

---

---

REPUBLICA DEL PERU

---

---

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

---

---

---

---

GUIA PARA ELABORAR PROGRAMA  
DE ADECUACION Y MANEJO  
AMBIENTAL

---

---

SUB-SECTOR MINERIA

DIRECCION GENERAL DE ASUNTOS  
AMBIENTALES

LIMA - PERU

PREPARADO POR:

***DR. THOMAS SHEPHERD***

***ING. ENRIQUE MILLONES O.***

***ING. JOSE MOGROVEJO C.***

***ING. LUIS CALZADO P.***

## **PROLOGO**

La normativa ambiental para la actividad minero-metalúrgica establecida en el D.S. No. 016-93-EM y su modificatoria D.S. No. 059-93-EM, considera la posibilidad de que las empresas que estaban operativas al momento de emitirse dicha norma se adecuen a las exigencias ambientales siguiendo un programa que ellas mismas elaborarán y presentarán al Ministerio de Energía y Minas para su aprobación.

Dentro de la política del Ministerio de elaborar normas acordes con la realidad nacional y asegurar su aplicación se ha determinado la conveniencia de publicar guías que orienten a los operadores hacia un trabajo ambiental aceptable.

Esta Guía para Elaborar los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental permitirá establecer referencias para un adecuado desarrollo de dicho trabajo, esperando sea de utilidad tanto para los profesionales involucrados en las operaciones como para los responsables de la fiscalización.

Teniendo en cuenta lo novedoso de la temática, la Dirección General de Asuntos Ambientales agradecerá toda sugerencia y comentarlo que se sirvan efectuar al presente documento con el objeto de mejorarlo.

***Primera reimpresión (1997)***

Todos los derechos reservados. Esta Guía no puede ser, en parte o totalmente reproducido, memorizado en sistemas de archivo o transmitido en cualquier forma o medio electrónico, mecánico, fotocopia o cualquier otro sin la previa autorización del Ministerio de Energía y Minas.  
Impreso en el Perú - Printed in Perú.

## INDICE

<b>Sección</b>	<b>Página</b>
<b>1.0 INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1 Propósito de esta Guía .....	1
1.2 Propósito del PAMA .....	1
1.3 Resumen de la Guía para el PAMA .....	2
<b>2.0 REQUERIMIENTOS PARA LA PRESENTACION DEL PAMA .....</b>	<b>5</b>
<b>3.0 REQUERIMIENTOS DE INFORMACION A PROPORCIONAR EN EL PAMA.....</b>	<b>7</b>
3.1 Ubicación, Topografía y Perfil de la Unidad Productiva .....	7
3.1.1 Mapa Base Regional .....	8
3.1.2 Mapa Topográfico del Area del Emplazamiento .....	8
3.1.3 Descripción de las operaciones Minero-metalúrgicas .....	9
3.2 Evaluación y Análisis de los Impactos Ambientales .....	11
<b>4.0 MEDIDAS DE MITIGACION, PLAN DE CONTINGENCIA E IMPLEMENTACION.....</b>	<b>13</b>
4.1 Medidas de Mitigación .....	13
4.2 Plan de Contingencia.....	14
4.3 Cronograma de Implementación y Cronograma de Trabajo Incluyendo la Estimación de Costos .....	15
<b>5.0 PLAN DE CIERRE .....</b>	<b>19</b>
5.1 Elementos del Diseño .....	19
5.1.1 Caracterización del Material .....	20
5.1.2 Renivelación.....	20
5.1.3 Control de Escorrentías y/o Deslizamientos .....	21
5.1.4 Revegetación.....	21

5.1.5	Estabilidad Geomorfológica .....	22
5.1.6	Estabilidad Geotécnica y Erosional .....	22
5.1.7	Cercado y Control de Accesos .....	23
5.1.8	Control de Infiltraciones .....	23
5.1.9	Control de Sedimentos .....	23
5.1.10	Destoxicación .....	23
5.1.11	Demolición/Eliminación .....	24
5.1.12	Monitoreo y Mantenimiento Post-Rehabilitación .....	24
5.2	Cronograma .....	24
<b>6.0</b>	<b>MONITOREO DE EMISIONES Y EFLUENTES .....</b>	<b>25</b>
<b>7.0</b>	<b>REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS PARA EL PAMA ACTIVIDADES/OPERACIONES .....</b>	<b>27</b>
7.1	Actividades de Exploración y Explotación para Operaciones Mineras Subterráneas y a Tajo Abierto .....	27
7.1.1	Requerimientos Generales para las Actividades de Explotación y Exploración .....	28
7.1.1.1	Emisiones Gaseosas, de Partículas y Ruidos .....	28
7.1.1.2	Impactos a las Aguas Superficiales y Subterráneas .....	29
7.1.1.3	Cambios en los Acuíferos .....	30
7.1.1.4	Estabilidad de Pendientes .....	30
7.1.1.5	Fracturas e Inestabilidad de Suelos .....	30
7.1.1.6	Remoción del Suelo y la Vegetación .....	31
7.1.1.7	Disposición Adecuada de los Materiales de Desecho .....	31
7.1.1.8	Interrupción con Otros Usos de la Tierra y Areas Pobladas Adyacentes .....	31
7.1.2	Actividades de Exploración .....	31
7.1.2.1	Exploración por Perforación .....	32
7.1.2.2	Exploración por medio de Tractores Niveladores .....	32
7.2	Operaciones de Dragado y Explotación de Placeres .....	33

7.3	Repercusiones Ambientales Derivadas de las Concesiones de Beneficio de Mineral .....	33
7.3.1	Alteraciones Físicas del Suelo .....	34
7.3.2	Contaminación por Materiales Particulados .....	34
7.3.3	Contaminación de las Aguas Superficiales .....	35
7.3.4	Contaminación de las Aguas Subterráneas .....	36
7.3.5	Disposición de Desechos .....	36
7.4	Operaciones Hidrometalúrgicas .....	37
7.4.1	Alteración del Suelo y la Vegetación .....	38
7.4.2	Contaminación del Aire por Emisiones de Gases y Partículas .....	38
7.4.3	Contaminación de las Aguas Superficiales y Subterráneas por Derrames o Infiltración de Desechos Líquidos Producidos por las Operaciones Hidrometalúrgicas .....	38
7.4.4	Peligro para la Vida Silvestre y el Ganado en las Operaciones Hidrometalúrgicas .....	39
7.5	Operaciones de Amalgamación .....	39
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>41</b>
 <b>ANEXO</b>		
<b>GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS INGLES-CASTELLANO .....</b>		<b>43</b>
 <b>CUADRO</b>		
CUADRO 4-1	Impactos Ambientales y Medidas de Mitigación Asociadas .....	16





## **1.0 INTRODUCCION**

### **1.1 Propósito de esta Guía**

El propósito de esta guía es proporcionar al usuario la comprensión total del procedimiento para la elaboración de un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) y ayudar a los propietarios de instalaciones mineras y de beneficio existentes en la preparación e implementación de un PAMA, a fin de controlar y mitigar los impactos ambientales asociados a las actividades de minería y beneficio.

A pesar que en las siguientes líneas se describen procedimientos generales para elaborar un PAMA, los requerimientos descritos en esta guía no deben ser considerados como los únicos, porque son las características específicas del emplazamiento y de la actividad las que determinarán finalmente cómo se debe enfocar el PAMA. Por ello, se debe presentar para su aprobación al Ministerio de Energía y Minas (MEM), según el art. 3 del Decreto Supremo No. 059-93-EM del 13 de diciembre de 1993, antes de iniciar este proceso para determinar la forma más razonable y eficiente de desarrollar e implementar un programa específico para la actividad.

Esta guía solamente establece los elementos fundamentales requeridos para preparar un PAMA. Debido a la extensión real de cualquier investigación, los análisis de datos y recopilación de información necesarios para llevar a cabo un PAMA variarán de un emplazamiento a otro. Es deber del profesional responsable de la preparación del PAMA incluir toda la documentación técnica, económica y de cualquier otra índole que considere pertinente para cumplir con el PAMA y su calendario de ejecución.

### **1.2 Propósito del PAMA**

El requerimiento de preparación del PAMA fue establecido por la legislación peruana, Decreto Supremo 016-93-EM (modificado por el Decreto Supremo 059-93-EM) relativo a la protección ambiental en la actividad minero-metalúrgica. El Decreto Supremo exige que los titulares de las operaciones de minería y beneficio presenten el PAMA por duplicado al Ministerio de Energía y Minas, en un periodo máximo de doce(12) meses, luego de la aprobación de una Evaluación Ambiental Preliminar (EVAP) previamente presentada, que identifica los problemas generados en el ambiente producto de las operaciones. Una excepción a este requerimiento lo constituyen los pequeños productores mineros que no tienen planta de beneficio, los cuales no requieren presentar el PAMA. En su lugar, tal como se establece en el Decreto Supremo, los pequeños productores deben adjuntar a su Declaración Consolidada Anual remitida a la Dirección General de Minería una

declaración jurada cuya forma y contenido deben ser aprobados por la DGAA (Dirección General de Asuntos Ambientales). Las operaciones pequeñas no están definidas en el Decreto Supremo, y los usuarios de esta guía deben confirmar con el MEM el tamaño de sus operaciones antes de iniciar la elaboración del PAMA. Los tipos de actividades aplicables para los cuales se requieren PAMAs incluyen minado, beneficio (tratamiento del mineral, procesamiento, refinamiento y labores generales), y las actividades de transporte relacionadas con la minería.

