinc de galvanización por inmersión en caliente (carga) (>92% Zn)
  - Espumados de zinc
  - Espumados de aluminio (o espumas) con exclusión de la escoria de sal
  - Escorias de la elaboración del cobre destinado a una elaboración o refinación posteriores, que no contengan arsénico, plomo o cadmio en cantidad tal que les confiera características de peligrosidad
  - Residuos de revestimientos refractarios, con inclusión de crisoles, derivados de la fundición del cobre
  - Escorias de la elaboración de metales preciosos destinados a una refinación posterior
  - Escorias de estaño que contengan tántalo, con menos del 0,5% de estaño
- B1110 Montajes eléctricos y electrónicos:
- Montajes electrónicos que consistan sólo en metales o aleaciones
  - Residuos o chatarra de montajes eléctricos o electrónicos(13) (incluidos los circuitos impresos) que no contengan componentes tales como baterías incluidas en la Lista A del presente Artículo, interruptores de mercurio, vidrio procedente de tubos de rayos catódicos u otros vidrios activados ni condensadores de PCB, o no estén contaminados con sustancias de la Lista II del artículo 18 (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) o de los que esos componentes se hayan extraído hasta el punto de que no muestren ninguna característica de peligrosidad (véase el apartado A1180 de la Lista A del presente Artículo)
  - Montajes eléctricos o electrónicos (incluidos los circuitos impresos, componentes electrónicos y cables) destinados a una reutilización directa, y no al reciclado o a la eliminación final
- B1120 Catalizadores agotados, con exclusión de líquidos utilizados como catalizadores, que contengan alguno de los siguientes elementos:
- Metales de transición, con exclusión de catalizadores de desecho (catalizadores agotados, catalizadores líquidos usados u otros catalizadores) de la lista A:
    - escandio
    - vanadio
    - manganeso
    - cobalto
    - cobre
    - itrio
    - niobio
    - hafnio
    - tungsteno
    - titanio
    - cromo
    - hierro
    - níquel
    - zinc
    - circonio
    - molibdeno
    - tántalo
    - renio
  - Lantánidos (metales del grupo de las tierras raras):
    - lantano
    - praseodimio
    - samario
    - gadolinio
    - disprosio
    - terbio
    - iterbio
    - cerio



- neodimio
- europio
- terbio
- holmio
- tulio
- lutecio

- B1130 Catalizadores agotados limpios que contengan metales preciosos
- B1140 Residuos que contengan metales preciosos en forma sólida, con trazas de cianuros inorgánicos
- B1150 Residuos de metales preciosos y sus aleaciones (oro, plata, el grupo de platino, pero no el mercurio) en forma dispersable, no líquida, con un embalaje y etiquetado adecuados
- B1160 Cenizas de metales preciosos resultantes de la incineración de circuitos impresos (véase el correspondiente apartado de la lista A A1150)
- B1170 Cenizas de metales preciosos resultantes de la incineración de películas fotográficas
- B1180 Residuos de películas fotográficas que contengan haluros de plata y plata metálica
- B1190 Residuos de papel para fotografía que contengan haluros de plata y plata metálica
- B1200 Escoria granulada resultante de la fabricación de hierro y acero
- B1210 Escoria resultante de la fabricación de hierro y acero, con inclusión de escorias que sean una fuente de TiO<sub>2</sub> y vanadio
- B1220 Escoria de la producción del zinc, químicamente estabilizada, con un elevado contenido de hierro (más de 20%) y elaborado de conformidad con especificaciones industriales (por ejemplo, DIN 4301) sobre todo con fines de construcción
- B1230 Escamas de laminado resultantes de la fabricación de hierro y acero
- B1240 Escamas de laminado del óxido de cobre

**B2 RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS, QUE A SU VEZ PUEDAN CONTENER METALES Y MATERIALES ORGÁNICOS**

- B2010 Residuos resultantes de actividades mineras, en forma no dispersable:
  - Residuos de grafito natural
  - Residuos de pizarra, estén o no recortados en forma basta o simplemente cortados mediante aserrado o de otra manera
  - Residuos de mica
  - Residuos de leucita, nefelina y sienita nefelínica
  - Residuos de feldespato
  - Desecho de espato flúor
  - Residuos de sílice en forma sólida, con exclusión de los utilizados en operaciones de fundición
- B2020 Residuos de vidrios en forma no dispersable:
  - Desperdicios de vidrios rotos y otros residuos y chatarra de vidrios, con excepción del vidrio de los tubos rayos catódicos y otros vidrios activados
- B2030 Residuos de cerámica en forma no dispersable:
  - Residuos y escorias de cerametal (compuestos metalocerámicos)
  - Fibras de base cerámica no especificadas o incluidas en otro lugar
- B2040 Otros desperdicios que contengan principalmente constituyentes inorgánicos:
  - Sulfato de calcio parcialmente refinado resultante de la desulfurización del gas de combustión
  - Residuos de tablas o planchas de yeso resultantes de la demolición de edificios
  - Escorias de la producción de cobre, químicamente estabilizadas, con un elevado contenido de hierro (más de 20%) y elaboradas de conformidad con especificaciones industriales (por ejemplo DIN 4301 y DIN 8201) principalmente con fines de construcción y de abrasión
  - Azufre en forma sólida
  - Piedra caliza resultante de la producción de cianamida de calcio (con un Ph inferior a 9)

- Cloruros de sodio, potasio, calcio
- Carborundo (carburo de silicio)
- Hormigón en cascotes
- Chatarra de vidrio que contengan litio - tántalo y litio - niobio

- B2050 Cenizas volantes de centrales eléctricas a carbón, no incluidas en la Lista A del presente Artículo (véase el apartado A2060 de la Lista A del presente Artículo)
- B2060 Carbón activado consumido resultante del tratamiento del agua potable y de procesos de la industria alimentaria y de la producción de vitaminas (véase el apartado correspondiente A4160 de la Lista A del presente artículo)
- B2070 Lodo de fluoruro de calcio
- B2080 Residuos de yeso resultante de procesos de la industria química no incluidos en la Lista A el presente Artículo (véase el apartado A2040 de la Lista A del presente Artículo)
- B2090 Residuos de ánodos resultantes de la producción de acero o aluminio, hechos de coque de petróleo o alquitrán y limpiados con arreglo a las especificaciones normales de la industria (con exclusión de los residuos de ánodos resultantes de la electrólisis de álcalis de cloro y de la industria metalúrgica)
- B2100 Residuos de hidratos de aluminio y residuos de alúmina, y residuos de la producción de alúmina, con exclusión de los materiales utilizados para la depuración de gases, o para los procesos de floculación o filtrado
- B2110 Residuos de bauxita ("barro rojo") (pH moderado a menos de 11,5)
- B2120 Residuos de soluciones ácidas o básicas con un pH superior a 2 o inferior a 11,5, que no muestren otras características corrosivas o peligrosas (véase el apartado A4090 de la Lista A del presente Artículo)

**B3 RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES ORGÁNICOS, QUE PUEDEN CONTENER METALES Y MATERIALES INORGÁNICOS**

- B3010 Residuos sólidos de material plástico:

Los siguientes materiales plásticos o sus mezclas, siempre que no estén mezclados con otros residuos y estén preparados con arreglo a una especificación:

- Residuos de material plástico de polímeros y copolímeros no halogenados, con inclusión de los siguientes, pero sin limitarse a ellos:

- etileno
- estireno
- polipropileno
- tereftalato de polietileno
- acrilonitrilo
- butadieno
- poliacetálos
- poliamidas
- tereftalato de polibutileno
- policarbonatos
- poliéteres
- sulfuros de polifenilenos
- polímeros acrílicos
- alcanos C10 - C13 (plastificantes)
- poliuretano (que no contenga CFC)
- polisiloxanos
- polimetil de metacrilato
- alcohol polivinílico
- butiral de polivinilo
- polivinil acetato

- Residuos de resinas curadas o productos de condensación, con inclusión de los siguientes:

- resinas de formaldehídos de urea
- resinas de formaldehídos de fenol
- resinas de formaldehído de melamina
- resinas epoxicas
- resinas alquíficas

- poliamidas

- Los siguientes residuos de polímeros fluorados:

- Perfluoroetileno/propileno (FEP)
- Perfluoroalkoxi - alcano (PFA)
- Perfluoroalkoxi - alcano (MFA)
- Fluoruro de polivinilo (PVF)
- Fluoruro de polivinilideno (PVDF)

#### B3020 Residuos de papel, cartón y productos del papel

Los materiales siguientes, siempre que no estén mezclados con residuos peligrosos:

- Residuos y desperdicios de papel o cartón de:

- papel o cartón no blanqueado o papel o cartón corrugado
- otros papeles o cartones, hechos de pulpa blanqueada químicamente, no coloreada en la masa
- papel o cartón hecho principalmente de pulpa mecánica (por ejemplo, periódicos, revistas y materiales impresos similares) otros, con inclusión, pero sin limitarse a:
  - 1) cartón laminado,
  - 2) desperdicios no seleccionados

#### B3030 Residuos de textiles

Los siguientes materiales, siempre que no estén mezclados con otros residuos y estén preparados con arreglo a una especificación:

- Residuos de seda (con inclusión de cocuyos inadecuados para el devanado, residuos de hilados y de materiales en hilachas)
- que no estén cardados ni peinados
- otros
- Residuos de lana o de pelo animal, fino o basto, con inclusión de residuos de hilados pero con exclusión del material en hilachas
- borras de lana o de pelo animal fino
- otros residuos de lana o de pelo animal fino
- residuos de pelo animal
- Residuos de algodón, (con inclusión de los residuos de hilados y material en hilachas)
- residuos de hilados (con inclusión de residuos de hilos)
- material deshilachado
- otros
- Estopa y residuos de lino
- Estopa y residuos (con inclusión de residuos de hilados y de material deshilachado) de cáñamo verdadero (*Cannabis sativa* L.)
- Estopa y residuos (con inclusión de residuos de hilados y de material deshilachado) de yute y otras fibras textiles bastas (con exclusión del lino, el cáñamo verdadero y el ramio)
- Estopa y residuos (con inclusión de residuos de hilados y de material deshilachado) de sisal y de otras fibras textiles del género *Agave*
- Estopa, borras y residuos (con inclusión de residuos de hilados y de material deshilachado) de coco
- Estopa, borras y residuos (con inclusión de residuos de hilados y de material deshilachado) de abaca (cáñamo de Manila o *Musa textilis* Nee)
- Estopa, borras y residuos (con inclusión de residuos de hilados y material deshilachado) de ramio y otras fibras textiles vegetales, no especificadas o incluidas en otra parte
- Residuos (con inclusión de borras, residuos de hilados y de material deshilachado) de fibras no naturales
- de fibras sintéticas
- de fibras artificiales
- Ropa usada y otros artículos textiles usados
- Trapos usados, bramantes, cordelería y cables de desecho y artículos usados de bramante, cordelería o cables de materiales textiles seleccionados
- otros

#### B3040 Residuos de caucho

- Los siguientes materiales, siempre que no estén mezclados con otros residuos:

- Residuos de caucho duro (por ejemplo, ebonita)
- Otros residuos de caucho (con exclusión de los residuos especificados en otro lugar)

