

---

# Volumen II Apéndices

## Guía de Revisión Técnica de EIA: Minería No Metálica y Metálica

Documento Regional preparado bajo El Programa de Cooperación Ambiental CAFTA-DR  
para Fortalecer la Revisión de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)



Preparado por Expertos Regionales en EIA y Minería de los países de CAFTA-DR y EUA, con apoyo de:



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

PROGRAMA DE USAID DE EXCELENCIA  
AMBIENTAL Y LABORAL PARA CAFTA-DR



**CCAD**  
COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

Este documento es el resultado de un esfuerzo regional de los acuerdos de cooperación ambiental emprendidos como parte de los Acuerdos de Libre Comercio de América Central y República Dominicana con los Estados Unidos. Expertos regionales participaron en la preparación de este documento, sin embargo no necesariamente representa las políticas, prácticas o requisitos de sus gobiernos y organizaciones.

La reproducción total o parcial de este documento en cualquier forma para efectos educativos o sin fines de lucro es permitida sin la autorización expresa de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), de la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID) y/o la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD,) en tanto que se mencione su fuente.

# Guía de Revisión Técnica de EIA: Minería No Metálica y Metálica

## Volumen II Apéndices

La Guía para la Revisión Técnica de Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) para Minería No Metálica y Metálica se elaboró como parte de un esfuerzo regional para garantizar de la mejor manera que se identifiquen, eviten, prevengan y/o mitiguen más acertadamente los impactos adversos y se mejoren los impactos benéficos de aquellos proyectos mineros sujetos a revisión por parte de funcionarios de gobierno, organizaciones no gubernamentales y del público en general a lo largo del ciclo de vida de los proyectos. Los lineamientos son parte de un programa más amplio para fortalecer la revisión de las evaluaciones de impacto ambiental bajo los acuerdos de cooperación ambiental asociados con el Acuerdo CAFTA-DR de Libre Comercio entre los Estados Unidos y los cinco países de la América Central y República Dominicana.

La guía fue preparada por expertos regionales de los países del CAFTA-DR y de los Estados Unidos tanto del sector ambiental de los gobiernos, como del sector minero e importantes académicos nombrados por los respectivos Ministerios, apoyados bajo contrato de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID) con el Programa para la Excelencia Ambiental y Laboral, y subvencionados por la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). Los lineamientos se basan en materiales ya existentes dentro y fuera de los países de la región y de organizaciones internacionales y no representan las políticas o prácticas de ningún país u organización.

Las guías están disponibles en inglés y en español en el sitio Web de la Comisión Centro Americana Ambiente y Desarrollo (CCAD), en la Agencia de Protección al Medio Ambiente de los EE.UU. (U.S.EPA), y en la Red Internacional para el Cumplimiento y Aplicación Ambiental (INECE) [www.sica.int/ccad/](http://www.sica.int/ccad/) [www.epa.gov/oita/](http://www.epa.gov/oita/) [www.inece.org/](http://www.inece.org/) El Volumen 1 contiene los lineamientos con un glosario y referencias que conducen a elementos internacionalmente reconocidos de evaluación de impactos ambientales; el Volumen 2 contiene los Apéndices con información detallada sobre minería, requisitos y normas, herramientas de pronóstico y códigos internacionales; y la Parte 2 del Volumen 1 contiene ejemplos de Términos de Referencia referidos a los Volúmenes 1 y 2 para exploración y explotación de proyectos mineros no metálicos y metálicos respectivamente, para que los países los usen para adoptar o adaptar sus propios requisitos para los programas de EIA en proyectos mineros.