El propósito del programa del PAMA es mitigar y prevenir el deterioro ambiental futuro causado por las operaciones mineras y de beneficio existentes. La mitigación incluye el logro de la reducción en la concentración de contaminantes liberados por las operaciones de minería y beneficio en el ambiente a niveles iguales o menores a los Límites Máximos Permisibles (LMPs) ordenados y establecidos legalmente por el Ministerio de Energía y Minas (la Autoridad Competente).

Para propósitos del PAMA, se considera que el ambiente está constituido por cuatro categorías ambientales: el ambiente físico, el ambiente biológico, el ambiente socio-económico y el ambiente de interés humano. En el Cuadro 4-1 se encuentra una lista de las categorías y los componentes específicos de estas categorías ambientales. La lista se proporciona para informar a los responsables de preparar el PAMA de la extensa naturaleza de los requerimientos de éste y no debe ser considerada como limitante.

## **1.3 Resumen de la Guía para el PAMA**

Esta guía se divide en siete secciones y presenta, cuando es necesario, descripciones generales, así como específicas, para lograr su comprensión y servir de ayuda en la preparación de un PAMA.

Las secciones de este documento son:

- 1.0 Introducción.
- 2.0 Requerimientos para la presentación del PAMA.
- 3.0 Requerimientos de información a proporcionar en el PAMA.
- 4.0 Medidas de mitigación y plan de implementación.
- 5.0 Plan de cierre.
- 6.0 Monitoreo de emisiones y efluentes.
- 7.0 Requerimientos específicos del PAMA para las Operaciones/Actividades.

La sección introductoria discute brevemente el propósito de un PAMA y el objetivo y resumen de esta guía. La sección 2.0 presenta una sugerencia de formato para la presentación del PAMA al MEM. La sección 3.0 indica los requerimientos para la preparación de un PAMA. De la sección 4.0 a la 6.0 se discuten tres planes específicos requeridos en el PAMA que son el plan de implementación de las medidas de mitigación, el plan de cierre y el plan para el monitoreo y control de efluentes, respectivamente. Finalmente, la sección 7.0 trata los requerimientos individuales para las diferentes actividades/operaciones identificadas en el referido Decreto Supremo. Estas actividades incluyen:

- \* Exploración minera y actividades de explotación para la minería subterránea y a tajo abierto.
- \* Operaciones de dragado y minería de placeres .
- \* Concesiones de procesamiento de mineral.
- \* Operaciones hidrometalúrgicas.
- \* Operaciones de amalgamación.

Una sola operación puede emplear más de una de las actividades listadas anteriormente. En esos casos, el PAMA debe incluir la información y los requisitos de mitigación para todas las actividades mineras aplicables.



## 2.0 REQUERIMIENTOS PARA LA PRESENTACION DEL PAMA

Tal como se mencionó anteriormente, los requerimientos para un PAMA están establecidos en el Decreto Supremo 016-93-EM (modificado por el Decreto Supremo 059-93-EM). Por consiguiente, a pesar que este documento trata los elementos fundamentales requeridos para desarrollar un PAMA, el encargado de prepararlo puede recurrir a estos Decretos Supremos, en caso de dudas en cuanto a los contenidos requeridos en éste.

En resumen, un PAMA comprende:

- \* La identificación de los impactos ambientales existentes derivados de las operaciones de la actividad, incluyendo los elementos contaminantes.
- \* La identificación de los límites máximos permisibles (LMPs) de los elementos contaminantes.
- \* La identificación de las medidas propuestas para la mitigación de los impactos ambientales producidos por las descargas de efluentes, con el objeto de lograr una reducción en las concentraciones del contaminante en el ambiente, a un porcentaje menor o igual al de los LMPs.
- \* La identificación de los procedimientos de monitoreo para la vigilancia y control de emisiones y efluentes.
- \* La identificación del trabajo de restauración a llevarse a cabo en las áreas de operación que han ocupado áreas protegidas.

Adicionalmente, el PAMA debe presentar en detalle el cronograma presentado para la implementación de los procedimientos propuestos y el costo de esta implementación. También, debe contener toda información técnica, económica y datos adicionales pertinentes necesarios para respaldar las medidas de mitigación y de implementación propuestas.

A este respecto, a fin de que la información presentada en el PAMA sea clara y comprensible, el informe del PAMA debe estar organizado tal como se indica a continuación:

- I. Introducción.
- II. Descripción de los Componentes Ambientales
- III. Descripción de las Operaciones Mineras y/o Metalúrgicas.
- IV. Resumen de la Evaluación y Análisis de los Impactos Ambientales.
- V. Plan de Medidas de Mitigación.
- VI. Plan de Cierre.

## VII. Plan de Monitoreo de Emisiones y Efluentes.

La introducción debe, como mínimo, presentar una visión general del informe y los objetivos del PAMA, y presentar un breve resumen del emplazamiento y la historia de las operaciones. En la sección II, se presentará una breve descripción de los componentes ambientales a fin de determinar la situación del medio ambiente.

Las pautas para completar las Secciones III y IV del Informe del PAMA se proporcionan en la Sección 3.0 de esta guía. De igual manera, los lineamientos para completar las Secciones V, VI y VII del informe del PAMA se proporcionan, respectivamente, en las Secciones 4.0, 5.0 y 6.0 de este documento.

Cuando se revisa y evalúa las necesidades de implementación y ejecución para cada PAMA, el MEM considerará la siguiente información que será aplicada a cada operación minero-metalúrgica.

- \* La severidad de los impactos ambientales operacionales identificados.
- \* La magnitud de las operaciones y sus impactos ambientales consecuentes.
- \* Las dificultades potenciales del Titular de la concesión para implementar medidas de control y mitigación.
- \* La situación económica del Titular de los derechos mineros.

Por lo tanto, es imperativo que la información proporcionada en el informe del PAMA sea completa y precisa. La información referente al proceso de revisión del PAMA y la acción subsecuente por parte del MEM luego de la entrega de este informe se encuentra en los Decretos Supremos ya mencionados.

## 3.0 REQUERIMIENTOS DE INFORMACION A PROPORCIONAR EN EL PAMA

Tal como se estableció en la Sección 2.1, un propósito fundamental del PAMA es mitigar y prevenir el deterioro ambiental futuro causado por las operaciones de beneficio y minería existentes. Como tal, es responsabilidad de los Titulares de las operaciones de minería y beneficio identificar y presentar al MEM, medidas de mitigación de los probables impactos ambientales y reducir y eliminar las descargas de efluentes a fin de lograr una reducción en las concentraciones de contaminantes al medio ambiente.

A este respecto, con el propósito de que el MEM evalúe apropiadamente las medidas de mitigación descritas en el PAMA, éste debe incluir una descripción completa y detallada de las operaciones de la actividad. En la mayoría de los casos, la información debe estar a disposición en forma de estudios de factibilidad de la actividad, informes de diseño de ingeniería y planos e informes de construcción.

La descripción proporcionada en el PAMA debe ser completa para permitir que el lector o revisor comprenda totalmente la naturaleza y magnitud de las operaciones de la actividad. También debe proporcionar detalles suficientes para que el lector o revisor pueda evaluar la adecuación de los análisis de impacto ambiental que deben ser resumidos en el PAMA (ver sección siguiente), así como la efectividad de las medidas de mitigación propuestas.

Una descripción apropiada de las operaciones de minería y beneficio incluirán la descripción de la topografía y perfil de las instalaciones de la unidad y la descripción de los elementos de la actividad individual.

### 3.1 Ubicación, Topografía y Perfil de la Unidad Productiva

La ubicación, topografía y perfil de la unidad productiva sirven como base para identificar las fuentes de descargas contaminantes al medio ambiente (por ejemplo, ubicación de pilas de desmonte, pozas de proceso, áreas disturbadas), las rutas de migración de los contaminantes (por ejemplo, vías de drenaje), y los receptores potenciales de contaminantes (por ejemplo, caseríos, localidades y centros poblados, corrientes, lagos, ríos y otros cuerpos de aguas superficiales).

Adicionalmente, la ubicación, topografía y perfil del lugar pueden ser indicadores de características particulares que contribuyen al deterioro ambiental (por ejemplo, las instalaciones de un emplazamiento en un valle serán más factibles a la inundación, con los consecuentes impactos ambientales,

que un emplazamiento localizado en la cima de una meseta alta o en la parte superior de una cuenca de drenaje).

Es suficiente presentar la ubicación, topografía y perfil de la unidad productiva en un mapa base regional y en un plano topográfico del área de la actividad tal como se describe a continuación.

### **3.1.1 Mapa Base Regional**

En el PAMA se debe proporcionar un mapa base regional en el cual se muestre la ubicación de la actividad y sus límites, relacionado con las siguientes grandes características regionales:

- \* Caseríos, localidades y centros poblados,
- \* caminos,
- \* características topográficas regionales,
- \* corrientes, lagos, ríos, canales, reservorios y terrenos pantanosos,
- \* áreas naturales protegidas (identificadas en la actual lista oficial nacional), y
- \* áreas agrícolas reservadas o cultivadas adyacentes a la actividad.