- B3050 Residuos de corcho y de madera no elaborados:
- Residuos de madera, estén o no aglomerados en troncos, briquetas, bolas o formas similares
  - Residuos de corcho: corcho triturado, granulado o molido
- B3060 Residuos resultantes de las industrias agroalimentarias siempre que no sean infecciosos:
- Borra de vino
  - Residuos y subproductos vegetales secos y esterilizados, estén o no en forma de pellets, del tipo utilizado como pienso, no especificados o incluidos en otro lugar
  - Productos desgrasados: residuos resultantes del tratamiento de sustancias grasas o de ceras animales o vegetales
  - Residuos de huesos y de médula de cuernos, no elaborados, desgrasados, o simplemente preparados (pero sin que se les haya dado forma), tratados con ácido o desgelatinizados
  - Residuos de pescado
  - Cáscaras, cortezas, pieles y otros residuos del cacao
  - Otros residuos de la industria agroalimentaria, con exclusión de subproductos que satisfagan los requisitos y normas nacionales e internacionales para el consumo humano o animal
- B3070 Los siguientes residuos:
- Residuos de pelo humano
  - Paja de desecho
  - Micelios de hongos desactivados resultantes de la producción de penicilina para su utilización como piensos
- B3080 Residuos y recortes de caucho
- B3090 Recortes y otros residuos de cuero o de cuero aglomerado, no aptos para la fabricación de artículos de cuero, con exclusión de los lodos de cuero que no contengan biocidas o compuestos de cromo hexavalente (véase el apartado correspondiente A3100 de la Lista A del presente Artículo)
- B3100 Polvo, cenizas, lodos o harinas de cueros que no contengan compuestos de cromo hexavalente ni biocidas (véase el apartado A3090 en la Lista A del presente Artículo)
- B3110 Residuos de curtido de pieles que no contengan compuestos de cromo hexavalente ni biocidas ni sustancias infecciosas (véase el apartado A3110 de la Lista A del presente Artículo)
- B3120 Residuos consistentes en colorantes alimentarios
- B3130 Éteres polímeros de desecho y éteres monómeros inocuos de desecho que no puedan formar peróxidos
- B3140 Cubiertas neumáticas de desecho, excluidas las destinadas a las operaciones de la Letra A) del artículo 86.

#### **B4 RESIDUOS QUE PUEDAN CONTENER COMPONENTES INORGÁNICOS U ORGÁNICOS**

- B4010 Residuos integrados principalmente por pinturas de látex o con base de agua, tintas y barnices endurecidos que no contengan disolventes orgánicos, metales pesados ni biocidas en tal grado que los convierta en peligrosos (véase el apartado A4070 en la Lista A del presente Artículo)
- B4020 Residuos procedentes de la producción, formulación y uso de resinas, látex, plastificantes, colas/adhesivos, que no figuren en la Lista A del presente Artículo, sin disolventes ni otros contaminantes en tal grado que no presenten características del anexo III, por ejemplo, con base de agua, o colas con base de almidón de caseína, dextrina, éteres de celulosa, alcoholes de polivinilo (véase el apartado A3050 en la Lista A del presente Artículo)
- B4030 Cámaras de un solo uso usadas, con baterías no incluidas en la Lista A del presente Artículo.

**Artículo 91°** El esquema de relleno de seguridad que se detalla a continuación servirá como modelo ilustrativo de estas instalaciones de eliminación.

#### **Esquema de un Relleno de Seguridad**

**Artículo 92°** Los parámetros para el monitoreo de aguas subterráneas serán los siguientes:

### CONSTITUYENTES INORGÁNICOS:

1	Antimonio
2	Arsénico
3	Bario
4	Berilio
5	Cadmio
6	Cromo
7	Cobalto
8	Cobre
9	Plomo
10	Níquel
11	Selenio
12	Plata
13	Talio
14	Vanadio
15	Zinc

### CONSTITUYENTES ORGÁNICOS:

16	Acetona
17	Acrilonitrilo
18	Benceno
19	Bromoclorometano
20	Bromodiclorometano
21	Bromoformo; Tribromometano
22	Disulfuro de carbono
23	Tetracloruro de carbono
24	Chlorobenceno
25	Cloroetano; Cloruro de etilo
26	Cloroformo; Triclorometano
27	Dibromoclorometano; Clorodibromometano
28	1,2 - Dibromo - 3 - cloropropano; DBCP
29	1,2 - Dibromoetano; Dibromuro de etileno; EDB
30	o - Diclorobenceno; 1,2 - Diclorobenceno
31	p- Diclorobenceno; 1,4 - Diclorobenceno
32	trans - 1,4 - Dicloro - 2 - butano
33	1,1 - Dicloroetano; Cloruro de etilo
34	1,2 - Dicloroetano; Dicloruro de etileno
35	1,1 - Dicloroetileno; 1,1 - Dicloroetano; Cloruro de vinilo
36	cis - 1,2 - Dicloroetileno; cis - 1,2 - Dicloroetano
37	trans - 1,2 - Dicloroetileno; trans - 1,2 - Dicloroetano
38	1,2 - Dicloropropano; Dicloruro de propileno
39	cis - 1,3 - Dicloropropano
40	trans - 1,3 - Dicloropropano
41	Etilbenceno
42	2 - Hexanone; Metil butil cetone
43	Metil bromuro; Bromometano
44	Metil cloruro; Clorometano
45	Bromuro de metileno; Dibromometano
46	Cloruro de metileno; Diclorometano
47	Metil etil cetona; MEK; 2 - Butanona
48	Yoduro de metilo; Iodometano
49	4 - Metil - 2 - pentanona; Metil isobutil cetona
50	Estireno
51	1,1,1,2 - Tetracloroetano
52	1,1,2,2 - Tetracloroetano
53	Tetracloroetileno; Tetracloroetano; Percloroetileno
54	Tolueno
55	1,1,1 - Tricloroetano; Metilcloroformo
56	1, 1,2 - Tricloroetano
57	Tricloroetileno; Tricloroetano
58	Triclorofluorometano
59	1,2,3 - Tricloropropano
60	Vinil acetato
61	Cloruro de vinilo
62	Xilenos

## TITULO FINAL

**Artículo 93°** El presente reglamento entrará en vigencia 365 días después de su publicación en el Diario Oficial, junto con dicha entrada en vigencia se entenderán derogadas todas las disposiciones reglamentarias y las normas o resoluciones de la Autoridad Sanitaria que sean contrarias o incompatibles con el presente reglamento.

Dentro de los 180 días siguientes a la fecha de entrada en vigencia las personas responsables de todo establecimiento, sitio, instalación o actividad existente a esa época que estén obligados a presentar un Plan de Manejo así como aquellos que den servicios de manejo de residuos peligrosos, deberán presentar a la Autoridad Sanitaria un programa de adecuación de su actividad a las normas del presente reglamento. Salvo casos especiales calificados por dicha Autoridad, mediante resolución fundada, las medidas y acciones de adecuación consultadas en el programa deberán hacerse y completarse en un plazo no superior a 365 días de la Fecha de entrada en vigencia.

Anótese, tómese razón y publíquese. - RICARDO LAGOS ESCOBAR, Presidente de la República. - Pedro García Aspillaga, Ministro de Salud. - Jorge Rodríguez Grossi, Ministro de Economía, Fomento y Reconstrucción. - José Dulanto Rencoret, Ministro de Minería. - Francisco Huenchumilla Jaramillo, Ministro Secretario General de la Presidencia.

Lo que transcribo a Ud. para su conocimiento. - Saluda a usted, Antonio Infante Barros, Subsecretario de Salud.

**ANEXO C**

**INFORMACION COMPLEMENTARIA DE LA EVALUACION DE  
RIESGOS DETALLADA POR CONTAMINACION**





**ANEXO C1**  
**ESTANDARES DE CALIDAD DE REFERENCIA**



**ESTANDARES DE CALIDAD PARA LOS DIFERENTES RECEPTORES: AGUA SUPERFICIAL/SUBTERRANEA**

Elemento (15)	Personas				Medio Ambiente					Actividades Económicas				
	Agua Potable (mg/L)				Agua - Vida Acuática (mg/L)			Agua - Vida Terrestre Habitat Sensibles y Protegidos (mg/L)	Agua - Agricultura (Riego) (mg/L)		Agua - Ganadería(mg/L)		Agua - Acuicultura y Pesca (mg/L)	
	Chile NCh 409/1 (2005)	CCME (2002)	OMS (2006)	USEPA (2005)	Chile NCh1333 (1978) (14)	CCME (2002) Agua Dulce	Agua Marina	USEPA (2005)	USEPA Ecological Screening Levels (2003)	Chile NCh1333 (1978)	CCME (2002)	FAO (1994)	CCME (2002)	Idem Agua - Vida Acuática
<b>Metales</b>														
Aluminio		0,1			(13)	0.005 - 0.1 (2)				5	5		5	
Antimonio		0,006		0,006				0,08						
Arsénico	0,01	0,005	0,01	0,01	(13)	0,005	0,0125	0,15	0,148	0,1	0,1	0,025	0,025	
Bario		1	0,7	2	(13)				0,22	4				
Berilio				0,004	(13)				0,0036	0,1	0,1		0,1	
Boro		5	0,3		(13)					0,75	0.5-6 (6)	5	5	
Cadmio	0,01	0,005	0,003	0,005	(13)	0,000017		0,00025	0,00015	0,01	0,0051	0,05	0,08	
Cromo		0,05	0,05	0,1	(13)	III-0.0089; VI-0.001		III-0.074; VI-0.011	0,042	0,1	III-0.0049 VI-0.008	0,05	III-0.05 VI-0.05	
Cobalto					(13)				0,024	0,05	0,05		1	
Cobre	2	<1.0 (1)	2	1,3	(13)	0.002 - 0.004 (3)		0,009	0,00158	0,2	0.2 - 1 (7)	0.5-5.0 (12)	0.5 - 5 (12)	
Hierro	0,3	<0.3 (1)			(13)	0,3				5	5			
Plomo	0,05	0,01	0,01	0,015	(13)	0.001 - 0.007 (4)		0,0025	0,00117	5	0,2	0,1	0,1	
Litio					(13)					2,5	2,5			
Magnesio	125				(13)									
Manganeso	0,1	<0.05 (1)	0,4		(13)					0,2	0,2			
Mercurio	0,001	0,001	0,001	0,002	(13)	0,000026		0,00077	0,0013	0,001		0,01	0,003	
Molibdeno			0,07		(13)	0,073				0,01	0.01 - 0.05 (8)	0,5	0,5	
Níquel			0,02		(13)	0.025 - 0.150 (5)		0,052	0,0289	0,2	0,02	1	1	
Selenio	0,01	0,01	0,01	0,05	(13)	0,001		0,005	0,005	0,02	0.02 - 0.05 (9)	0,05	0,05	
Plata					(13)	0,0001			0,00012	0,2				
Vanadio					(13)				0,012	0,1	0,1	0,1	0,1	
Zinc	3	<5.0 (1)			(13)	0,03		0,12	0,0657	2	1 - 5 (10)	24	50	
<b>Miscelaneos</b>														
Fenoles						0,004								
Detergente Aniónico				0,5	(13)									
Sólidos Disueltos Totales		<500	1000	500						500	500-3500 (11)		3000	
pH	6.0-8.5	6.5-8.5		8,5	6.0-9.0	6.5-9				5.5-9.0				

**ESTANDARES DE CALIDAD PARA LOS DIFERENTES RECEPTORES: AGUA SUPERFICIAL/SUBTERRANEA**

**Notas**

\* Para acuicultura y pesca se usarán los mismos estándares de vida acuática  
Las celdas en blanco indican que no existe valor de referencia en la normativa

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación  
USEPA United States Environmental Protection Agency  
OMS (WHO) Organización Mundial de la Salud  
CCME Canadian Council of Ministers of the Environment (Environmental Quality Guidelines)