PROGRAMA DE USAID DE EXCELENCIA  
AMBIENTAL Y LABORAL PARA CAFTA-DR



**INDICE**

<b>APENDICE A. ¿QUE ES LA MINERIA?</b>	<b>1</b>
1. INTRODUCCION	1
2. METODOS DE EXTRACCION	1
2.1. Superficial o de Cielo Abierto	1
2.2. Minería Subterránea	2
2.3. Minería de Solución	3
3. BENEFICIADO	4
3.1. Labrado	4
3.2. Amalgama	4
3.3. Flotación	4
3.4. Lixiviado	5
3.5. Otros Procesos	5
4. DESECHOS	6
4.1. Material Geológico de Desecho	6
4.2. Agua de Minas	6
4.3. Desechos de Concentración	7
4.4. Desechos de Procesamientos de Minerales	7
<b>APENDICE B. GENERALIDADES DE LA ACTIVIDAD DE LA INDUSTRIA MINERA EN LOS PAISES CAFTA-DR</b>	<b>9</b>
1 GENERALIDADES DE LA REGION	9
2 PANORAMA POR PAIS CAFTA-DR	15
2.1. Costa Rica	15
2.2. República Dominicana	19
2.3. El Salvador	20
2.4. Guatemala	22
2.5. Honduras	25
2.6. Nicaragua	28
<b>APENDICE C. REQUISITOS Y NORMAS</b>	<b>31</b>
1 INTRODUCCIÓN A LAS LEYES, NORMAS Y REQUISITOS AMBIENTALES	31
2 NORMAS AMBIENTALES PARA LA CALIDAD DEL AIRE Y EL AGUA	34
3 NORMAS DE DESEMPEÑO ESPECÍFICAS EN EL SECTOR MINERO	40
3.1 Límites de vertidos de agua/efluentes del sector minero	44
3.2 Información Suplementaria sobre Límites de Vertidos de Aguas/Efluentes para el Sector Minero	43
3.3 Requisitos de escorrentías Pluviales para el Sector Minero	51
3.4 Límites de Emisiones Atmosféricas para el Sector Minero	52
3.5 Desechos Sólidos del Sector Minero	58
4 TRATADOS Y ACUERDOS INTERNACIONALES	59
5 REFERENCIAS DE SITIOS WEB SOBRE EL SECTOR MINERO	61

<b>APENDICE D. EROSION Y SEDIMENTACION</b>	<b>63</b>
<b>1 METAS Y PROPOSITO DEL APENDICE</b>	<b>63</b>
<b>2 TIPOS DE EROSION Y TRANSPORTE DE SEDIMENTO</b>	<b>63</b>
2.1. Erosión entre Surcos y en Surcos	60
2.2. Erosión por Barrancos	60
2.3. Erosión de Canal de Corriente	65
2.4. Pérdida de Tierra, Desprendimientos de Tierra y Flujos de Escombros	65
<b>3 FUENTES DE EROSION Y SEDIMENTACION RELACIONADAS CON LA MINERIA</b>	<b>66</b>
<b>4 METODOS PARA MEDIR Y PREDECIR LA EROSION Y LA SEDIMENTACION</b>	<b>66</b>
4.1 Erosión Bruta	67
4.2 Producción de Sedimento	68
4.3 Carga y Sedimentación Suspensas	69
4.4. Software y Modelos de Cuenca Hidrográfica para la Predicción de la Producción de Sedimento	71
<b>5 REPRESENTATIVIDAD DE LOS DATOS</b>	<b>74</b>
<b>6 METODOS PARA MITIGAR LA EROSION Y LA SEDIMENTACION</b>	<b>75</b>
6.1. Categorías de Mejores Prácticas de Manejo (MPMs)	76
6.2. Prácticas de Control Innovadoras	83
<b>7 RESUMEN</b>	<b>84</b>
<b>8 REFERENCIAS</b>	<b>84</b>
8.1. Referencias Citadas	84
8.2. Referencias Adicionales	78
<b>APENDICE D-2 REGLAS DE ORO PARA EL CONTROL DE LA EROSION Y SEDIMENTOS</b>	<b>81</b>

<b>APENDICE E. GUIA GDAR (DRENAJE DE ROCA ACIDA)</b>	<b>95</b>
<b>1 INTRODUCCION</b>	<b>103</b>
<b>2 FORMACION DE DRENAJE ACIDO DE ROCA</b>	<b>97</b>
<b>3 MARCO PARA LA GESTION DEL DRENAJE ACIDO DE ROCA</b>	<b>99</b>
<b>4 CARACTERIZACION</b>	<b>109</b>
<b>5 PREDICCION</b>	<b>111</b>
<b>6 PREVENCION Y MITIGACION</b>	<b>114</b>
<b>7 TRATAMIENTO DEL DRENAJE ACIDO DE ROCA</b>	<b>117</b>
<b>8 MONITOREO DEL DRENAJE ACIDO DE ROCA</b>	<b>119</b>
<b>9 EVALUACION DEL DESEMPEÑO Y GESTION DEL DRENAJE ACIDO DE ROCA</b>	<b>120</b>
<b>10 COMUNICACION Y CONSULTA SOBRE EL DRENAJE ACIDO DE ROCA</b>	<b>122</b>
<b>11 RESUMEN</b>	<b>124</b>
<b>12 REFERENCIAS</b>	<b>124</b>