Debe entenderse que la descripción de los componentes del medio ambiente en el mapa base regional deberá estar convenientemente reflejada al margen de la información anteriormente mencionada.

El mapa base regional debe ser preparado a escala 1:25,000 o cualquier otra escala adecuada que permita una clara presentación de las características anteriores. Como mínimo, la extensión del mapa debe abarcar las áreas que han sido impactadas por la actividad productiva.

La ubicación de la actividad propuesta y las características regionales deben ser discutidas apropiadamente en el texto del PAMA con referencia al mapa base regional. Adicionalmente a la información presentada en el mapa base regional, debe proporcionarse una tabla que incluya las distancias del área de la actividad a los centros poblados vecinos e identificar los tipos de vías de acceso al área de la actividad productiva.

### **3.1.2 Mapa Topográfico del Area del Emplazamiento**

Un mapa topográfico del área del emplazamiento debe ser preparado a escala 1:500 ó 1:1000. Deben elegirse intervalos apropiados de los contornos de elevación de manera que las características



topográficas del área de la actividad puedan ser identificadas. El plano topográfico del área servirá como base para la presentación de información concerniente a: 1) irregularidades fisiográficas existentes en el área de la actividad tales como manantiales, drenajes, cárcavas y otras características, 2) título de propiedad y límites del emplazamiento, 3) usos de la tierra, 4) perfil del emplazamiento, 5) instalaciones de la actividad productiva. La siguiente información debe ser presentada típicamente en un plano topográfico del área del emplazamiento:

- \* título de propiedad y límites del área del emplazamiento y usos de la tierra existentes en ésta y en aquéllas inmediatamente adyacentes al área del emplazamiento (particularmente, las áreas agrícolas reservadas o cultivadas),
- \* todas las instalaciones de la unidad productiva (se puede incluir la planta de proceso/beneficio, obras hidráulicas de captación, oficina, operaciones, edificios de mantenimiento, tanques de petróleo y otras estructuras construidas en el emplazamiento),
- \* caminos,
- \* servicios de agua, desagüe y electricidad,
- \* campos de labores,
- \* pozas de proceso y abastecimiento de agua,
- \* ubicaciones de la mina,
- \* relaves, escoria, desmonte y otras áreas de disposición de los desechos del proceso,
- \* áreas de pilas del mineral,
- \* áreas de pilas de suelo superficial,
- \* pilas de lixiviación,
- \* áreas temporales para los materiales de construcción,
- \* ubicación de las áreas y actividades que resultarán en cambios para la topografía existente.

### **3.1.3 Descripción de las Operaciones Minero-Metalúrgicas del Emplazamiento**

La descripción de las operaciones minero-metalúrgicas del emplazamiento proporciona la base, por medio de la cual, el lector o revisor está en capacidad para evaluar cualitativamente la adecuación de la evaluación del impacto ambiental resumido en el PAMA y la conveniencia de las medidas de mitigación propuestas. De esta manera, el PAMA debe incluir una descripción breve de las actividades/elementos para este propósito.

La descripción debe proporcionar una indicación del periodo para cada elemento de la actividad descrita (por ejemplo, periodo durante el cual el desmonte ha sido dispuesto en un área designada, la edad de la poza de relaves y las pozas de desechos del proceso); así como detalles sobre el tamaño, volumen y extensión. La descripción resumida de los elementos/actividades del emplazamiento

puede incluir algunos o todos los puntos que se presentan a continuación, dependiendo del tipo de operación que se consigne en el PAMA.

## **Actividades/Instalaciones de Apoyo**

- \* Planta de generación de energía.
- \* Laboratorio y Almacén.
- \* Instalaciones de reparación y mantenimiento.
- \* Infraestructura como caminos, carreteras, cercado de los límites del emplazamiento, etc.
- \* Abastecimiento, almacenamiento y distribución del agua.
- \* Tratamiento y disposición de las aguas servidas, incluyendo los pozos sépticos y los campos de lixiviación.
- \* Estructuras de drenaje.
- \* Sistema de recuperación de derrame y almacenamiento de lubricantes y petróleo.
- \* Tuberías para la solución.
- \* Almacenamiento de explosivos.
- \* Control y recuperación de polvo.
- \* Instalaciones y ubicación de estaciones de monitoreo ambiental (por ejemplo, agua, ruido, aire).
- \* Manejo de soluciones.
- \* Mitigación de la contaminación.

## **Minería**

- \* Descripción del yacimiento minero.
- \* Estimado de las reservas de mineral.
- \* Minerales primarios y secundarios extraídos.
- \* Descripción de los métodos de minería.
  - Tajo abierto.
  - Mina Subterránea.
  - Placeres.
  - Dragado.
- \* Descripción del equipo usado.
- \* Descripción del cronograma y velocidad de las operaciones mineras.
- \* Métodos de disposición de desmonte y volumen de los desechos.
- \* Pilas de mineral.

## **Operación de Extracción y Molienda**

- \* Descripción de los procesos (por ejemplo, lixiviación en pilas, proceso de recuperación y operación de concentración).
- \* Velocidad de producción.
- \* Descripción de las características del agua del proceso o de las pozas de solución.
- \* Métodos y áreas para la disposición de relaves.

## **Fundición**

- \* Descripción del método de fundición.
- \* Porcentaje de producción.
- \* Procesos asociados.
  - Planta de oxígeno.
  - Planta de ácidos.
  - Planta de carbón.
- \* Procesos de control, velocidad/volumen de emisión.
- \* Métodos de disposición de escoria.

## **Refinación**

- \* Descripción del proceso.
- \* Porcentaje de producción.
- \* Métodos de disposición de desechos.

## **3.2 Evaluación y Análisis de los Impactos Ambientales**

El requerimiento fundamental para el desarrollo del PAMA es la evaluación de los impactos ambientales asociados a las actividades del emplazamiento. Sin una evaluación adecuada, el objetivo del PAMA, la mitigación del deterioro ambiental y la reducción en la concentración de contaminantes a niveles similares o menores a los LMPs, no se podrá lograr. La evaluación ambiental debe finalizar antes de la elaboración del PAMA, incluyendo el análisis de los probables impactos ambientales.

Tal como se estableció en el Decreto Supremo 059-93-EM, Artículos 1 al 5, antes del inicio del proceso del PAMA se debe remitir una Evaluación Ambiental Preliminar (EVAP), en la que se deben

presentar los resultados de los programas de monitoreo apropiados para cada actividad minera, y se realice la identificación de las causas y efectos del deterioro ambiental y sus posibles alternativas de solución. El Decreto Supremo establece que la DGAA evaluará la EVAP, en un máximo de tres (3) meses y, en coordinación con la Dirección General de Minería, se determinará cualquier posible objeción al estudio y se establecerá el periodo para la presentación del PAMA. Además indica que el PAMA detallado se presentará en un máximo de doce (12) meses luego de aprobado la EVAP.

Los impactos asociados con las actividades del emplazamiento difieren de un emplazamiento a otro. Como se establece en el cuadro 4-1, estos impactos ambientales pueden presentarse en cuatro diferentes categorías ambientales:

- 1)** ambiente físico,
- 2)** ambiente biológico,
- 3)** ambiente socio-económico, y
- 4)** ambiente de interés humano.

Es imperativo, por lo tanto, que los impactos en cada una de estas cuatro categorías sean totalmente evaluados en la EVAP y los resultados, resumidos en el PAMA.

Los datos requeridos y los procedimientos para evaluar los impactos ambientales serán similares en gran medida a los presentados en la Guía para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental, que puede ser adquirida en el MEM. La principal diferencia será que los impactos ambientales evaluados en la EVAP pertenecen a las operaciones existentes y pueden ser más fácilmente cuantificados, en oposición a los impactos ambientales tratados en un EIA, que necesariamente son holísticos y estimados en diferentes horizontes temporales. Igualmente, los procedimientos para el desarrollo y análisis de alternativas de la actividad productiva presentados en el EIA, pueden ser aplicados para el desarrollo y análisis de posibles medidas a fin de mitigar los impactos ambientales existentes que pueden ser identificados en las EVAPs.

## 4.0 MEDIDAS DE MITIGACION, PLAN DE CONTINGENCIA E IMPLEMENTACION

### 4.1. Medidas de Mitigación

El principal propósito del PAMA es la identificación de las medidas específicas de mitigación que serán implementadas para reducir los impactos ambientales asociados con las operaciones de la actividad y lograr la reducción en la concentración de contaminantes descargados de las operaciones de la actividad a niveles similares o menores a los LMPs. Las medidas deben ser identificadas para mitigar los impactos ambientales que resultan directamente de las operaciones del emplazamiento (por ejemplo, las descargas de efluentes, las emisiones de aire), y para ocasiones en las que el ambiente impacta las actividades del emplazamiento creando un impacto ambiental consecuente (por ejemplo, tormentas o situaciones peores, incluyendo contingencias geomórfológicas, sísmicas o inundaciones que ocasionan la descarga de contaminantes en el ambiente). Adicionalmente, se deben identificar las medidas para la mitigación de impactos que resultan de las actividades periódicas (por ejemplo, construcción de caminos y otras actividades periódicas disturbadoras de la tierra, explosiones y voladuras).