**Agua Vida Acuática - Agua Dulce CCME (2002)**

- (1) Objetivo estético
- (2) Estándar Aluminio = 0.005 mg/L a pH <6.5; [Ca2+] <4 mg/L; DOC <2 mg/L  
= 0.1 mg/L a pH ≥6.5; [Ca2+] ≥4 mg/L; DOC ≥2 mg/L
- DOC: Carbón Orgánico Disuelto
- (3) Estándar Cobre = 0.002 mg/L a [CaCO3] = 0–120 mg/L  
= 0.003 mg/L a [CaCO3] = 120–180 mg/L  
= 0.004 mg/L a [CaCO3] >180 mg/L
- (4) Estándar Plomo = 0.001 mg/L a [CaCO3] = 0–60 mg/L  
= 0.002 mg/L a [CaCO3] = 60–120 mg/L  
= 0.004 mg/L a [CaCO3] = 120–180 mg/L  
= 0.007 mg/L a [CaCO3] >180 mg/L
- (5) Estándar Níquel = 0.025 mg/L a [CaCO3] = 0–60 mg/L  
= 0.065 mg/L a [CaCO3] = 60–120 mg/L  
= 0.110 mg/L a [CaCO3] = 120–180 mg/L  
= 0.150 mg/L a [CaCO3] >180 mg/L
- (13) **Agua Vida Acuática - NCh 1333 (1986)**
- 1/100 LTm96  
LTm96: Mediana del límite de tolerancia: concentración del material en ensayo en un diluyente adecuado, en la cual sobrevive el 50% de los organismos acuáticos de prueba al cabo de un período de exposición de 96 horas
- (14) Actualmente se encuentran en trámite diferentes anteproyectos de ley que regulan la calidad de las aguas para diferentes cursos de agua en Chile, de acuerdo al procedimiento regulado en el D.S No. 93/1995 Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión

**Agua Agricultura, Ganadería CCME (2002)**

- (6) Estándar Boro = 0.5 mg/L para moras  
= 0.5– 1 mg/L para duraznos, cerezas, ciruela, uvas, cebollas, ajo, camote, trigo, cebada, girasoles, habichuelas (frijol mungo), sésamo, lupino blanco, frutillas, tupinambo, frijoles y habas  
= 1 – 2 mg/L para pimiento rojo, guisantes, zanahoria, rábano, papas y pepino  
= 2 – 4 mg/L para lechuga, repollo, apio, nabo, pasto azul, cereales, maíz, alcachofas, tabaco, mostaza, trébol, calabacín, y melones  
= 4 – 6 mg/L para sorgo, tomates, alfalfa, arveja morada, perejil, remolacha roja y remolacha azucarera  
= 6 mg/L para espárrago
- (7) Estándar Cobre = 0.2 mg/L para cereales  
= 1 mg/L para cultivos tolerantes
- (8) Estándar Molibdeno = 0.05 mg/L para cortos períodos de uso en suelos ácidos
- (9) Estándar Selenio = 0.020 mg/L para uso continuado  
= 0.050 mg/L para uso intermitente
- (10) Estándar Zinc = 1 mg/L cuando pH suelo < 6.5  
= 5 mg/L cuando pH suelo > 6.5
- (11) Estándar Sólidos Disueltos Totales = 500 mg/L/ para frutilla, frambuesa, frijoles y zanahorias  
= 500–800 mg/L para moras, grosella espinosa, ciruela, uvas, duraznos, albaricoque, peras, cerezas, manzanas, cebollas, chiviría, rábano, guisante, calabaza, lechuga, pimientas, melones, camotes, maíz dulce, papas, apio, col, colinabo, coliflor, vinas, haba, lino, girasoles, y maíz.  
= 800–1500 mg/L para espinaca, melón, pepino, tomates, calabacín, coles de bruselas, melón, bromo, alfalfa, big trefoil, melica, arveja, pasto timoteo, y agropiron  
= 1500–2500 mg/L para remolacha azucarera, zapallito italiano, colza, sorgo, heno de avena, heno de trigo, bromo, festuca, trébol de olor, pasto de junco de canario, lotus, ballica perenne  
= 3500 mg/L para espárrago, granos de soya, cartamo, avenas, centeno, trigo, remolacha azucarera, cebada, heno de cebada and pasto alto de trigo.
- (12) Estándar Cobre = 0.5 mg/L para ovejas  
1 mg/L for ganado vacuno  
5 mg/L para porcinos y aves de corral
- (15) En caso que el evaluador tenga indicios de presencia de otros contaminantes en la faena, los valores de referencia para estos contaminantes deben obtenerse directamente de cada norma (las normas están contenidas en el Archivo Normas de Apoyo de este Manual)

ESTANDARES DE CALIDAD PARA LOS DIFERENTES RECEPTORES: SUELOS Y SEDIMENTOS							
Elemento (1)	Personas	Medio Ambiente				Actividades Económicas	
	Suelo para uso Residencial (mg/Kg)	Sedimento para uso Vida Acuática (ug/Kg)		Suelo para uso Vida Terrestre y Ecosistemas Sensibles y Protegidos (mg/Kg)	Suelo para uso Agricultura y Ganadería (mg/Kg)	Sedimentos para uso Acuicultura y Pesca (ug/Kg)	
	CCME (2002)	CCME (2002)		U.S EPA Ecological Screening Levels (2003)	U.S EPA Ecological Screening Levels (2003)	CCME (2002)	Idem para uso Vida Acuática
		Agua Dulce	Agua Marina				
<b>Metales</b>							
Antimonio	20				0,142	20	
Arsénico	12	5900	7240	9790	5,7	12	
Bario	500				1,04	750	
Berilio	4				1,06	4	
Boro						2	
Cadmio	10	600	700	990	0,00222	1,4	
Cromo	64	37300	52300	43400	0,4	64	
Cobalto	50			50000	0,14	40	
Cobre	63	35700	18700	31600	5,4	63	
Hierro							
Plomo	140	35000	30200	35800	0,0537	70	
Mercurio	6,6	170	130	174	0,1	6,6	
Molibdeno	10					5	
Níquel	50			22700	0,00136	50	
Selenio	1					1	
Plata	20			500	4,04	20	
Vanadio	130				1,59	130	
Zinc	200			121000	6,62	200	
<b>Miscelaneos</b>							
pH	6 a 8					6 a 8	

**Notas**

Las celdas en blanco indican que no existe valor de referencia en la normativa

Para valores referenciales de compuestos asociados a hidrocarburos, referirse a las normas CCME (2002) y U.S EPA Ecological Screening Levels

USEPA Unites States Environmental Protection Agency

CCME Canadian Council of Ministers of the Environment (Environmental Quality Guidelines)

(1) En caso que el evaluador tenga indicios de presencia de otros contaminantes en la faena, los valores de referencia para estos contaminantes deben obtenerse directamente de cada norma (las normas están contenidas en el Archivo Normas de Apoyo de este Manual)

**ESTANDARES DE CALIDAD PARA LOS DIFERENTES RECEPTORES: AIRE**

Variable	Personas		
	Aire Norma Primaria (Protección Salud Humana)		
	(ug/m <sup>3</sup> N)		
DS. 59/98 MINSEGPRES			
PM 10	Media aritmética	Anual	50
		24 horas	150
		24 horas (año 2012)	120
Plomo	Media aritmética	Anual	0,5

PM10: Material particulado (< 10 µm)

**ANEXO C2**

**CONSIDERACIONES BASICAS PARA LA REVISION DE LOS ESTUDIOS DE  
EVALUACION DE RIESGOS DETALLADA POR CONTAMINACIÓN**





**CONSIDERACIONES BASICAS PARA LA REVISION DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACION  
 DE RIESGOS DETALLADA (ERD) POR CONTAMINACIÓN <sup>1</sup>**

	SI	NO	N/A
<b>General</b>			
1. ¿El documento sigue un formato adecuado?			
2. ¿La información está presentada en una forma clara, concisa y fácil de seguir?			
3. ¿Los objetivos de la evaluación de riesgo específica del sitio fueron descritos?			
4. ¿El alcance de la evaluación fue descrita? (por ejemplo, en términos de complejidad de la evaluación, datos necesarios y diseño del estudio)			
5. ¿El resumen ejecutivo refleja los datos y metodologías utilizadas y las conclusiones y resultados obtenidos?			
<b>Formulación del Problema/Identificación de peligros - Caracterización del Sitio</b>			
6. ¿Se ha incluido un mapa general del sitio indicando límites, topografía y características tales como cercas, reservorios, estructuras, así como la relación geográfica entre el sitio y receptores potenciales específicos?			
7. ¿Se ha incluido una adecuada descripción de la historia de la faena minera?			
8. ¿Se ha identificado y descrito apropiadamente el uso actual y/o potencial futuro del sitio?			
9. ¿Se ha incluido una descripción cualitativa de la naturaleza de la contaminación (por ejemplo, especificando de una manera general las fuentes potenciales de contaminación, tipo y concentración de contaminantes detectados en el sitio, medios potencialmente			

<sup>1</sup> Adaptado de “Ontario Regulatory Process for Review of Risk Assessments”

contaminados así como las vías de exposición y receptores potenciales)?			
10. ¿Se han documentado las características clave del sitio?. Ej. suelos y sedimentos (tamaño de las partículas, pH, potencial redox, tipo de suelo, contenido de carbono, contenido de arcilla, densidad, porosidad).			
11. ¿Se han documentado parámetros hidrogeológicos? (Ej. gradiente hidráulico, pH/Eh, conductividad hidráulica, localización relativa del estrato rocoso, espesor de saturación, dirección del flujo de agua subterránea)			
12. ¿Se han documentado parámetros hidrológicos? (Ej. dureza, pH oxígeno disuelto, temperatura, sólidos suspendidos totales, caudal y profundidad de ríos; parámetros de lagos o estuarios tales como área, volumen, profundidad)			
13. ¿Se han documentado parámetros meteorológicos? (Ej. velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, precipitación)			
14. ¿Fue formulado un modelo conceptual apropiado para el sitio?			
<b>Caracterización del Sitio – Toma de Datos</b>			
15. ¿Fue elaborado un Plan de Muestreo apropiado?			
16. ¿Fueron los medios requeridos (agua superficial, agua subterránea, suelo, sedimentos, aire) muestreados?			
17. ¿Fueron todas las áreas de preocupación muestreadas (basado en la evaluación de riesgo básica)?			
18. ¿Incluyó el muestreo la toma de muestras a lo largo de las rutas potenciales de migración (Ej. entre la fuente de contaminación y los potenciales puntos de exposición)?			
19. ¿La localización del muestreo fue consistente con la naturaleza de la contaminación (Ej. a la profundidad apropiada)?			
20. ¿El monitoreo del agua subterránea fue suficiente para identificar plumas de contaminación?			