<b>APENDICE F. PLAN DE MUESTREO Y ANALISIS</b>	<b>125</b>
<b>1 INTRODUCCION</b>	<b>125</b>
1.1. Nombre de Sitio o Área de Muestreo	125
1.2. Organización Responsable	125
1.3. Organización del Proyecto	125
1.4. Declaración de un Problema Específico	126
<b>2 ANTECEDENTES</b>	<b>126</b>
2.1. Descripción del Sitio o Área de Muestreo [Completar los espacios en blanco.	126
2.2. Historia Operacional	126
2.3. Investigaciones Previas / Involucramiento Regulatorio	127
2.4. Información Geológica	127
2.5. Impacto Ambiental y/o Humano	127
<b>3 OBJETIVOS DE LA CALIDAD DE DATOS DEL PROYECTO</b>	<b>127</b>
3.1. Tarea del Proyecto y Definición del Problema	127
3.2. Objetivos de Calidad de los Datos (OCD)	127
3.3. Indicadores de Calidad de los Datos (ICD)	128
3.4. Revisión y Validación de Datos	129
3.5. Manejo de Datos	129
3.6. Supervisión de la Evaluación	129
<b>4 JUSTIFICACION DEL MUESTREO</b>	<b>129</b>
4.1. Muestreo de Suelos	130
4.2. Muestreo de Sedimentos	130
4.3. Muestreo del Agua	130
4.4. Muestreo Biológico	130
<b>5 SOLICITUD DE ANALISIS</b>	<b>131</b>
5.1. Narrativa del Análisis	131
5.2. Laboratorio Analítico	131
<b>6 METODOS Y PROCEDIMIENTOS DE CAMPO</b>	<b>131</b>
6.1. Equipo de Campo	132
6.2. Revisión de Campo	132
6.3. Suelo	132
6.4. Muestreo de Sedimentos	135
6.5. Muestreo de Agua	136
6.6. Muestreos Biológicos	139
6.7. Procedimientos de Descontaminación	140
<b>7 ENVASES PARA MUESTRAS, CONSERVACION Y ALMACENAMIENTO</b>	<b>141</b>
7.1. Muestras de Suelo	142
7.2. Muestras de Sedimentos	142
7.3. Muestras de Agua	143
7.4. Muestras Biológicas	145
<b>8 DISPOSICION DE LA MATERIA DE DESECHO</b>	<b>145</b>
<b>9 DOCUMENTACION PARA MUESTRAS Y ENVIO</b>	<b>146</b>
9.1. Notas de Campo	146
9.2. Etiquetado	148
9.3. Muestra de Formularios de Cadena de Custodia y Sellos de Custodia	148
9.4. Embalaje y Envío	149
<b>10 CONTROL DE CALIDAD</b>	<b>150</b>
10.1. Control de Calidad de las Muestras de Campo	150
10.2. Muestras de Antecedentes	155
10.3. Análisis de Campo y Muestras de Confirmación	155