Para muchas actividades del emplazamiento, las medidas de mitigación se basarán en el cumplimiento de la adecuación con los estándares de criterios ambientales existentes aplicables a la actividad productiva, incluyendo:

- \* Criterios de calidad de aire y agua (es decir, LMPs).
- \* Estándares de disposición y manejo del material de desecho y efluentes.
- \* Otras regulaciones aplicables tales como las regulaciones de higiene y seguridad minera.

Al respecto, el Capítulo IV, Artículo 24 del Decreto Supremo 016-93-EM establece que un PAMA puede proponer el uso de normas de estándares internacionales si existen normas que no han sido determinadas en la legislación ambiental o por la Autoridad Competente.

Otras medidas de mitigación tal vez no tengan como objetivo alcanzar la reducción cuantificable de los impactos ambientales como las basadas en cumplir con los estándares y criterios existentes, pero se basarán en alcanzar la reducción cualitativa. Estas medidas adicionales pueden incluir las prácticas de control de sedimentos, de control de la erosión, de revegetación y otras prácticas de manejo. Estas se refieren a las prácticas efectivas y convenientes que son fácilmente implementadas y útiles para controlar los impactos ambientales y pueden incluir los canales de derivación, las estructuras de detención de sedimentos, el riego de los caminos para el control de polvo y muchas otras más.

El Cuadro 4-1 proporciona ejemplos de algunos impactos ambientales y medidas de mitigación asociadas resumidas de las guías ambientales del Banco Mundial. Los impactos ambientales adicionales y las medidas de mitigación también se presentan en la sección 7.0 de esta guía, en la que se tratan los requerimientos específicos del PAMA para los diferentes tipos de actividades/operaciones identificadas en el Decreto Supremo. Los impactos y las medidas de mitigación asociadas presentadas en el Cuadro 4-1 y en la sección 7.0 no deben considerarse como limitativas y se presentan sólo como ejemplos. Por último, es responsabilidad del proponente del PAMA identificar adecuadamente todos los impactos y justificar el uso de las medidas de mitigación propuestas en éste.

Junto con las medidas de mitigación, el PAMA también debe indicar el trabajo que se realizará para restaurar áreas protegidas que han sido impactadas por las actividades del emplazamiento. El trabajo de restauración puede incluir, por ejemplo, la revegetación, el restablecimiento de los cursos de agua, la repoblación de la fauna nativa y la restauración de sus habitats, entre otros.

## **4.2 Plan de Contingencia**

La mayoría de las instalaciones de emplazamientos mineros se exponen potencialmente a contingencias extremas infrecuentes que no pueden ser controladas con simples medidas de mitigación. En esos casos, tal vez sea necesario usar medidas más intensivas y específicas para minimizar los impactos ambientales.

En ese sentido, los planes de contingencia deben ser desarrollados y descritos en el PAMA, el cual esquematiza específicamente los planes de acción que serán implementados si ocurriera una contingencia que represente severos riesgos ambientales. La siguiente lista identifica algunas situaciones extremas que necesitarían planes de contingencia:

- \* descargas no planificadas de soluciones de procesos contaminantes,
- \* deslizamientos de taludes que afectan las pilas de mineral y desechos,
- \* rotura de los sistemas de revestimiento o estructuras de contención, y
- \* descarga de contaminantes tóxicos a la atmósfera.

Estos son sólo ejemplos, por lo que la lista no es limitativa a estos casos.

## **4.3 Cronograma de Implementación y Cronograma de Trabajo Incluyendo la Estimación de Costos**

El Decreto Supremo 016-93-EM, Capítulo II, Artículo 9, exige que el PAMA establezca un cronograma de trabajo para implementar las medidas de mitigación y el desembolso anual del Titular de la concesión de la instalación de beneficio y/o minería para implementar las medidas de mitigación. El término de ejecución de las medidas de mitigación serán fijados por la autoridad pertinente y en ningún caso excederá de cinco(5) años para actividades que no incluyan los procesos de sinterización y/o fundición y diez (10) años para los que los incluyan. La mínima inversión anual del propietario también será aprobada por la autoridad pertinente y en ningún caso puede ser menor a uno por ciento (1%) del valor neto de las ventas anuales.

Dados estos requerimientos, el PAMA debe presentar un cronograma detallado para implementar las medidas de mitigación y los costos estimados para implementar las medidas sobre una base anual. El cronograma detallado y los costos estimados también debe cubrir el monitoreo y las actividades de restauración de las áreas protegidas.

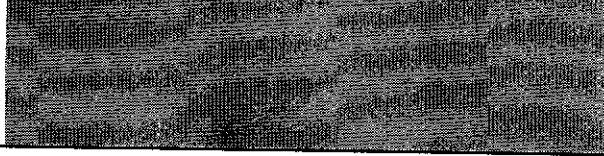
**Cuadro 4-1. Impactos Ambientales y Medidas de Mitigación Asociadas**

<b>Categoría Ambiental</b>	<b>Impactos Ambientales Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Mitigación</b>
<b>Ambiente Físico</b>	Modificación/perdida del perfil del suelo, vegetación y drenaje superficial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Separación y amontonamiento de recursos de suelo para la rehabilitación.</li> <li>- Renivelación para mantener pendientes estables erosionables.</li> <li>- Revegetación de áreas disturbadas.</li> </ul>
	Contaminación superficial de material rocoso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificación y separación de materiales rososos tóxicos</li> </ul>
	Deterioro de aguas superficiales por erosión de áreas disturbadas, zonas de desechos y amontonamiento de mineral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de escorrentía superficial construyendo canales de derivación.</li> <li>- Construcción de pozas de sedimentación.</li> <li>- Revegetación de áreas disturbadas.</li> </ul>
	Reducción de la capacidad de almacenamiento de reservorios locales/pozas por acción de la sedimentación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar descarga de corrientes, drenajes, pozas y aguas pantanosas.</li> </ul>
	Interrupción de drenajes naturales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recubrimiento con concreto o losas de defensa.</li> <li>- Construcción de presas para el control de descarga de aguas.</li> </ul>
	Contaminación de áreas superficiales y aguas subterráneas poco profundas por el drenaje de minas, mantenimiento de equipo y desechos domésticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratar el drenaje de mina.</li> <li>- Tratar la escorrentía superficial para uso sanitario/doméstico.</li> <li>- Reciclar aguas de proceso.</li> <li>- Erradicar Derrames.</li> <li>- Construir áreas de almacenamiento para contener químicos dañinos en caso de fugas o derrames.</li> <li>- Cumplir con los estándares de calidad de agua para todas las descargas.</li> </ul>



**Cuadro 4-1. Impactos Ambientales y Medidas de Mitigación Asociadas**

<b>Categoría Ambiental</b>	<b>Impactos Ambientales Negativos Potenciales</b>	<b>Medidas de Mitigación</b>
	<p>Deterioro de la calidad del aire debido a la presencia de partículas en el aire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar pozos interceptores de agua subterránea para recuperar y tratar aguas subterráneas contaminadas.</li> <li>- Instalar depuradores o desempañadores en respiraderos o chimeneas de descarga.</li> <li>- Estimular prácticas de voladura apropiadas.</li> <li>- Riego de vías de carga.</li> <li>- Revegetar áreas disturbadas para evitar el levantamiento de polvo.</li> </ul>
	<p>Degradación de áreas alejadas por la mejora de accesos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso restringido de los caminos de acceso y eliminación y rehabilitación de cualquier camino de acceso al final de la etapa productiva.</li> <li>- Taponeado de pozos y orificios de exploración.</li> <li>- Renivelación de pendientes para evitar peligros para el ganado.</li> <li>- Instalación de mallas sobre pozas pequeñas para restringir el acceso a aves acuáticas.</li> <li>- Suspensión en operaciones en época de reproducción de peces, aves, mamíferos, etc.</li> </ul>
	<p>Incremento de la demanda de servicios e instalaciones en las poblaciones locales, conflictos sociales y culturales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de programas de asistencia a la comunidad.</li> <li>- Construcción de instalaciones necesarias para la comunidad.</li> <li>- Estimulo a los trabajadores del proyecto para participar en los asuntos de la comunidad.</li> </ul>
	<p>Irrupción y/o destrucción de lugares con recursos culturales, históricos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar la difusión de zonas de recursos en áreas remotas.</li> <li>- Restricción de accesos innecesarios</li> </ul>



## 5.0 PLAN DE CIERRE

El plan de cierre describe las medidas que el propietario de una concesión minera implementará a fin de evitar los efectos adversos en el ambiente, producto de los desechos sólidos, líquidos o de otro tipo, que pudieran existir en el emplazamiento o que podrían ser descargados de un emplazamiento a largo, mediano o corto plazo. Este plan describirá la manera en que las tierras afectadas serán estabilizadas o restauradas durante periodos de cierre temporal o final de las instalaciones del emplazamiento.

El plan general debe incluir consideraciones específicas de todas las unidades dentro de los límites del área del emplazamiento. Estas unidades pueden incluir: 1) todos los caminos de acceso y para carga; 2) instalaciones de almacenamiento de relaves (pozas y presas de relaves); pilas de desechos, pilas lixiviadas, pozas de solución y estructuras relacionadas; 3) edificios, instalaciones para el proceso y molienda y otras estructuras.