21. ¿Fueron incluidos mapas indicando la localización, tipo y código de identificación de cada muestra?			
22. ¿El muestreo incluyó la toma de muestras <i>background</i> para los medios muestreados de forma apropiada? (Ej. áreas próximas al sitio, libres de contaminación proveniente del sitio o de fuentes antropogénicas y similares al sitio en términos de topografía, geología, meteorología y otras características físicas)			
23. ¿El muestreo incluyó un programa apropiado de control y aseguramiento de la calidad (QA/QC)? Ej. duplicados, blancos de campo, blancos de viaje, etc.			
<b>Caracterización del Sitio – Evaluación de Datos</b>			
24. ¿Fueron usados métodos analíticos apropiados?			
25. ¿Fueron los límites de detección del laboratorio adecuados?			
26. ¿En los casos en que los resultados del muestreo indican < LD (límite de detección), fueron los límites de detección aceptables?			
27. ¿Fueron algunas sustancias químicas relacionadas con el sitio, eliminadas sin justificación apropiada?			
28. ¿Las incertidumbres, limitaciones y vacíos en la calidad de la colecta fueron direccionadas adecuadamente?			
29. ¿La dirección del flujo del agua subterránea fue identificada correctamente?			
30. ¿El informe integra en un modelo conceptual razonable los resultados del muestreo, e interpretación de datos?			
<b>Confirmación de las Sustancias Químicas de Interés</b>			
31. ¿Fueron utilizados estándares de calidad apropiados?			
<b>Análisis de Riesgo para la Salud Humana – General</b>			
32. ¿Fue excluido algún químico para análisis de Riesgo para la Salud Humana sin justificación?. ¿Debería algún contaminante excluido ser			

considerado?			
<b>Análisis de Riesgo para la Salud Humana – Evaluación de la toxicidad</b>			
33. ¿Fue suministrado un análisis de los efectos adversos potenciales sobre los receptores humanos?. ¿El análisis fue apropiado?			
34. ¿Fueron empleados valores de toxicidad apropiados basados en la naturaleza de la exposición?			
35. ¿Los valores de toxicidad utilizados corresponden con la ruta de exposición de interés?			
36. ¿Los valores de toxicidad fueron utilizados de forma apropiada para los receptores de interés?			
37. ¿Si un valor de toxicidad fue adoptado de alguna agencia regulatoria, fue suministrada la base para el valor de toxicidad?			
38. ¿Las fuentes de incertidumbre de la evaluación fueron caracterizadas adecuadamente?			
<b>Análisis de Riesgo para la Salud Humana – Evaluación de la Exposición</b>			
39. ¿Fueron considerados los escenarios de uso del suelo actual y potencial futuro?			
40. ¿Fueron considerados los receptores en forma apropiada?			
41. ¿Fueron considerados los receptores <i>on-site</i> y <i>off-site</i> (Ej. receptores ocasionales)?			
42. ¿Fueron considerados todas las potenciales poblaciones sensibles consideradas (Ej. personas de la tercera edad, infantes y niños, etc.)?			
43. ¿Todas las fuentes de contaminación significativas fueron consideradas?			
44. ¿Fueron todos los mecanismos de liberación de contaminantes considerados, tales como volatilización, emisiones fugitivas de polvo, escorrentía superficial, infiltración a aguas subterráneas, etc.?			

45. ¿Fueron utilizados valores apropiados en los cálculos de la exposición (Ej. edad, peso corporal, frecuencia y duración de la exposición)?			
46. ¿Si se utilizaron modelos para el cálculo de la exposición, fueron suministradas las principales características y consideraciones adoptadas?. ¿Estas fueron apropiadas?. ¿El modelo usado fue adecuado?			
47. ¿Fueron suministradas las ecuaciones generales y ejemplos de cálculo?. ¿Los cálculos fueron realizados sin cometer error?			
48. ¿Se enfocaron adecuadamente las incertidumbres?			
49. ¿Se consideraron todas las características específicas del sitio, incluyendo topografía, hidrogeología, y parámetros hidrológicos y meteorológicos?			
50. ¿Fueron consideradas todas las vías de exposición directas e indirectas?			
51. ¿Existió razón justificada para la exclusión de alguna vía de exposición?			
52. ¿Se realizaron modificaciones apropiadas de las dosis calculadas por biodisponibilidad/bioaccesibilidad?			
53. ¿Se citaron todas las referencias usadas?			
<b>Análisis de Riesgo para la Salud Humana – Caracterización del Riesgo</b>			
54. ¿Fueron los valores de exposición y toxicidad estimados expresados como dosis (intakes o uptakes) para cada químico evaluado a través de la caracterización del riesgo?			
55. ¿Todos los químicos a los que se les realizó la evaluación de exposición fueron considerados en la caracterización del riesgo?			
56. ¿Los riesgos fueron sumados de manera apropiada sólo a través de la vía de exposición que afecta el mismo individuo o población?			
57. ¿La descripción e interpretación del riesgo apropiada, objetiva y bien soportada?			

58. ¿Fueron caracterizadas apropiadamente las fuentes de incertidumbre?			
59. ¿Los métodos de caracterización del riesgo fueron apropiados?			
60. ¿Se citaron todas las referencias usadas?			
<b>Análisis de Riesgo para la Salud Humana – General</b>			
61. ¿Las conclusiones del análisis de riesgo para la salud humana están justificadas en relación con la caracterización del riesgo y el análisis de incertidumbre?			
62. ¿Todas las consideraciones adoptadas fueron explícitas? Fueron apoyadas con datos disponibles?			
63. ¿La evaluación fue científicamente defendible y de suficiente calidad?			
<b>Análisis de Riesgo Ecológico – General</b>			
64. ¿Fue excluido algún químico para Análisis de Riesgo Ecológico sin justificación? ¿Debería algún contaminante excluido ser considerado?			
65. ¿Los criterios de selección de los receptores de preocupación incluyen por lo menos una de las siguientes características: especies en peligro o amenaza de extinción, especies protegidas bajo legislación, especies raras o únicas, especies que son consideradas como indicador de la salud de la comunidad?			
<b>Análisis de Riesgo Ecológico – Evaluación de los efectos</b>			
66. ¿Fue suministrado un análisis de los efectos adversos potenciales sobre los receptores ecológicos? ¿El análisis fue apropiado?			
67. ¿Fueron empleados valores de toxicidad apropiados basados en la naturaleza de la exposición?			
68. ¿Los efectos sinérgicos potenciales de la mezcla de contaminantes han sido apropiadamente considerados?			
69. ¿Donde se utilizaron bio-ensayos, las especies seleccionadas reflejan apropiadamente las especies sensibles que pueden estar presentes para la categoría de uso de suelo? Y la batería de pruebas utilizadas cubre un amplio espectro?			
70. ¿Los métodos usados en el bio-ensayo son apropiados y defendibles?			
71. ¿Los valores de toxicidad fueron utilizados de forma apropiada para los			

receptores de interés?			
72. ¿Las fuentes de incertidumbre de la evaluación fueron caracterizadas adecuadamente?			
<b>Análisis de Riesgo Ecológico – Evaluación de la Exposición</b>			
73. ¿Fueron considerados los escenarios de uso del suelo actual y potencial futuro?			
74. ¿Fueron considerados los receptores en forma apropiada?			
75. ¿Fueron considerados los receptores <i>on-site</i> y <i>off-site</i> (Ej. aves que pueden ocasionalmente visitar el sitio)?			
76. ¿Todas las fuentes de contaminación significativas fueron consideradas?			
77. ¿Fueron todos los mecanismos de liberación de contaminantes considerados, tales como volatilización, emisiones fugitivas de polvo, escorrentía superficial, infiltración a aguas subterráneas, etc.?			
78. ¿Fueron utilizados valores apropiados en los cálculos de la exposición (Ej. Tasa de ingestión de agua y alimento)?			
79. ¿Si se utilizaron modelos para el cálculo de la exposición, fueron suministradas las principales características y consideraciones adoptadas. ¿Las descripciones fueron apropiadas?. ¿El modelo usado fue adecuado?			
80. ¿Fueron suministradas las ecuaciones generales y ejemplos de cálculo?. ¿Los cálculos fueron realizados sin cometer error?			
81. ¿Se enfocaron adecuadamente las incertidumbres?			
82. ¿Se consideraron todas las características específicas del sitio, incluyendo topografía, hidrogeología, y parámetros hidrológicos y meteorológicos?			
83. ¿Fueron consideradas todas las vías de exposición directas e indirectas?			
84. ¿Existió razón justificada para la exclusión de alguna vía de exposición?			
85. ¿Se citaron todas las referencias usadas?			
<b>Análisis de Riesgo Ecológico – Caracterización del Riesgo</b>			
86. ¿Todos los químicos a los que se les realizó la evaluación de exposición			

fueron considerados en la caracterización del riesgo?			
87. ¿Los riesgos fueron sumados de manera apropiada sólo a través de la vía de exposición que afecta el mismo receptor?			
88. ¿La descripción e interpretación del riesgo apropiada, objetiva y bien soportada?			
89. ¿Fueron caracterizadas apropiadamente las fuentes de incertidumbre?			
90. ¿Los métodos de caracterización del riesgo fueron apropiados?			
91. ¿Se citaron todas las referencias usadas?			
<b>Análisis de Riesgo Ecológico – General</b>			
92. ¿Las conclusiones del análisis de riesgo ecológico están justificadas en relación con la caracterización del riesgo y el análisis de incertidumbre?			
93. ¿Todas las consideraciones adoptadas fueron explícitas? Fueron apoyadas con datos disponibles?			
94. ¿La evaluación fue científicamente defendible y de suficiente calidad?			



**ANEXO C3**

**GLOSARIO**



## GLOSARIO – EVALUACION DE RIESGOS POR CONTAMINACION

<b><i>Basal/ Background</i></b>	Concentración de un compuesto en un medio determinado (agua, suelo, aire) en niveles que ocurren en forma natural en el medio ambiente.
<b>Bioaccesibilidad</b>	Se refiere a la fracción de una sustancia química en el suelo ingerido, el cual se disuelve en el tracto gastrointestinal y es disponible para absorción.
<b>Bioacumulación</b>	Proceso por el cual las sustancia químicas son acumuladas en plantas o animales a través de la exposición directa a un medio contaminado (suelo, agua, sedimento) o por medio de ingestión de alimento contaminado.
<b>Biodisponibilidad</b>	Habilidad de una sustancia de interactuar con un organismo. La biodisponibilidad de una sustancia química define la porción de la exposición a un químico que entra al torrente sanguíneo y se asume que está disponible para producir efectos tóxicos en los tejidos.
<b>Biomagnificación</b>	Proceso por el cual la concentración de una sustancia química en plantas y animales aumenta a lo largo de la cadena alimenticia.
<b>Cancerígeno</b>	Un agente que puede causar cáncer.
<b>Caracterización de los Riesgos</b>	Integración de la estimación de la exposición y la toxicidad para estimar la probabilidad de efectos adversos para la salud asociados con la exposición a un contaminante ambiental.
<b>Cuociente de Peligro (HQ)</b>	Razón entre la exposición estimada y un nivel de exposición aceptable (Ej. la dosis de referencia).
<b>Contaminante</b>	Cualquier sustancia química, física, biológica o radiológica encontrada en el aire, suelo, agua o material biológico que puede causar efecto deletéreo en plantas o animales.