Específicamente, el Decreto Supremo 016-93-EM, Capítulo IV, Artículo 27 establece que todo plan de cierre del área de una concesión minera para las operaciones subterráneas y a tajo abierto debe tener en cuenta consideraciones relacionadas con 1) las medidas para garantizar la estabilidad del suelo superficial, 2) la revegetación, si fuera técnica y económicamente posible, y 3) las medidas para prevenir la contaminación de fuentes de agua. Para el abandono definitivo de pozas de desechos o relaves, el Título II, Capítulo I, Artículo 39 del Decreto Supremo establece que se deben implementar disposiciones para preservar la estabilidad de las pozas, especialmente en cuanto a la permanencia y operación de los canales de derivación de agua, si existieran, y el tratamiento superficial del material y embalse para prevenir la erosión.

### 5.1. Elementos del Diseño

Existen muchos elementos del diseño que deben ser incluidos en un plan de restauración que son comunes a la mayoría de las unidades en un área del emplazamiento. Estos elementos incluyen:

- \* La caracterización del material.
- \* La renivelación.
- \* El control de deslizamientos y escorrentías.
- \* La revegetación.
- \* El monitoreo, y
- \* El mantenimiento post-restauración.

Además, existen otros elementos del diseño que pueden aplicarse sólo a ciertas unidades. Estos elementos adicionales incluyen:

- \* La estabilidad geomórfológica.
- \* La estabilidad geotécnica y erosional.
- \* El cercado y control de acceso.
- \* Los controles de filtración.
- \* El control de sedimentos.
- \* La destoxicación, y
- \* La demolición/remoción.

A continuación se presenta un resumen de los elementos de un plan de cierre. Adicionalmente, se sugiere que el usuario de esta guía se remita al MEM para obtener las guías publicadas por el Ministerio, referidas específicamente al plan de cierre.

## **5.1.1 Caracterización del Material**

Se requiere conocer las características específicas de los materiales para desarrollar apropiadamente los planes de estabilización y llevar a cabo el control de sedimentos/erosión y la revegetación. Este plan debe incluir el muestreo y el análisis del material superficial en cada mina para cuantificar los parámetros químicos y las propiedades físicas. Las propiedades físicas tales como la dureza del material, el grado de compactación, grado de meteorización y la granulometría son importantes al momento de determinar la erosionabilidad del material, durabilidad y estabilidad de la pendiente. Se necesitan otros parámetros para la evaluación conveniente del material como medio de crecimiento de plantas. Estos incluyen niveles de nutrientes para la planta, la presencia de elementos fitotóxicos, pH, presencia de componentes lixiviables y, en el caso de material de desmonte seleccionado, su potencial de generación de acidez o salinidad.

## **5.1.2 Renivelación**

Se espera que en todo proceso de restauración de un área disturbada se incluya cierto grado de renivelación para lograr una superficie final de restauración en conjunción con otras técnicas. La renivelación sirve a muchos propósitos:

- \* Proporciona una base adecuada para la revegetación,
- \* se entierran materiales indeseables,

- \* reduce la erosión/sedimentación,
- \* restablece drenajes naturales,
- \* establece una superficie de rehabilitación que optimiza la escorrentía,
- \* promueve la estabilidad y controla el acceso a la vida silvestre y humana,
- \* mejora estéticamente la superficie del terreno, y
- \* establece un uso futuro de la tierra.

La renivelación del sitio es un componente decisivo en la rehabilitación del terreno y posiblemente el elemento más costoso de la rehabilitación.

### **5.1.3 Control de Escorrentías y/o Deslizamientos**

El control de escorrentía (como el drenaje superficial del agua de lluvia proveniente de una cancha de relaves, por ejemplo) y el control de deslizamientos (movimientos en masa de volúmenes de suelo, como aluviones, huaycos, aludes, torrenteras) deben ser evaluados para determinar el potencial de erosión sobre superficies rehabilitadas, restauración de vías de flujo disturbados antes de la alteración (si fuera práctico) y reducir la infiltración en las pozas de relaves a fin de minimizar la descarga potencial de los deslizamientos.

Los canales de derivación deben ser diseñados, cuando fuera necesario, para encaminar el flujo superficial lejos de las unidades rehabilitadas con el fin de minimizar el potencial de erosión. Los canales de derivación deben ser diseñados para asegurar la estabilidad erosional (es decir, gradientes apropiadas y protección con losas de defensa cuando fueran necesarias) y proporcionar la capacidad para conducir escorrentías excepcionales (es decir, una precipitación en 100 años, las 24 horas del día).

Adicionalmente, los drenajes de aguas superficiales deben ser examinados en el campo para evaluar su estabilidad geomorfológica a largo plazo. Esto incluirá la determinación cualitativa del potencial para el desplazamiento lateral de cárcavas hacia canales en unidades rehabilitadas. La protección con losas debe ser diseñada para estabilizar canales donde esto signifique una preocupación.

### **5.1.4 Revegetación**

Tal vez la revegetación exitosa sea el componente más decisivo en un plan de rehabilitación. El establecimiento de una cobertura vegetativa de auto-mantenimiento, de larga duración contribuirá a la estabilización de todas las superficies de la unidad minera haciéndolas capaces de soportar usos de

la tierra post-operacionales tales como, habitat para la vida silvestre y pastoreo para el ganado. Un plan de revegetación debe tomar en consideración muchos aspectos incluyendo el medio de crecimiento de plantas, el transporte de sedimentos para el suelo superficial y la selección de especies de plantas.

En cuanto al medio de crecimiento de la planta, el plan de cierre debe considerar: 1) el método existente y/o propuesto de suelo superficial, pilas de sub-suelo y pilas de dragado; 2) los medios para proteger las pilas de la erosión eólica e hídrica (por ejemplo, plantando una cobertura vegetativa de rápido crecimiento y otros métodos aceptables); 3) el método propuesto para preservar el suelo superficial libre de materiales ácidos o tóxicos; y 4) la forma de reubicación luego de la rehabilitación de la concesión. Adicionalmente, todas las áreas que serán disturbadas al preparar un cierre deben ser estudiadas a fin de determinar la presencia de materiales del suelo superficial apropiados para la revegetación y un plan trazado para asegurar la recuperación, el almacenamiento seguro y la estabilización de materiales adecuados para ser usados como medio de crecimiento de las plantas.

En la guía de vegetación en elaboración por el MEM se puede obtener información específica sobre este tema.

## **5.1.5 Estabilidad Geomorfológica**

La estabilidad geomorfológica se refiere al potencial por el cual un drenaje natural puede tener un impacto indeseable en la estabilidad de un área restaurada. Por ejemplo, si un canal natural es inestable, la migración lateral o cárcaveo pueden traspasar los límites hasta las áreas adyacentes o las partes más bajas de las unidades mineras, como las presas de relaves.

Los drenajes deben ser inspeccionados visualmente para encontrar evidencias de inestabilidad actual o reciente; y su potencial de inestabilidad futura considerado e incorporado en el diseño de cualquier sistema de derivación de drenaje o protección contra la erosión en un plan de rehabilitación.

## **5.1.6 Estabilidad Geotécnica y Erosional**

En el plan de cierre se debe incluir la identificación de las medidas para asegurar la estabilidad geotécnica de las presas y superficies rehabilitadas, tales como el desarrollo de pendientes estables a través de surcos. También se indicarán las medidas para asegurar la estabilidad erosional de las superficies rehabilitadas (es decir, revegetación, construcción de surcos, cobertura, arborización, etc.).

## **5.1.7 Cercado y Control de Accesos**

El cercado y el control de accesos deben ser considerados como medidas para todas las áreas que podrían significar un riesgo para la seguridad, como son una poza abierta de agua, pozas escarpadas y paredes en corte de tajo. Asimismo, como parte de las medidas de control de acceso, se deben considerar las señales de peligro.

## **5.1.8 Control de Infiltraciones**

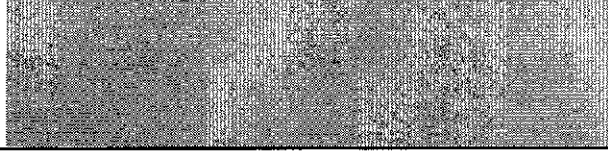
Se debe realizar el control de infiltraciones en varias unidades, como por ejemplo, las canchas de relaves, mediante la combinación del desarrollo de una configuración superficial que mejorará la escorrentía desde las superficies rehabilitadas y el establecimiento de una cobertura superficial que podría ser una cobertura fabricada, compuesta de materiales impermeables sintéticos o naturales, o una simple cobertura vegetativa auto-perdurable, bien desarrollada sobre la superficie. La filtración esperada en todas las superficies revegetadas deben ser examinadas a fin de evaluar los impactos potenciales a largo plazo sobre la calidad del agua subterránea. La combinación de las técnicas de rehabilitación implementadas en las superficies restauradas debe reducir la infiltración en esas unidades y producir condiciones aceptables de filtración a largo plazo.

## **5.1.9 Control de Sedimentos**

El control de sedimentos también es un componente en la planificación de áreas de rehabilitación. El control de sedimentos adquiere mayor preponderancia donde pueda ocurrir una descarga potencial de sedimentos en una corriente permanente o en una zona adyacente al emplazamiento minero. Las medidas de control de sedimentos deben ser desarrolladas para unidades de minas específicas e incluidas en el plan de rehabilitación. El control de sedimentos a largo plazo puede ser llevado a cabo mediante el establecimiento de la vegetación en combinación con el renivelado y el control apropiado del drenaje. Puede ser necesario implementar medidas de control de sedimentos a corto plazo durante la rehabilitación y hasta que se establezca la vegetación. Estas medidas incluyen presas de pequeña dimensión, drenajes locales, enmallado y/o coberturas inertes húmedas en pendientes excesivas.

## **5.1.10 Destoxicación**

La destoxicación puede requerir la eliminación de contaminantes residuales/químicos tóxicos que





## 7.0 REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS PARA EL PAMA - ACTIVIDADES/OPERACIONES

Las siguientes secciones presentan requerimientos específicos de los PAMAs para ciertas actividades/operaciones, tal como se establece en el Decreto Supremo 016-93-EM. Estas actividades/operaciones son:

- \* Actividades de exploración y/o explotación en operaciones subterráneas y a tajo abierto,
- \* operaciones de dragado y explotación de placeres,
- \* concesiones de beneficio,
- \* operaciones hidrometalúrgicas, y
- \* operaciones de tratamiento de mineral que usa amalgamación

### 7.1 Actividades de Exploración y Explotación para Operaciones Mineras Subterráneas y a Tajo Abierto

El PAMA para la exploración y/o explotación para operaciones mineras subterráneas o a tajo abierto debe describir acciones correctivas o de mitigación para:

- \* Ruido y emisiones gaseosas o de partículas,
- \* calidad y flujo de aguas subterráneas y superficiales afectadas por la descarga de aguas contaminadas,
- \* cambios en los acuíferos debido a las actividades mineras,
- \* estabilidad de pendientes,
- \* fracturas e inestabilidad del suelo superficial,
- \* remoción del suelo superficial y vegetación,
- \* disposición adecuada de materiales de desecho,
- \* interrupción de otros usos de la tierra y áreas pobladas adyacentes durante las actividades mineras, y
- \* otros factores que puedan afectar la propiedad y el ecosistema.

aguas, guía de aguas ácidas y otras publicadas por el MEM pueden ser usadas para mitigar impactos a las aguas superficiales y subterráneas.

### **7.1.1.3 Cambios en los Acuíferos**

Los cambios en los acuíferos por la incidencia de las actividades mineras pueden ocasionar cambios físicos como son la disminución del nivel de aguas subterráneas, cambios localizados de la dirección de flujo y de la conductividad eléctrica local y cambios en la calidad del agua. Por la naturaleza inherente de las actividades mineras se pueden producir cambios inevitables en las características físicas locales de los acuíferos y por esa razón muchas veces las medidas de mitigación de estos impactos requieren el desarrollo de fuentes auxiliares de abastecimiento de agua. En ese sentido, la mitigación de los impactos de la calidad del agua puede fluctuar entre la prevención de la infiltración de contaminantes en las aguas subterráneas y la captación y tratamiento de las aguas subterráneas contaminadas.

### **7.1.1.4 Estabilidad de Pendientes**

La estabilidad de las pendientes en paredes cortadas a tajo, pilas de desmonte, pilas de lixiviación, presas de las pozas de relaves u otros apilamientos o áreas de disposición representan una preocupación debido a la seguridad y problemas ambientales potenciales. La integridad de una pendiente o presa puede ser cuestionable si la pendiente es excesiva o si la erosión ha causado cárcavas o ha producido problemas de inestabilidad en las presas. Estos problemas deben ser tratados en el PAMA y deben proponerse las acciones correctivas correspondientes.

Las medidas de mitigación pueden incluir la reducción de pendientes, la construcción de rellenos estabilizadores en la base de una presa inestable, el desagüe de presas usando drenajes horizontales, pendientes revegetadas o derivando flujos de corrientes cercanas.

### **7.1.1.5 Fracturas e Inestabilidad de Suelos**

Las fracturas y la inestabilidad de los suelos como resultado del corte de suelo y el trabajo en minas subterráneas pueden afectar la estabilidad de las estructuras geológicas y labores de la misma minería subterránea. Esto origina desprendimientos y subsidencias, impactos secundarios asociados, como por ejemplo, en el flujo y calidad del agua subterránea, estructura de suelos y riesgos para los seres humanos, vida silvestre y ganado. A este propósito, cualquier medida que se tome o proponga para mitigar o prevenir los impactos ambientales asociados con fracturas e inestabilidad del suelo debe ser descrita en el PAMA.

## **7.1.1.6 Remoción del Suelo y la Vegetación**

Los impactos asociados con la remoción del suelo y la vegetación, así como, las medidas de mitigación son tratadas en la Guía para la Preparación de Estudios de Impacto Ambiental y la Guía de Vegetación, publicadas por el MEM. Adicionalmente, la sección 5.1.4 de esta guía sugiere algunas medidas que pueden ser beneficiosas para la mitigación de este tipo de impactos.

## **7.1.1.7 Disposición Adecuada de los Materiales de Desecho**

Las operaciones de disposición de desechos domésticos (sólidos y líquidos) en el emplazamiento deben ser indicadas en el PAMA. La disposición de aguas servidas puede ser mejorada eliminando los desechos en lagunas revestidas para desagües provistas de instalaciones para la planta de tratamiento de agua (para operaciones mineras a gran escala) o en sistemas sépticos con un tanque de tamaño apropiado y en un campo de lixiviación.

Los desechos sólidos no dañinos deben ser utilizados como relleno sanitario. Otros desechos no compatibles con esta técnica como la pintura, desechos aceitosos, solventes, grasas y materiales de limpieza de derrames químicos y de combustible pueden disponerse en celdas construidas de eliminación que son revestidas con materiales sintéticos compatibles con los desechos contenidos. Alternativamente, dichos desechos deben ser eliminados fuera de la concesión diseñada, para su correspondiente disposición en zonas planificadas para desechos peligrosos.

## **7.1.1.8 Interrupción con Otros Usos de la Tierra y Areas Pobladas Adyacentes**

Los métodos propuestos para mitigar la interrupción con otros usos de la tierra, deben ser considerados en el PAMA. Por ejemplo, si las actividades mineras disturbaban o impiden el pastoreo del ganado o el crecimiento de cultivos, la mina podría compensar a los usuarios de la tierra proporcionando las tierras que tengan igual capacidad de producción indemnizando al usuario de la tierra por la pérdida de su producción o ingresos.

Las actividades mineras nuevas o de expansión podrían ser planeadas y llevadas a cabo a fin de que las tierras afectadas por las operaciones mineras puedan ser restauradas de sus mayores usos anteriores a la máxima extensión posible. Si se proponen usos alternativos para la tierra (por ejemplo, dejando una mina a cielo abierto como un lago permanente), el uso debe ser justificado tanto económica como ambientalmente.

## **7.1.2 Actividades de Exploración**

En las actividades de exploración, los trabajadores deben ser concientes de cómo las actividades de

exploración pueden impactar el ambiente. Así, las actividades de exploración pueden tomar muchas formas y pueden incluir desde tajos de muestreo excavados manualmente, hasta la exploración con perforación y barrenado para excavaciones importantes, realizadas por maquinaria pesada de remoción de tierra. Las dos últimas actividades pueden disturbar extensas áreas y causar impactos significativos en las aguas subterráneas o convertirse en fuentes potenciales de contaminación al ser expuestas sus superficies al transporte del viento y/o agua.

### **7.1.2.1 Exploración por Perforación**

Las actividades de perforación pueden causar daños significativos al medio ambiente superficial y subterráneo. Por ejemplo, la construcción de caminos, capas impermeabilizadas y las excavaciones con tractor nivelador, pueden causar daños significativos para los recursos del suelo y la vegetación. Las actividades de perforación también puede causar daño extenso si se llevan a cabo en áreas sensibles como en desiertos o en ambientes altoandinos, donde las alteraciones pueden tomar décadas para ser remediados. Las actividades de perforación también pueden dañar recursos de agua superficial y subterránea, a través de las descargas en las actividades de perforación o la introducción de contaminantes cuando se comuniquen los acuíferos explotados.

En el PAMA se deben considerar los siguientes puntos:

- \* Remoción y reemplazo de la capa superficial del suelo y revegetación de los caminos de acceso, así como de los taludes humedecidos y zonas impermeabilizadas.
- \* Taponeado de los orificios de perforación en los sistemas de explotación de acuíferos múltiples para evitar la mezcla de aguas y, al mismo tiempo, prevenir accidentes del ganado o vida silvestre en los orificios no sellados, y
- \* Excavación apropiada en los tajos a cielo abierto para contener los lodos de perforación, evitando alteraciones en la superficie, así como la contaminación de aguas subterráneas que pueden resultar de enmiendas en el fluido de perforación y los cortes de perforación.

### **7.1.2.2 Exploración por medio de Tractores Niveladores**

Cuando se utiliza un tractor nivelador o cualquier otro equipo pesado a fin de excavar para propósitos de exploración mineral, en el PAMA se deben considerar y tratar las siguientes acciones:

- 1.** Remoción y apilamiento de la capa superficial del suelo antes de la utilización de tractores.
- 2.** Manejo, tratamiento, aislamiento y/o disposición apropiada de rocas generadoras de ácido cuando son expuestas por las actividades de exploración,

3. Rellenado, renivelado y resurcado de áreas disturbadas por la rehabilitación a fin de que cuando finalice la exploración, el contorno de la tierra sea parecido al contorno previo a las actividades mineras.
4. Redistribución de la capa superficial del suelo y revegetación de áreas disturbadas por la exploración, y
5. Revegetación de los caminos de acceso.