<b>Criterios de Calidad</b>	Niveles de exposición (concentración y duración) de un contaminante en un medio particular (suelo, agua, etc.) que resultan en un nivel aceptable bajo de efectos en poblaciones, comunidades, etc. (criterios de calidad del aire, etc.).
<b>Dosis de Referencia (RfD)</b>	Dosis bajo la cual ningún efecto adverso a la salud es esperado durante el tiempo de exposición (para contaminantes no carcinogénicos).
<b>Dosis</b>	Medida de la exposición expresada como la masa de una sustancia en contacto con la interfase del organismo expuesto por unidad de peso corporal por unidad de tiempo.
<b>Ecotoxicidad</b>	Estudio de los efectos tóxicos en plantas o animales debido a la exposición a una sustancia.
<b>Efecto adverso</b>	Cualquier efecto deletéreo en plantas o animales debido a la exposición a una sustancia.
<b>Estándar de Calidad Ambiental</b>	Concentración límite de una sustancia. Son establecidos para usos regulatorios y dependen del uso (agua potable, vida acuática) y son derivados de criterios de calidad.
<b>Evaluación de la Exposición</b>	Componente de la evaluación de riesgo que estima la emisión, vías de exposición, tasa de movimiento de las sustancias químicas en el ambiente y sus transformaciones, con el fin de estimar las concentraciones/dosis a las cuales una población puede estar expuesta.
<b>Exposición</b>	Contacto entre un organismo, población o ecosistema y una sustancia química.
<b>Exposición aguda</b>	Exposición a una sustancia por un corto período de tiempo.
<b>Exposición crónica</b>	Exposición continua o repetida a una sustancia química por un período largo de tiempo.
<b>Exposición Subcronica</b>	Exposición a una sustancia aproximadamente el 10% del ciclo de vida del receptor

<b>ILCR</b> <i>Increment Lifetime Cancer Rates</i>	Incremento de la probabilidad de un individuo desarrollar cáncer a lo largo de su vida. Usado para estimar el riesgo para de sustancias químicas que generan efectos cancerígenos.
<b>Incertidumbre</b>	Falta de conocimiento sobre ciertos factores en un estudio que pueden reducir el nivel de confianza de las conclusiones alcanzadas a partir de los datos disponibles en el estudio.
<b>Índice de Peligro (HI)</b>	Sumatoria de los cuociente de Peligro (HQ) asociados con las diferentes vías de exposición.
<b>Modelo Conceptual</b>	Es una descripción escrita y una representación visual de las relaciones pronosticadas entre los receptores y los contaminantes a los cuales pueden estar expuestos.
<b>Organismos bentónicos</b>	Todos aquellos organismos que viven íntimamente relacionados con los fondos marinos o de aguas dulces.
<b>Receptor</b>	Especies, poblaciones, comunidad, hábitat sensible o ecosistema que este expuesto directa o indirectamente a uno o más sustancias químicas asociadas a un evento de contaminación ambiental.
<b>Slope factor (SF) o Factor de Pendiente</b>	Tasa de incidencia de cáncer por unidad de dosis.
<b>Sustancias Químicas de Interés</b>	Compuesto o sustancia química detectada en el medio físico que está relacionada a la fuente de contaminación y que posee perfil toxicológico y físico-químico relevante para ser utilizado en la evaluación de riesgo.
<b>Prueba de toxicidad</b>	Tipo de ensayo que estudia efectos deletéreos de sustancias químicas en determinados organismos.
<b>Toxicidad</b>	Capacidad inherente de una sustancia de causar efecto adverso en organismos.

<b>Valor de Toxicidad de Referencia</b>	Valores utilizados para estimar el nivel de seguridad de la exposición a los receptores humanos y/ecológicos.
<b>Vía de exposición</b>	Modo como una sustancia química entra en contacto con el organismo expuesto (ingestión, contacto dérmico, inhalación).
<b>NOAEL (Non Observed Adverse Effects Level).</b>	Es el nivel de exposición experimental que representa el máximo nivel probado al cual no se observan efectos adversos.

**ANEXO D**

**INFORMACION COMPLEMENTARIA DE LA EVALUACION DE  
RIESGOS DETALLADA POR SEGURIDAD**





**ANEXO D1**

**CONSIDERACIONES BASICAS PARA LA REVISION DE LOS ESTUDIOS DE  
EVALUACION DE RIESGOS DETALLADA POR SEGURIDAD**



**CONSIDERACIONES BASICAS PARA LA REVISION DE LOS ESTUDIOS DE  
EVALUACION DE RIESGOS DETALLADA POR SEGURIDAD**

	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>No Aplica</b>
<b>Texto del Informe Geotécnico</b>			
1. ¿Se describe la ubicación de la faena o se incluye un mapa de su localización?			
2. ¿Se resume el alcance y propósito de la investigación?			
3. ¿Se entrega una descripción concisa de la topografía y geología de la zona?			
4. ¿Se listan los ensayos de laboratorio e investigaciones de terreno en los que se basa el informe?			
5. ¿Se describen las características generales del subsuelo, rocas y agua subterránea?			
6. ¿Se incluye la siguiente información en el informe geotécnico? (generalmente incluida en la sección de apéndices):			
a) Registros de los sondajes o perforaciones			
b) Datos de terreno			
c) Datos de ensayos de laboratorio			
d) Fotografías			
<b>Planos y perfiles subterráneos</b>			
7. ¿Se presentan planos y perfiles subterráneos de la zona de investigación?			

8. ¿Se detallan en ese plano las exploraciones de terreno?			
9. ¿Se cumple con los criterios mínimos de puntos de investigación presentados en la Tabla 5.2			
10. ¿Los sondajes o perforaciones se encuentran en un plano y correctamente numerados, indicándose su elevación y ubicación?			
11. ¿El perfil subterráneo contiene una descripción en texto o gráfica de los tipos de suelo y roca presentes?			
12. ¿Se muestran en el perfil subterráneo los niveles de agua subterránea y la fecha de su medición?			
<b>Registro de los sondeos de terreno o perfiles subterráneos</b>			
13. ¿Se ha registrado la profundidad y el tipo de muestra de los sondeos?			
14. ¿Se muestran los resultados de ensayos SPT, el porcentaje de recuperación del material de las muestras (core), y el valor del RQD?			
15. ¿En caso de que se hayan realizado CPT (Cone Penetration Tests), se muestran gráficos de la resistencia del cono y el ángulo de fricción en función de la profundidad?			
<b>Datos de laboratorio</b>			
16. ¿Los ensayos de laboratorio para la clasificación de suelos tales como: contenido de humedad, gradación, límites de Atterberg fueron realizados con muestras representativas para verificar la identificación visual de suelos realizada en terreno?			
17. ¿Se incluye o resume los resultados de ensayos de laboratorio tales como: resistencia al corte, consolidación, etc.?			

**A. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA REALIZAR LA EVALUACIÓN DE RIESGO  
DETALLADA POR SUBSIDENCIA**

	Si	No	No Aplica
<b>Descripción de la obra</b>			
1. ¿Se describe la existencia, asentamientos subsidencia u otra falla asociada a la existencia de las labores subterráneas?			
2. ¿Se describe el tipo de explotación subterránea: ej.: Room and pillar, otras			
<b>Estimación de parámetros geológicos</b>			
3. ¿Se han realizado los siguientes ensayos de terreno para determinar la presencia de vacíos y las características de los estratos subterráneos?			
a) GPR (Ground Penetrating Radar)			
b) TDR (Time Domain Reflectometry)			
c) Análisis de resistividad			
d) RQD			
e) Angulo de Fricción			
<b>Estimación de parámetros hidráulicos</b>			
4. ¿Se han realizado estudios para determinar la profundidad y pendiente de la napa subterránea?			
5. ¿Se han realizado estudios para reconocer los patrones de drenaje presentes en el área de la mina y éstos se han expresado en un mapa?			

<b>Evaluación de estabilidad</b>			
6. ¿Existe una geometría de las labores subterráneas y cortes transversales hasta la superficie?			
7. ¿Existe una verificación de la roca y la estabilidad general basado en dimensiones del puente de roca, pilares, caserones, etc.?			
<b>Evaluación de consecuencias</b>			
8. ¿Se entregan estimaciones del área que se podría ver afectada por subsidencia?			

**B. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA REALIZAR LA EVALUACIÓN DE RIESGO DETALLADA DE ESTABILIDAD**

	Si	No	No Aplica
<b>Descripción del estado de la obra</b>			
1. ¿Se describe la existencia de deslizamientos, asentamientos, erosión, escurrimiento de líquidos desde ella, u otra falla en la obra?			
2. ¿Se describen las medidas de protección para la erosión existentes en la obra?			
<b>Estimación de parámetros geotécnicos</b>			
3. ¿Se han realizado los siguientes ensayos de terreno o laboratorio para determinar las propiedades del material del botadero y su fundación?			
a) Tests de penetración (Standard Penetration Test, o SPT)			
b) Test de Penetración de Cono (Cone Penetration Tests, o CPT)			
c) Ensayo de Corte			
d) Clasificación de los suelos del deposito y la fundación, humedad natural, peso específico.			
e) Límite líquido, límite plástico, Índice de Plasticidad			
<b>Estimación de parámetros hidráulicos</b>			
4. ¿Se han realizado estudios para determinar el nivel freático en el talud?			
5. ¿Se han realizado ensayos de permeabilidad en terreno y laboratorio?			

<b>Evaluación de estabilidad</b>			
6. ¿Se detalla el cálculo del factor de seguridad de la obra?			
7. ¿Se menciona los criterios de diseño para los cuales se calculó dicho factor de seguridad (sismo, humedad, etc.)?			
8. Los terraplenes ¿están diseñados de relleno con un factor de seguridad pseudos estático mínimo F.S.=1.2?			
<b>Evaluación de consecuencias</b>			
9. ¿Se entregan estimaciones de las distancias o áreas de influencia de las fallas simuladas?			



**C. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA REALIZAR LA EVALUACIÓN DE RIESGO DETALLADA DEL SUBSIDENCIA (COLAPSO DEL RAJO)**

	Si	No	No Aplica
<b>Descripción de la obra</b>			
1. ¿Se describe la existencia de deslizamientos, asentamientos, erosión u otra falla en la obra?			
2. ¿Se describen las medidas de protección para la erosión existentes en la obra?			
<b>Estimación de parámetros geotécnicos</b>			
3. ¿Se han realizado los siguientes estudios de terreno o laboratorio para determinar las propiedades del material del rajo?			
a. RQD			
b. Resistencia confinada a la compresión			
c. Mapeo geológico de grietas y fallas y sistemas de fracturas			
d. Orientación de los macizos de roca			
<b>Estimación de parámetros hidráulicos</b>			
4. ¿Se han realizado estudios para determinar el nivel freático en los taludes del rajo?			
<b>Evaluación de estabilidad</b>			
5. ¿Se detalla el cálculo del factor de seguridad de los taludes del rajo?			

6. ¿Se menciona los criterios de diseño para los cuales se calculó dicho factor de seguridad (sismo, humedad, etc.)? Probabilidad de ocurrencia del sismo de diseño?			
<b>Evaluación de consecuencias</b>			
7. ¿Se entregan estimaciones de las distancias o áreas de influencia de las fallas simuladas?			

**D. INFORMACION REQUERIDA PARA REALIZAR LA EVALUACION DE RIESGO DETALLADA DEL COLAPSO DEL TRANQUES Y EMBALSES DE RELAVES**

	Si	No	No Aplica
<b>Descripción de la obra</b>			
1. ¿Se describe la existencia de deslizamientos, asentamientos, erosión u otra falla en la obra?			
2. ¿Se describen las medidas de protección para la erosión existentes en la obra?			
<b>Estimación de parámetros geotécnicos</b>			
3. ¿Se han realizado los siguientes ensayos de terreno o laboratorio para determinar las propiedades del material del depósito de relaves?			
a) Tests de penetración (Standard Penetration Test, o SPT)			
b) Test de Penetración de Cono (Cone Penetration Tests, o CPT)			
c) Ensayo de Corte			
d) Clasificación, humedad, peso específico, permeabilidad			
e) Propiedades de los suelos de fundación			
f) Límite líquido, límite plástico, Índice de Plasticidad			
<b>Estimación de parámetros hidráulicos</b>			
4. ¿Se han realizado estudios para determinar el nivel freático en el muro y cubeta de relaves?			

5. ¿Se han realizado estudios para determinar el patrón de drenaje en el área?			
6. ¿Se ha estimado la presión de poros?			
<b>Evaluación de estabilidad</b>			
7. ¿Se detalla el cálculo del factor de seguridad del depósito?			
8. ¿Se menciona los criterios de diseño para los cuales se calculó dicho factor de seguridad (sismo, nivel freático, etc.)?			
9. El depósito de relaves ¿está diseñado con un factor de seguridad pseudos estático mínimo F.S.=1.2?			
<b>Evaluación de consecuencias</b>			
10. ¿Se entregan estimaciones de las distancias o áreas de influencia de las fallas simuladas?			