## **7.2 Operaciones de Dragado y Explotación de Placeres**

Además de los requerimientos para las actividades de minería subterránea y tajo abierto, las actividades de minería de placeres y dragado también deben estar dirigidas a minimizar las alteraciones de la flora y fauna local. Las actividades de explotación de placeres y dragado son a menudo localizadas en áreas que son habitats críticos para la vegetación, vida silvestre y especies acuáticas. Los sedimentos producidos por estas operaciones pueden destruir la vegetación, provocar impactos perjudiciales significativos en la reproducción de los peces y puede interrumpir las actividades reproductivas y de crecimiento de la vida silvestre acuática. Por lo tanto, las actividades de dragado como las de minería deben hacer esfuerzos para minimizar la carga de sedimentos en la corriente y los impactos a las áreas de reproducción de la vida silvestre. Los métodos de mitigación potencial podrían incluir:

- \* la construcción de pozas de sedimentos o áreas con bermas a lo largo de los canales de la corriente para contener los sedimentos,
- \* en áreas donde es fácil la descarga de agua, construir cercas para sedimentos con geotextiles o atados de paja,
- \* conducir el agua de acarreo o lavado en tajos excavados para sedimentar las partículas antes de su descarga,
- \* construir pozas revestidas para la contención de sedimentos potencialmente dañinos, y
- \* suspender las actividades de dragado y de placeres durante periodos de alta precipitación y escorrentía y época de reproducción.

## **7.3. Repercusiones Ambientales Derivadas de las Concesiones de Beneficio de Mineral**

Los efectos ambientales específicos que requieren ser tratados en el PAMA para emplazamientos que incluyen las operaciones de beneficio del mineral comprenden:

- \* Alteraciones físicas del suelo,
- \* Contaminación del suelo,
- \* Contaminación de partículas del área,
- \* Contaminación de cursos de aguas superficiales,
- \* Contaminación de aguas subterráneas, y
- \* Disposición de desechos.

Estos efectos son particularmente relevantes para las operaciones de procesamiento de mineral tal como se discute a continuación.

### **7.3.1 Alteraciones Físicas del Suelo**

Durante la preparación de la concesión para la construcción de las instalaciones de procesamiento, pueden generarse alteraciones físicas al suelo. Estas alteraciones pueden incluir la remoción o daño de la vegetación, el enterramiento de los recursos de la capa superficial del suelo y la alteración de los cursos de agua del emplazamiento que resultan de las actividades de construcción. Los daños adicionales pueden ocurrir durante el curso de las operaciones ya que las áreas son usadas para almacenar equipos y procesar sustancias químicas y, en algunos casos, poner en uso caminos de acceso casuales. Para prevenir daños adicionales a los recursos del suelo, se pueden suspender todos los usos de la tierra innecesarios y se pueden levantar cercos perimetrales para evitar el acceso. También se puede prevenir todo tráfico vehicular no necesario para apoyar las actividades de la planta de procesamiento, construyendo cercas o barreras y el señalamiento de rutas de acceso autorizadas. Las áreas disturbadas deben ser rehabilitadas. La rehabilitación de estas áreas servirá para muchos propósitos, incluyendo la recuperación de los recursos de la capa superficial restante, previniendo la pérdida de suelos por acción de la erosión eólica e hídrica.

### **7.3.2. Contaminación por Materiales Particulados**

La contaminación del área por contaminantes particulados puede ser causada por muchas fuentes, incluyendo la descarga particulada proveniente del apilamiento, operaciones de transporte y trituración y descargas de las chimeneas de las unidades de fundición y calcinado. Estas descargas pueden ingresar en el ambiente como simple polvo o pueden contener concentraciones significativas de metal que son tóxicos cuando son descargados al medio ambiente. Estas descargas pueden ser minimizadas:

- \* Rociando y salpicando agua en las áreas de apilamiento del mineral,

- \* instalando barras rociadoras en el transportador de transferencia, tolvas y molinos,
- \* instalando sistemas rociadores en trituradores y puntos de goteo de trituradores,
- \* instalando y usando molinos semi-autógenos (MSA), y
- \* instalando depuradores y desempañadores para eliminar partículas de los gases exteriores a la planta.

Cuando un sitio o su área circundante muestra contaminación de metales, resultante de las descargas de partículas al aire, se deben proponer planes y acciones correctivas. Como solución temporal, las medidas correctivas podrían incluir la conducción, contención y evaporación de escorrentías de los suelos contaminados en pozas revestidas y/o la transferencia de contaminantes colectados hacia áreas de disposición apropiadas como instalaciones de disposición de relaves. Sin embargo, a largo plazo los contaminantes llevados por el viento y el agua deben ser limpiados para restaurar la productividad vegetativa, el habitat de la vida salvaje o convertir el área en un lugar apropiado para su repoblación. La corrección efectiva puede requerir la remoción y disposición de los suelos y sedimentos contaminados, preferentemente en las pozas de disposición de relaves u otras áreas apropiadas de disposición de contaminantes y la restauración de la tierra usando suelos mejorados.

### **7.3.3 Contaminación de las Aguas Superficiales**

La contaminación de las aguas superficiales por derrames provenientes de las plantas de trituración y lavado, ocurre porque las instalaciones carecen de estructuras apropiadas de contención de derrames y conducción. Los derrames pueden alcanzar fácilmente las fuentes de agua natural y contaminar las fuentes de agua locales, por lo que deben ser evitados. Los derrames en las instalaciones de procesamiento son inevitables y, por lo tanto, deben ser anticipados y planificados. Las medidas preventivas y de contención potencial pueden incluir:

- \* limpieza inmediata de los derrames sobre los suelos y cursos de agua contaminados,
- \* construcción de bermas de concreto para contener derrames de los tanques en el área del proceso,
- \* construcción de rezumaderos para coleccionar y desviar fugas y derrames,
- \* bermas para contener y desviar fugas y derrames de las tuberías hacia los rezumaderos de colección, y
- \* sistemas de detección de fugas con interruptores de disparo que apaguen el equipo cuando ocurra la fuga.

## **7.3.4 Contaminación de las Aguas Subterráneas**

La contaminación de las aguas subterráneas por filtración de los depósitos de desechos e instalaciones para el procesamiento, tales como relaves, derrames o fugas de las instalaciones del proceso de descarga y escoria acumulada, puede ocurrir debido a almacenamiento, distribución y contención inadecuados. Los impactos de las aguas subterráneas pueden ser eliminados o minimizados:

- \* removiendo inmediatamente las soluciones contaminadas acumuladas hacia tanques o instalaciones revestidas,
- \* inspecciones frecuentes, mantenimiento y reparación de depósitos de soluciones y sistemas de transferencia,
- \* instalando revestimientos al construir las canchas de relaves, pilas de lixiviación y capas impermeabilizadas de almacenamiento de escoria, e
- \* instalando pozos de intercepción/recuperación para la contaminación existente. Esta opción debe estar acompañada de un almacenamiento apropiado (en pozas revestidas) y el tratamiento y descarga o evaporación del agua recuperada.

Cuando ocurren impactos a las aguas subterráneas debido a la filtración de pozas de almacenamiento de solución abandonadas o no revestidas, las áreas deben ser desaguadas y los desechos cubiertos con una capa sintética o de suelo de baja permeabilidad para prevenir la infiltración y la alimentación.

Todas las medidas tomadas o propuestas para minimizar o evitar la contaminación de aguas subterráneas deben ser minuciosamente discutidas en el PAMA.

## **7.3.5 Disposición de Desechos**

La mitigación de impactos creados por la disposición de desechos líquidos y sólidos generados por la planta de beneficio es imperativa y debe ser discutida en el PAMA. En la mayoría de los casos, las corrientes de desechos sólidos y líquidos producidas por las operaciones de procesamiento se combinan y bombean como una pulpa hacia un depósito de relaves. Generalmente, la pulpa se segrega en un área de playa relativamente seca y en un área de pozas.

Los impactos primarios de un área de disposición de relaves son el transporte de los sólidos de relaves e infiltración de contaminantes por el viento y el agua. Los sólidos de los relaves y las soluciones contienen metales pesados significativos y existe un potencial importante para el transporte de contaminantes en las tierras adyacentes y en las aguas superficiales y subterráneas. Ya que las soluciones de relaves normalmente están cargadas con sustancias químicas potencialmente peligrosas o pueden ser ácidas o básicas por naturaleza, la cancha de relaves puede ser nociva para las aves migratorias, aves acuáticas y otras especies silvestres.



Los relaves llevados por el viento pueden ser controlados mediante la instalación de protección contra ventiscas en las playas de relaves para evitar el posible transporte de este material. Alternativamente o adicionalmente a las cercas, se pueden utilizar paliativos para el polvo a fin de formar una costra y evitar el transporte. En las áreas ocupadas por las pozas en las que la deposición de relaves es completa, una cubierta de suelo limpia puede ser colocada para prevenir el transporte.