**ANEXO D2**

**GLOSARIO**



## **GLOSARIO. EVALUACION DE RIESGOS POR SEGURIDAD**

Este glosario ha sido preparado a partir de documentos elaborados por la Canadian Dam Association (CDA, 2005 Dam Safety Guidelines) y de otras fuentes:

**Análisis del Tamaño del Grano** – Es un prueba que permite determinar la distribución del tamaño de las partículas en un suelo. Progresivamente, se usan tamices más pequeños para evaluar la distribución en suelos arenosos, mientras que se emplea un hidrómetro para los suelos con grano más fino (arcillas, limos).

**Conductividad Hidráulica Saturada** – Indica la velocidad a la cual el agua fluirá a través de un suelo bajo un gradiente hidráulico igual a uno.

**Contenido de Agua** – Es el porcentaje de agua que contiene un suelo en relación a su peso seco.

**Curva Característica del Agua en el Suelo** (Soil Water Characteristic Curve, SWCC) – Es la relación que existe entre el contenido de agua de un suelo no saturado y la presión negativa del agua en los poros (succión).

**Movimiento del Suelo en un Sismo de Diseño, Earthquake Design Ground Motion** (EDGM) – Es el movimiento del suelo que se estima tendrá sismo tipo que ocurra en el lugar objeto de estudio.

**Extensómetro** – Es el instrumento que mide el movimiento de un suelo sometido a esfuerzos de tracción.

**Factor de Seguridad** (FS) – Es la proporción que existe entre el valor de falla (carga de rotura) y el valor de diseño.

**Filtración** – Movimiento del agua a través de un suelo.

**Fundación** – Rocas o suelos que constituyen la base de una estructura.

**Indicador de pendiente** – Instrumento que mide el movimiento de los taludes a lo largo del tiempo. Una instalación típica consiste en una tubería especial instalada verticalmente en un talud.

**Índice de Liquidez** – Es el índice que cuantifica el contenido de agua en un suelo en relación al límite líquido y plástico.

**Licuefacción** – Es la pérdida repentina de la consistencia de un suelo, que ocurre cuando la presión de poro del agua se iguala a la fuerza de cohesión.

**Límite de Atterberg** – Es la prueba que permite determinar los límites líquidos y plásticos de un suelo y su Índice de Plasticidad.

**Límite Líquido** – Es el contenido del agua en el suelo en el cual se produce el cambio en su comportamiento desde un estado plástico a uno líquido.

**Límite Plástico** - Es el contenido del agua en el suelo en el cual se produce el cambio en su comportamiento desde un estado sólido a uno plástico.

**Modo de Falla** – Es la forma en que un elemento sufre una falla que causa la pérdida de su integridad o de la función que cumplía.

**Muro de contención (Toe berm)** – Material o estructura que se coloca en la parte inferior de un talud para mejorar su estabilidad contrarrestando la tendencia a fallar rotacionalmente.

**Nivel Freático** – Es la elevación a la cual la presión del agua en el suelo es igual a cero.

**Perfil del Suelo** – Se denomina así a la disposición de estratos que presenta un suelo.



**Piezómetro** – Instrumento empleado para medir “in situ” la presión de agua en los poros. Se basan en transductores de presión electrónica u otros dispositivos.

**Probabilidad de Excedencia Anual** – Es la probabilidad de que un evento de una magnitud específica sea igualado o excedido en un año determinado.

**Revancha** – Distancia vertical entre la superficie del agua y la elevación más baja de la coronación del tranque o embalse.

**Test de Penetración de Cono** – Es el test mediante el cual un cono es introducido en el suelo con una velocidad constante, y la fuerza requerida es medida continuamente.



## **ANEXO E**

### **GLOSARIO DE SIGLAS**



---

## GLOSARIO DE SIGLAS

AEC	Area of Environmental Concern, Área de Preocupación Ambiental
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Instituto Federal para las Geociencias y los Recursos Naturales.
CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment. Ministerio Canadiense de Medio Ambiente
CMP	Concentraciones Máximas Permisibles
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente
CPT	Cone Penetration Tests
EDGM	Earthquake Design Ground Motion, Movimiento debido a terremoto de diseño
EEC	Concentración Ambiental Estimada en el sitio (mg contaminante/l de agua, mg contaminante/Kg de suelo, mg contaminante/Kg de alimento)
EHRA	Ecological Health Risk Assessment
EPC	Escenario de Peligro por Contaminación
EPS	Escenario de Peligro por Seguridad
ERD	Evaluación de Riesgos Detallada
ERS	Evaluación de Riesgos Simplificada
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

---

FMA/P	Faenas Mineras Paralizadas o Abandonadas
FMEA	Failure Mode Effect Analysis
FMECA	Failure Modes Effects Criticality Analysis
FOCIGAM	Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en la Gestión Ambiental Minera
FS	Factor de Seguridad
HHRA	Human Health Risk Assessment
HI	Hazard Index. Índice de peligro
HQ	Hazard Quotient. Cuociente de Peligro
IARC	International Agency for Cancer Research. Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
ICOLD	International Committee on Large Dams. Comité Internacional de Grandes Presas
IGM	Instituto Geográfico Militar
ILCRs	Increment Lifetime Cancer Risk. Incremento de la probabilidad de un individuo desarrollar cáncer a lo largo del tiempo de su vida
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
IP	Índice de Probabilidad
IRIS	Integrated Risk Information System. Sistema de Información Integrado de Riesgos
ISO/IEC	International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission

---

JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
NGI	Norwegian Geotechnical Institutes. Instituto Geotécnico Noruego
NOAEL	No-observed-adverse-effect-level. Nivel de exposición crónico a una sustancia química donde no se observen efectos adversos
OMS	Organización Mundial de la Salud
PAM	Pasivos Ambientales Mineros
PAM	Pasivo Ambiental Minero
PCB	Policlorobifenilos, askareles
PMF	Probable Maximum Flood, Máxima Crecida Probable
PLPS	Prueba de Lixiviación por Precipitación Sintética
QA/QC	Quality Assurance / Quality Control. Aseguramiento de Calidad / Control de la Calidad
RfDs	Reference Dosis. Dosis de Referencia; se mide en mg/kg-día
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SF	Slope Factor. Factor de Potencial Carcinogénico
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SNASPE	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado
SWCC	Soil Water Characteristic Curve,
UCL	Límite Superior de Confianza


URF	Unit Risk Factor. Unidad de Factor de Riesgo
US EPA	United States Environmental Protection Agency. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica
UTM	Universal Transversal de Mercator. Sistema de proyección en cartografía.



**ANEXO F**

**FICHA DE REGISTRO DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS**



	<b>FICHA DE REGISTRO DE LA EVALUACION DE RIESGO</b> <b>MANUAL DE EVALUACION DE RIESGOS EN FMA/P</b>	<b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y</b> <b>GESTION AMBIENTAL</b>
	<b>REGISTRO DE LA EVALUACION</b>	

**A. IDENTIFICACION DE LA FAENA MINERA ABANDONADA O PARALIZADA (FMA/P)**

		COD. FOCIGAM		
NOMBRE FAENA:		REGION:		COMUNA:
EMPRESA:		DIRECCION / SECTOR:		
PERSONA DE CONTACTO		DIRECCION / TELEFONO / MAIL		

**B. EVALUADORES. REVISORES Y APROBACION**

	NOMBRE CARGO	FIRMA	FECHA	ESPECIALIDAD FUNCION EN LA EVALUACION
EVALUADOR 1:				
EVALUADOR 2:				
EVALUADOR 3:				
EVALUADOR 4:				
EVALUADOR 5:				
EVALUADOR 6:				
REVISOR:				
APROBADO POR:				



FICHA DE REGISTRO DE LA EVALUACION DE RIESGO  
MANUAL DE EVALUACION DE RIESGOS EN FMA/P  
REGISTRO DE LA EVALUACION DE LA FMA/P

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
GESTION AMBIENTAL

C. IDENTIFICACION DE COMPONENTES DE LA FAENA ABANDONADA O PARALIZADA (Sección 4.1.2.1, a)

COMPONENTE	TIPO DE INSTALACION (ACOPIO U OBRA)	NOMBRE INSTALACION	CODIGO INSTALACION	DESCRIPCION GENERAL DEL TIPO DE INSTALACION, ACOPIO U OBRA	IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE UNIDADES	COORD NORTE	COORD ESTE	ALTITUD



FICHA DE REGISTRO DE LA EVALUACION DE RIESGO  
MANUAL DE EVALUACION DE RIESGOS EN FMA/P  
CARACTERIZACION DEL ENTORNO DE LA FMA/P

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
GESTION AMBIENTAL

**1. RECOPIACION DE INFORMACION. (Sección 3.2.1)**

**1.1 Información disponible en FORMULARIO E 400**

	Sí/No
Se dispone de Formulario E400	
El formulario incuye análisis de laboratorio de calidad de aguas	
El formulario incuye análisis de laboratorio de muestras de residuos sólidos	

(Especificar número de muestras)


(Observaciones)

--

**1.2. Entrevistas/Información proveniente de Servicios Públicos o Terceros**

TIPO DE FUENTE	FUENTE DE LA INFORMACIÓN	FECHA	RECABADA POR	TIPO DE INFORMACION RECABADA
Turística				
Geológica				
Pública				
Pública				



FICHA DE REGISTRO DE LA EVALUACION DE RIESGO  
MANUAL DE EVALUACION DE RIESGOS EN FMA/P  
CARACTERIZACION DEL ENTORNO DE LA FMA/P

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
GESTION AMBIENTAL

## 2. PREPARACION DE LA CARTOGRAFIA (Sección 3.2.2)

2.1 Información reunida	Sí/No	(Especificar con qué antecedentes se cuenta para la elaboración del mapa base)
Hoja 1:50.000 ó 1:25.000 del IGM:		
Fotografías aéreas		
Imágenes satelitales:		
Otras fuentes cartográficas:		

## 2.2 Preparación del Mapa Base de la Evaluación de Riesgos (MBER)

(Especificar las características del mapa base)

Escala:	
Sistema de Proyección (Coord. Geográficas / UTM; Datum; Huso):	
Proceso realizado para su preparación:	
Nombre archivos digitales:	
¿Ya incluyó una impresión en papel en la carpeta de faena?	

## 3. DEFINICION DEL AREA DE ESTUDIO (Sección 3.2.3)

(ver Nota)

3.1 Area ocupada por la faena		(Incluir una descripción sintética de los límites del area ocupada.)
Delimitación de área de ocupación directa		
3.2 Areas que pueden verse afectadas, directa o indirectamente, por contaminación o por eventos accidentales asociados a seguridad	Sí/No	(Justificar)
Cursos de agua superficial potencialmente afectados		
Superficie afectada por arrastre de polvo por el viento (suelos y aire)		
Superficie afectada por un eventual colapso de obra o instalación		
Familias que consuman habitualmente productos agrícolas, ganaderos, pescados o productos acuícolas producidos en las áreas anteriores		
Zona de Seguridad aplicada (buffer). Se requiere en caso de que exista incertidumbre en los límites del área de estudio.		

Nota: el **Area de Estudio** debe ser definido, en forma preliminar, antes de salir a terreno. Contando con la información recogida durante la visita se ajustarán sus límites.