Las alternativas para mitigar los impactos sobre la calidad de agua provenientes de los desechos de relaves incluyen la disposición en pozas con características de diseño para inhibir o detener el movimiento y transporte de contaminantes de filtración. Las características de diseño relevantes para los nuevos depósitos de relaves comprenden:

- \* Presas construidas con núcleos de arcilla que son profundizados en el lecho de roca para proporcionar estabilidad y retardar el movimiento de filtración,
- \* drenajes de aliviaderos para interceptar la filtración, aliviar las presiones en el pozo y reducir la superficie freática en los suelos de la presa,
- \* sistemas de filtración revestidos sintéticamente para coleccionar y/o reciclar soluciones contaminadas de pozas de relaves, y
- \* pozas revestidas sintéticamente con drenajes para reducir la presión hidráulica en el revestimiento y un sistema de recuperación de filtraciones y detección de fugas.

Otras alternativas de mitigación potencial comprenden:

- \* Construcción de cercos para restringir el acceso de especies silvestres.
- \* Abastecimiento de fuentes alternativas de agua para especies silvestres y ganado.
- \* Pozos de intercepción para detener y recubrir infiltraciones existentes.
- \* Descarga y tratamiento de aguas, y
- \* Cuando sea posible, el reciclaje de relaves para reducir el consumo de agua.

## **7.4 Operaciones Hidrometalúrgicas**

Los propietarios y/u operadores de operaciones hidrometalúrgicas deben describir en el PAMA las características de estabilidad de las pilas de lixiviación, de las condiciones de lavado y neutralización

incompletos, del control de soluciones, erosión eólica e impactos producidos en las aguas subterráneas y superficiales. Adicionalmente, el PAMA debe indicar las alteraciones del suelo y vegetación, emisiones de gas y partículas y el peligro para las especies silvestres como del ganado.

## **7.4.1 Alteración del Suelo y la Vegetación**

Los impactos sobre el suelo y la vegetación pueden incluir la pérdida de los recursos del suelo por la construcción de instalaciones, deposición de pilas de lixiviación sobre la capa superficial del suelo, la construcción de sistemas inadecuados de recuperación/colección de soluciones de lixiviación, desprendimientos y derrames que entierren o contaminen los suelos y destruyan la vegetación. Estos impactos pueden inhibir la capacidad de recuperación del área luego del cierre y puede tener impactos significativos para las especies silvestre del emplazamiento durante las operaciones. Las posibles medidas de mitigación que pueden ser utilizadas para mitigar impactos son:

- . Remoción y apilamiento de la capa superficial del suelo,
- . evaluación apropiada por especialistas en estabilidad de pilas,
- . construcción de un revestimiento sintético para la pila con pozas de soluciones cargadas revestidas sintéticamente,
- . uso de procedimientos apropiados para neutralizar y lavar pilas lixiviadas, y
- . diseño, construcción y operación apropiados de sistemas de aislamiento de colección, de caminos y de almacenamiento.

## **7.4.2. Contaminación del Aire por Emisiones de Gases y Partículas**

La contaminación del aire por materia particulada puede ser minimizada manteniendo un apilamiento húmedo o el uso de cemento Portland para aglomerar las fracciones más finas en la matriz de la pila. Las pilas lixiviadas deben ser neutralizadas, lavadas, cubiertas con un medio de crecimiento de plantas adecuado y rehabilitadas.

## **7.4.3 Contaminación de las Aguas Superficiales y Subterráneas por Derrames o Infiltración de Desechos Líquidos Producidos por las Operaciones Hidrometalúrgicas**

Los derrames o infiltraciones de desechos líquidos provenientes de las operaciones hidrometalúrgicas pueden tener impactos significativos en aguas superficiales y subterráneas ya que los desechos

normalmente contienen alta concentración de metales tóxicos y sustancias químicas. La contaminación de aguas superficiales y subterráneas pueden ser minimizadas por revestimiento de tajos hidrometalúrgicos con materiales de revestimiento sintético.

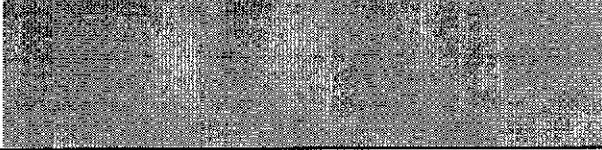
En caso que se detectara la contaminación de aguas subterráneas, los pozos interceptores deben ser instalados a lo largo del perímetro de la capa impermeabilizada y el agua colectada de los pozos evaporada o tratada para reducir las concentraciones para cumplir con los LMPs. Cuando sea posible, el agua debe ser reciclada.

#### **7.4.4 Peligro para la Vida Silvestre y el Ganado en las Operaciones Hidrometalúrgicas**

Se pueden minimizar los peligros de las especies silvestres y el ganado por la construcción de cercos alrededor de los tajos y proporcionando una fuente alternativa de agua dulce cercana. El acceso de las aves a los tajos puede minimizarse instalando mallas sobre los tajos, lanzando periódicamente bocinas de aire o disparando al aire para alejar a los pájaros.

#### **7.5 Operaciones de Amalgamación**

El PAMA para las operaciones de tratamiento de minerales que emplea o ha empleado la amalgamación debe describir el proceso. Usar mercurio directamente en el proceso de concentración gravimétrica está prohibido por ley. Adicionalmente, las instalaciones que usan la amalgamación de mercurio deben ser equipadas con amalgamadores, retortas y pozas para la sedimentación de partículas que podrían contener mercurio. Recubrir las pozas con recubrimientos sintéticos o de arcilla ayudaría a prevenir la infiltración de contaminantes a las aguas subterráneas. Instalar depuradores y desempañadores en las corrientes de descarga de las retortas de la planta, las retortas podrían reducir la liberación de vapor de mercurio y permitir el reciclaje y recuperación de mercurio. Los procesos de reciclaje y recuperación deben ser utilizados a fin de evitar la polución del aire y las aguas. Estas y otras medidas de mitigación deben ser indicadas en el PAMA.



## REFERENCIAS

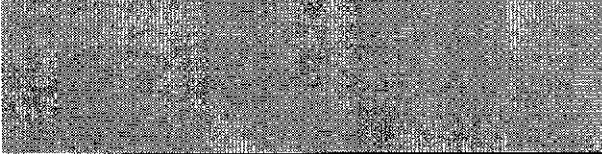
**California Mining Association**, «Mine Waste Management», (1992).

**U.S. Environmental Protection Agency**, «A Study of Waste Generation, Treatment and Disposal in the Metals Mining Industry», (Octubre, 1976). Publicación No. PB-261 052.

**U.S. Environmental Protection Agency**, «Metals Mining and Milling Process Profiles with Environmental Aspects», (Junio, 1976). Publicación No. PB-256 394).

**The World Bank**, Environment Department, «Environment Assessment Sourcebook, Volumes I, II y III, «World Bank Technical Paper #139, (Diciembre 1991).

**Wyoming Surface Mining and Reclamation Regulations**, Wyoming Department of Environmental Quality, Land Quality Division, Rules and Regulations, Capítulos I-XXV.



## **GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS INGLES - CASTELLANO**

Aireborne	: transportado por el viento
Amalgamator	: amalgamadores
Blasting air horns	: bocinas de aire
Bulldozer	: tractor
Conveyor transfer	: transportador de transferencia
Coring	: barrenado
Countouring	: surcado
Crusher	: trituradora
cuttings	: cortes
Demisters	: desampañadores, limpiadores
Disturbances	: disturbios, alteraciones
Dozer excavations	: excavaciones con tractores niveladores
Drainage basin	: cuenca de drenaje
Drilling rigs (p.33)	: equipo de perforación
Encroach	: traspasar los límites (ganar espacio)
Erodability	: erosionabilidad

Exhaust stacks	: chimeneas de descarga
Exhaust stream	: corrientes de descarga
Fish ladder	: escalones para peces
Geotextiles	: geotextiles
Head cuttings	: cárcavas
Heap Leach Pads	: pilas de lixiviación
Hoppers	: tolva
Hydraulic head	: cabeza hidráulica
Hydromulch	: mulch húmedo
Laterals	: socavones laterales
Liner	: revestimiento
Mulch	: mulch, coberturas no vivas, inertes
Plugging of bareholes	: taponeado de los orificios de perforación
Project layout	: perfil del proyecto
Recountouring	: reperfilar
Retorts	: retortas
Rip rap	: lozas de defensa (escollera, enrocado)
Road watering	: riego de vías de carga
Sand drift fences	: protección contra ventiscas



# Anexos

---

Scrubbers	: depuradores, lavadores
Slag storage pads	: capas impermeabilizadas de almacenamiento de escoria
Sloughing	: desprendimientos, eliminación
Spent heap leach piles	: pilas lixiviadas
Spoil piles	: pilas de dragado
Spray bars	: barras rociadoras
Stripping process	: proceso de descarga
Subsidences	: subsidencias
Tailings liquor	: licores de relaves
Tailings dam	: presa de relaves
Trip switches	: interruptores de escape, interruptores de enganche
Vents	: respiraderos
Watering haul rocks	: Humedecimiento de rocas para el transporte



Este Libro se terminó de imprimir en los talleres de  
**METROCOLOR S.A.**  
Los Gorriones # 350-360 La Campiña, Chorrillos  
Telfs.: 251-8831, 251-8832  
Lima - Perú, Agosto de 1997