#### 4. CARACTERIZACION DE LOS RECEPTORES DEL AREA DE ESTUDIO (Sección 3.2.4)

a. Personas		Sí/No	Especificar detalle (Nombre, cantidad.)
<b>a.1 - Que residen en el área de estudio</b>			
- Tipo de asentamiento			
- Número y frecuencia estimada de ingresos a la FMA/P			
- Forma de Ingreso			
- Edad de las personas que ingresan			
- Presencia de comunidades indígenas			
- Existencia de captaciones de agua superficial para consumo humano			
- Existencia de pozos de agua subterránea para consumo humano			
- Existencia de napas freáticas, manantiales o vertientes			
<b>a.2. - Visitantes de la faena</b>			
- Número y frecuencia estimada de los ingresos			
- Motivación			
- Ciudad o Asentamiento de Origen			
- Edad			
- Fuentes de Información			
b. Medio Ambiente		Sí/No	ESPECIFICAR DETALLE (Nombre, cantidad.)
<b>b.1. Vida Acuática</b>			
- Nombre			
- Presencia de especies en categoría de protección			
- Superficie o longitud que ingresa en el Area de Estudio			
- Fuentes de Información consultada en sección b.1			
4. CARACTERIZACION DE LOS RECEPTORES DEL AREA DE ESTUDIO - Cont. (Sección 3.2.4)			
<b>b.2. - Vida Silvestre Terrestre</b>			



- Tipo de ecosistema	
- Presencia de especies de fauna o flora en categoría de protección	
- Estimación de abundancia (si procede)	
- Superficie con vida terrestre que ingresa en el Area de Estudio	
- Fuentes de Información consultada en sección b.2	
<b>b.3. - Áreas Protegidas o Sensibles</b>	
- Presencia o cercanía de estas áreas	
- Categoría de Protección	
- Valor natural o cultural	
- Relevancia a escala local, regional y nacional	
- Presencia de especies endémicas o en categoría de protección	
- Componente del medio natural que puede ser afectado por seguridad o por contaminación procedente de la FMA/P	
- Superficie que ingresa en el Area de Estudio	
- Fuentes de Información consultada en sección b.3	
<b>c. Actividades Económicas</b>	<b>Sí/No NA</b> Especificar Detalle (Nombre, cantidad.)
<b>c.1 - Agricultura</b>	
- Tipo de producción	
- Superficie, ubicación respecto al área de estudio y distancia a FMA/P	
- Lugar y forma de extracción del agua de regadío	
- Nivel de producción	
- Nº de personas que trabajan en las labores agrícolas y distribución	
<b>4. CARACTERIZACION DE LOS RECEPTORES DEL AREA DE ESTUDIO(Sección 3.2.4)</b>	
<b>c.2 - Ganadería</b>	
- Tipo de producción	
- Superficie, ubicación respecto al área de estudio y distancia a FMA/P	





- Lugar y forma de extracción del agua empleada para el ganado	
- Nivel de producción	
- Nº de personas que trabajan en las labores ganaderas y distribución	
<b>c.3 Acuicultura y Pesca</b>	
- Tipo de producción	
- Ubicación respecto al área de estudio y distancia a FMA/P	
- Nivel de producción	
- Fuentes de información consultadas en sección c	

**6. RESUMEN DE RECEPTORES PRESENTES EN LA FMA/P**

Resuma los receptores identificados

**SEGURIDAD**

--

**CONTAMINACION**

--



FICHA DE REGISTRO DE LA EVALUACION DE RIESGO  
MANUAL DE EVALUACION DE RIESGOS EN FMA/P  
EVALUACION DE RIESGOS SIMPLIFICADA POR SEGURIDAD

DEPARTAMENTO DE  
INGENIERIA Y GESTION  
AMBIENTAL

**PASO 1. IDENTIFICACION DE ESCENARIOS DE PELIGRO RELACIONADOS CON SEGURIDAD (EPS) (Sección 4.1.2.1)**

TIPO DE INSTALACION (ACOPIO U OBRA)	NOMBRE INSTALACION	CODIGO INSTALACION	CODIGO ESTANDAR EPS	DESCRIPCION DEL EPS (según el manual)	CODIGO EPS FAENA	DESCRIPCION DEL EPS (para la faena en evaluación)
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				



FICHA DE REGISTRO DE LA EVALUACION DE RIESGO  
MANUAL DE EVALUACION DE RIESGOS EN FMA/P  
EVALUACION DE RIESGOS SIMPLIFICADA POR SEGURIDAD

DEPARTAMENTO DE  
INGENIERIA Y GESTION  
AMBIENTAL

**PASO 2. EVALUACION DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA**(Sección 4.1.2.2.)

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPS FAENA	DESCRIPCION DEL EPS (para la faena en evaluación)	GUIA APLICADA	INDICE DE PROBABILIDAD	JUSTIFICACION
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			



**PASO 3. EVALUACION DE LA SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS**(Sección 4.1.2.3)

**3.1. CONSECUENCIAS SOBRE PERSONAS**

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPS FAENA	DESCRIPCION DEL EPS (para la faena en evaluación)	CONSECUENCIA DE SEVERIDAD PERSONAS	JUSTIFICACION
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		



**PASO 3. EVALUACION DE LA SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS** (Sección 4.1.2.3)

**3.2. CONSECUENCIAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE**

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPS FAENA	DESCRIPCION DEL EPS (para la faena en evaluación)	VIDA ACUATICA		VIDA SILV. TERRESTRE		AREAS PROT. O SENS.	
			SEVERIDAD	JUSTIFICACIÓN	SEVERIDAD	JUSTIFICACIÓN	SEVERIDAD	JUSTIFICACIÓN
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						



**PASO 3. EVALUACION DE LA SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS**(Sección 4.1.2.3)

**3.3. CONSECUENCIAS SOBRE ACTIVIDADES ECONOMICAS**

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPS FAENA	DESCRIPCION DEL EPS (para la faena en evaluación)	AGRICULTURA		GANADERIA		PESCA Y ACUICULTURA	
			SEVERIDAD	JUSTIFICACION	SEVERIDAD	JUSTIFICACION	SEVERIDAD	JUSTIFICACION
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						



PASO 4. EVALUACION DE LA MAGNITUD DEL RIESGO (Sección 4.1.2.4)

(llenado automático)

4.1. TABLA DE APOYO

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPS FAENA	DESCRIPCION DEL EPS (para la faena en evaluación)	PROBABILIDAD	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS						
				PERSONAS	MEDIO AMBIENTE			ACTIVIDADES ECONOMICAS		
				SEGURIDAD	VIDA ACUATICA	VIDA S. TERREST.	AREAS PROTEG O SENSIBLES	AGRICULT.	GANADER.	PESCA Y ACUICULTURA
				pe	va	vt	ap	ag	ga	ac
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



**PASO 1. FORMULACION DEL PROBLEMA DE CONTAMINACION** (Sección 4.2.1.2)

**1.1. DESCRIPCION DEL MODELO DE CONTAMINACION QUE PRESENTA LA INSTALACION, ACOPIO U OBRA.**

Fuente Química	Mecanismos de Liberación Potenciales	Medios de Transporte y Residencia	Potenciales Vías de Exposición	Receptores Potenciales
Minerales (minas sup. o subterráneas)	Arrastre por el viento	Aire	Inhalación	Personas
Relaves	Arrastre por agua	Agua Superficial (incluye riego)	Ingesta de alimentos	Medio Ambiente Vida silvestre terrestre
Ripios de lixiviación	Lixiviación (drenaje ácido)	Agua Subterránea (incluye riego)	Absorción dérmica	Medio Ambiente Vida acuática
Desmontes, estériles y minerales de baja Ley	Evaporación	Sedimento	Ingesta directa	Act. Económicas Agricultura
Residuos No Masivos e Industriales	Remoción física	Transporte por el hombre		Act. Económicas Ganadería
				Act. Económicas Acuicultura y Pesca

(Enlace con líneas los bloques que correspondan en cada columna)

**Descripción del Modelo de Contaminación**

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---





FICHA DE REGISTRO DE LA EVALUACION DE RIESGO  
MANUAL DE EVALUACION DE RIESGOS EN FMA/P  
EVALUACION DE RIESGOS SIMPLIFICADA POR CONTAMINACION

DEPARTAMENTO DE  
INGENIERIA Y GESTION  
AMBIENTAL

**PASO 2. IDENTIFICACION DE ESCENARIOS DE PELIGRO RELACIONADOS CON CONTAMINACION (EPC)(Sección 4.2.1.3)**

TIPO DE INSTALACION (ACOPIO U OBRA)	NOMBRE INSTALACION	CODIGO INSTALACION	CODIGO ESTANDAR EPC	DESCRIPCION DEL EPC (según el manual)	CODIGO EPC FAENA	DESCRIPCION DEL EPC (para la faena en evaluación)
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				
0	0	0				



FICHA DE REGISTRO DE LA EVALUACION DE RIESGO  
MANUAL DE EVALUACION DE RIESGOS EN FMA/P  
EVALUACION DE RIESGOS SIMPLIFICADA POR CONTAMINACION

DEPARTAMENTO DE  
INGENIERIA Y GESTION  
AMBIENTAL

**PASO 3. EVALUACION DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA**(Sección 4.2.1.4)

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPC FAENA	DESCRIPCION DEL EPC (para la faena en evaluación)	GUIA APLICADA	INDICE DE PROBABILIDAD	JUSTIFICACION
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			
0	0	0			



**PASO 4. EVALUACION DE LA SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS**(Sección 4.2.1.5)

**4.1. CONSECUENCIAS SOBRE PERSONAS**

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPC FAENA	DESCRIPCION DEL EPC (para la faena en evaluación)	CONSECUENCIA DE SEVERIDAD PERSONAS	JUSTIFICACION
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		
0	0	0		



**PASO 4. EVALUACION DE LA SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS**(Sección 4.2.1.5)

**4.2. CONSECUENCIAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE**

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPC FAENA	DESCRIPCION DEL EPC (para la faena en evaluación)	VIDA ACUATICA		VIDA SILV. TERRESTRE		AREAS PROT. O SENS.	
			SEVERIDAD	JUSTIFICACIÓN	SEVERIDAD	JUSTIFICACIÓN	SEVERIDAD	JUSTIFICACIÓN
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						



**PASO 4. EVALUACION DE LA SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS**(Sección 4.2.1.5)

**4.3. CONSECUENCIAS SOBRE ACTIVIDADES ECONOMICAS**

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPC FAENA	DESCRIPCION DEL EPC (para la faena en evaluación)	AGRICULTURA		GANADERIA		PESCA Y ACUICULTURA	
			SEVERIDAD	JUSTIFICACION	SEVERIDAD	JUSTIFICACION	SEVERIDAD	JUSTIFICACION
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						
0	0	0						



PASO 5. EVALUACION DE LA MAGNITUD DEL RIESGO (Sección 4.2.1.6)

(llenado automático)

5.1. TABLA DE APOYO

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPC FAENA	DESCRIPCION DEL EPC (para la faena en evaluación)	PROBABILIDA D	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS						
				PERSONAS	MEDIO AMBIENTE			ACTIVIDADES ECONOMICAS		
				SEGURIDAD	VIDA ACUATICA	VIDA S. TERREST.	AREAS PROTEG O SENSIBLES	AGRICULT.	GANADER.	PESCA Y ACUICULTUR A
				pe	va	vt	ap	ag	ga	ac
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



**PASO 5. EVALUACION DE LA MAGNITUD DEL RIESGO**

**5.2. REGISTRO DE RIESGOS POR SEGURIDAD Y POR CONTAMINACION**

INDICE PROBABILIDAD	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
	DESPRECIABLE (A)	BAJA (B)	MODERADA (C)	ALTA (D)	CATASTROFICA (E)
ALTO (4)	Red	Red	Red	Red	Red
MEDIO (3)	Red	Red	Red	Red	Red
BAJO (2)	Red	Red	Red	Red	Red
DESPRECIABLE (1)	Red	Red	Red	Red	Red

**EVALUACION DE RIESGOS POR EFECTOS ACUMULATIVOS (ERA) (Sección 4.3)**

**ERA - 1. DETERMINACION DE LA PERTINENCIA DE REALIZAR UNA ERA.**

	Sí / No	(Justificar)
<b>1.1. ¿ El área de la faena se superpone con el área de otras FMA/P ?</b>		

Si la respuesta (1.1) es positiva, proceder con las consultas (1.2 ... 1.5).  
 Si es negativa, saltar a página siguiente.

(Resultados de la revisión)

<b>1.2. Revise si los Escenarios de Peligro de la faena pueden ser afectados por los Escenarios de Peligro pertenecientes a la (s) otra (s) faena (s).</b>	
<b>1.3. Revise si el área de estudio debe ser corregida para contemplar la combinación de Escenarios de Peligro.</b>	
<b>1.4. Revise los valores de Probabilidad de Ocurrencia y Severidad de las Consecuencias de esta faena, considerando efectos acumulativos. (Anexo</b>	
<b>1.5. Revise la magnitud del riesgo registrado para la FMA/P.</b>	





**EVALUACION DE RIESGOS ACUMULATIVOS**

**ERA - 2. REVISION DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Y SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS. ESCENARIOS DE PELIGRO POR SEGURIDAD.**

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPS FAENA	DESCRIPCION DEL EPS	PROBABILIDAD	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS						
				PERSONAS	MEDIO AMBIENTE			ACTIVIDADES ECONOMICAS		
				SEGURIDAD	VIDA ACUATICA	VIDA S. TERREST.	AREAS PROTEG O SENSIBLES	AGRICULT.	GANADER.	PESCA Y ACUICULTU RA
				pe	va	vt	ap	ag	ga	ac
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								



**EVALUACION DE RIESGOS ACUMULATIVOS**

**ERA - 3. REVISION DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA Y SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS. ESCENARIOS DE PELIGRO POR CONTAMINACION**

NOMBRE INSTALACION	CODIGO EPC FAENA	DESCRIPCION DEL EPC	PROBABILIDAD	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS						
				PERSONAS	MEDIO AMBIENTE			ACTIVIDADES ECONOMICAS		
				SEGURIDAD	VIDA ACUATICA	VIDA S. TERREST.	AREAS PROTEG O SENSIBLES	AGRICULT.	GANADER.	PESCA Y ACUICULTURA
				pe	va	vt	ap	ag	ga	ac
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								
0	0	0								



EVALUACION DE RIESGOS ACUMULATIVOS

ERA - 4. REGISTRO DE RIESGOS POR SEGURIDAD Y POR CONTAMINACION

INDICE PROBABILIDAD	SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
	DESPRECIABLE (A)	BAJA (B)	MODERADA (C)	ALTA (D)	CATASTROFICA (E)
ALTO (4)	Red	Red	Red	Red	Red
MEDIO (3)	Red	Red	Red	Red	Red
BAJO (2)	Red	Red	Red	Red	Red
DESPRECIABLE (1)	Red	Red	Red	Red	Red



### CLASIFICACION DE LA FAENA

	Sí / No	(Marcar lo que proceda)
Los riesgos más altos se ubican en celdas		
a4, a5, a7, a8, a9		FAENA SE CLASIFICA COMO "PASIVO AMBIENTAL MINERO - PAM" <b>FIN DEL PROCESO</b>
b1, b2, b3, b4, b5, b6		FAENA SE CLASIFICA COMO "NO PAM" <b>FIN DEL PROCESO</b>
a1 a2, a3, a6		Continuar en consulta 2.2
b7, b8, b9, b10, b11		Continuar en consulta 2.3

Comentarios del Evaluador respecto de la clasificación final de la faena

### NECESIDAD DE REALIZAR UNA EVALUACIÓN DE RIESGOS DETALLADA (ERD) (Sección 4.4)

	Sí / No	(Justificar)
2.2. ¿Existe certeza en la evaluación de <b>AL MENOS UNO</b> de los riesgos situados en celdas a1, a2, a3, a6?		

Si la respuesta es SI...

**La FAENA ES PAM**

**FIN DEL PROCESO**

	Sí / No	(Justificar)
2.3. ¿Existe certeza en la evaluación de <b>TODOS</b> los riesgos situados en b7... b11 ?		

Si la respuesta es SI...

**La FAENA NO ES PAM**

**FIN DEL PROCESO**

Si la respuesta en 2.2. / 2.3 es NO

Es necesaria una Evaluación de Riesgos Detallada en aquel Escenario de Peligro que presenta incertidumbre. **VER ANEXO ERD**



## APENDICE 1. EVALUACION DE RIESGOS DETALLADA

### Identificación de los Escenarios de Peligro que requieren una ERD

CODIGO EPS o EPS	ESCENARIO DE PELIGRO	DESCRIPCION	RAZON DE LA INCERTIDUMBRE

### Especificaciones técnicas de la ERD

CODIGO EPS o EPS	OBJETIVO DE LA ERD	ALCANCES	TIPO DE ESPECIALISTA REQUERIDO	COSTOS ESTIMATIVOS

### Documentación de la ERD

Encargado Sernageomin	
Fecha Informe	
Ejecutor	
Revisó	
Aprobó	

Una vez realizada la ERD, VOLVER A CLASIFICACION





APENDICE 3. FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIAS	INSTALACION / ACOPIO / OBRA	DESCRIPCION (de la Fotografía)	FECHA	ESCENARIO DE PELIGRO	COORD. NORTE	COORD. ESTE





## **ANEXO G**

### **GUIA DE APOYO PARA LA EJECUCION DE LA VISITA A TERRENO**



## ANEXO G. GUIA DE APOYO PARA LA EJECUCION DE LA VISITA A TERRENO

### A. Actividades desarrolladas con anterioridad a la visita

	Sí
1. ¿Realizó una recopilación de antecedentes (E400, carpeta de seguridad, etc.) ?	
2. ¿ Preparó la cartografía de apoyo ?	
3. ¿ Identificó de manera preliminar los receptores ?	
4. ¿ Estableció comunicación con el dueño del lugar o su cuidador, para coordinar con él el ingreso a la faena ?	
5. ¿Hay aspectos de la evaluación que requieren de la ejecución de entrevistas?. Si este es el caso, ¿ ha preparado éstas, es decir, ha definido sus objetivos, resultados esperados, fuentes de información y forma de contacto ?	

### B. Equipo que debe llevar a terreno

#### Equipo de Seguridad

Gafas de sol y protector solar	
Botas / Zapatos de seguridad	
Casco	
Guantes de plástico	
Agua	
Celular	
Lámpara	
Chaqueta institucional	
Gorro	

#### Equipo de Medición

Inclinómetro	
GPS	
Martillo de geólogo y pala pequeña	
Cinta métrica (50 m de longitud).	
Bolsas de plástico (20, tam. carta, resist.)	
pH imetro	
Conductivímetro	
Botellas muestreo de agua	

#### Otros

Mochila ligera	
Planos	
Ficha facilitadora	
Listado de EP	
Guías del manual	
Soporte para escribir	
Máquina Fotográfica	
Marcador indeleble	
Cuaderno	

### C. Protocolo del Trabajo en Terreno

	Realizado	Observaciones
1. Verifique que cuenta con el <b>medio de transporte</b> y equipamiento adecuado (camioneta 4x2, o 4x4 , rueda adicional, etc.). Consulte a conocedores del lugar en caso de duda.		
2. <b>De aviso</b> en su oficina del lugar de la visita, el medio de transporte que va a usar, los participantes y la hora probable de regreso.		
3. Verifique que cuenta con todos los <b>equipos necesarios</b> .		
4. Al llegar a terreno verifique las condiciones del lugar relacionadas con su <b>seguridad personal</b> .		
5. Reúnase con la <b>persona local</b> que le acompañará (cuidador).		
6. Recorra la faena en una primera <b>inspección general</b> (con una duración app. de 10 a 15 minutos).		
7. Identifique las <b>componentes</b> de la faena, asignando a cada una de ellas un nombre ( <b>Página 2</b> ).		
8. Identifique las <b>instalaciones, acopios y obras de la faena</b> , asignando a cada una de ellas un nombre. Tome las medidas que permitan conocer sus dimensiones. Tome puntos de GPS, que definan la ubicación de cada instalación ( <b>Complete la página 2</b> ). En base a su criterio, tome fotografías representativas del estado de conservación en que se encuentra cada instalación, acopio u obra.		
9. Identifique y caracterice a los <b>receptores</b> ( <b>Complete la página 7</b> ).		



## ANEXO G. GUIA DE APOYO PARA LA EJECUCION DE LA VISITA A TERRENO

### C. Protocolo del Trabajo en Terreno

	Realizado	Observaciones
10. Compruebe cuáles son los <b>Escenarios de Peligro por Seguridad</b> presentes en cada instalación, acopio u obra. Registre cada uno de ellos en fotografías <b>(Complete la página 9)</b> .		
11. Identifique la <b>Guía (de Índice de Probabilidad)</b> , relacionada con cada EP por Seguridad (Página 10).		
12. Realice las <b>mediciones</b> específicas que requiere cada una de las Guías que van a ser empleadas en esta faena. Registre estas mediciones en la Guía respectiva.		
13. Compruebe cuáles son los <b>Escenarios de Peligro por Contaminación</b> presentes en cada instalación, acopio u obra. Registre cada uno de ellos en fotografías <b>(Complete la página 15)</b> .		
14. Identifique la <b>Guía de Índice de Probabilidad</b> , relacionada con cada EP por Contaminación <b>(Página 16)</b> .		
15. Realice las <b>mediciones</b> específicas que requiere cada una de las Guías que van a ser empleadas en esta faena. Registre estas mediciones en la Guía respectiva.		
16. Tome muestras en las bolsas preparadas a tal efecto de <b>residuos sólidos</b> si advierte que alguno de ellos pudiera constituir un Residuo Peligroso y la determinación de esta condición pudiera ser relevante dentro de la ERS por contaminación. Anote el lugar donde fue tomada la muestra, la fecha, un número identificador y las características del entorno. En la bolsa, con marcador indeleble, anote el número de muestra.		
17. Tome muestras en las botellas preparadas a tal efecto de <b>líquidos</b> si advierte que alguno de éstos o bien pudiera constituir un Residuo Líquido Peligroso o bien pudiera ser agua contaminada, y la determinación de esta condición pudiera ser relevante dentro de la ERS por contaminación. Anote el lugar donde fue tomada la muestra, la fecha, un número identificador y las características del entorno. En la botella, con marcador indeleble, anote el número de muestra.		
18. Al término de la visita, antes de marcharse de lugar, revise sus anotaciones. Anote aquellos aspectos que suscitaron dudas, indicando la razón de la incertidumbre y la relevancia de la materia a los efectos de la ERS.		
18. Si en la faena reside un cuidador y se presentan riesgos de accidentes, infórmele de ellos.		
19. Realice anotaciones en la FRER ( <b>Apendice 2 - Anotaciones de la Ficha. Pág 34</b> ) sobre aspectos relacionados con la seguridad personal del Evaluador o con los accesos a la faena, que deban ser tenidos en consideración si debe realizar una nueva visita.		
20. Revise que lleva consigo todos los equipos y materiales que trajo.		





Av. 11 de Septiembre 2353, piso 2 Providencia, Santiago, Chile  
Teléfono: 56 2 594 2000 Fax: 56 2 594 2001