10.4.	Muestras de Control de Calidad de Laboratorio	156
<b>11</b>	<b>VARIACIONES DE CAMPO</b>	<b>157</b>
<b>12</b>	<b>PROCEDIMIENTOS DE SALUD DE CAMPO Y SEGURIDAD</b>	<b>158</b>
<b>APENDICE G.</b>	<b>CODIGO INTERNACIONAL PARA EL MANEJO DEL CIANURO</b>	<b>159</b>
<b>1</b>	<b>ALCANCE</b>	<b>160</b>
<b>2</b>	<b>IMPLEMENTACION DEL CODIGO</b>	<b>160</b>
<b>3</b>	<b>PRINCIPIOS Y NORMAS DE PROCEDIMIENTO</b>	<b>161</b>
<b>4</b>	<b>GESTION DEL CODIGO</b>	<b>164</b>
<b>5</b>	<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>167</b>
<b>APENDICE H.</b>	<b>GARANTIAS FINANCIERAS DEL BANCO MUNDIAL</b>	<b>171</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>171</b>
<b>2</b>	<b>INSTRUMENTOS DE GARANTIAS FINANCIERAS</b>	<b>176</b>
2.1.	Carta de Crédito	176
2.2.	Fianza (Seguro)	176
2.3.	Fideicomiso	178
2.4.	Efectivo, Giro Bancario o Cheque Certificado	178
2.5.	Garantía de la Compañía	178
2.6.	Esquema de Seguro	180
2.7.	Gravamen por Unidad	180
2.8.	Fondos de Amortización	181
2.9.	Activos en Prenda	181
2.10.	Fondo Común	181
2.11.	Transferencia de la Responsabilidad	181
<b>3</b>	<b>ESTUDIOS DE CASOS</b>	<b>182</b>
3.1.	ONTARIO	182
3.2.	NEVADA	184
3.3.	QUEENSLAND	187
3.4.	VICTORIA	190
3.5.	BOTSWANA	193
3.6.	GHANA	194
3.7.	PAPUA NEW GUINEA	195
3.8.	AFRICA DEL SUR	199
3.9.	SUECIA	200
3.10.	UNION EUROPEA	202
<b>4</b>	<b>DISCUSION EN BASE A LOS CASOS DE ESTUDIO</b>	<b>203</b>
<b>5</b>	<b>LINEAMIENTOS DE IMPLEMENTACION</b>	<b>196</b>
<b>6</b>	<b>REFLEXIONES FINALES</b>	<b>219</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>220</b>
<b>ANEXO H-1 DE SITIOS WEB</b>		<b>224</b>
<b>ANEXO H-2 TEMPLATE DE CARTA DE CREDITO</b>		<b>226</b>
<b>ANEXO H-3 TEMPLATE DE BONO DE GARANTIA</b>		<b>227</b>

## APENDICE A. ¿QUE ES LA MINERIA?

---

### 1. INTRODUCCION

Se siguen varios pasos para la implementación exitosa de una operación minera:

Extracción: esta es la primera fase en la minería de piedra dura el cual consiste en la remoción inicial de la mena ya sea mediante la minería a cielo abierto o subterránea.

Beneficiado: es el siguiente paso, y el intento inicial de liberar y concentrar el mineral valioso de la mena extraída. Dependiendo del grado del mineral de hierro removido de la mina, la mena podría triturarse inicialmente, y luego pasar por un procesamiento de concentración o lixiviación en pilas, u otros métodos. El beneficiado emplea uno o más métodos para separar el material en dos o más partes, de los cuales por lo menos uno debe ser el producto deseado. Estos métodos se utilizan para preparar minerales de hierro para un procesamiento más intenso y utilizar la diferencia entre las propiedades físicas de los diferentes materiales en la mena para concentrar el mineral deseado.

Posteriormente al beneficiado, los minerales valiosos se pueden concentrar aun más a través de una variedad de procesos piro metalúrgicos o hidrometalúrgicos. Los procesos piro metalúrgicos consisten en fundir los concentrados de mena a fin de crear un producto metal final. La mayor parte de estas instalaciones metálicas nuevas ya no utilizan el beneficio de fundición sino más bien dependen más de procesos hidrometalúrgicos dentro de los cuales el más conocido es el tanque de lixiviación de cianuro con electro disposición, seguido por el de hornos de fundición).

Los procesos hidrometalúrgicos toman el concentrado de mena y lo combinan con una amplia gama de químicos a manera de formar una solución rica en metales la cual es extraída luego con solventes y el metal final es electro obtenido. El mineral se puede extraer mediante el proceso de disolución en tanques grandes y luego es recuperado mediante un proceso químico.

El oro se puede recuperar del mineral de hierro mediante la lixiviación de pilas, la cual se obtiene apilando el mineral de hierro y aplicando soluciones de cianuro directamente a través de un rociador o por sistema de goteo. Luego se percolan las soluciones a través del mineral de hierro o mena, disolviendo los metales. La solución cargada de metales se recolecta en la base de la pila y se bombea a una planta de procesamiento en donde se recupera el metal del líquido. Muchas de las minas de oro nuevas ya no utilizan la lixiviación por pilas sino que están diseñadas para concentrar el oro fuera de la mena al lixiviar la mena dentro de los tanques. Este diseño resulta más ambientalmente amigable que la lixiviación por pilas.

### 2. METODOS DE EXTRACCION

Existen dos maneras básicas para extraer los minerales, a cielo abierto o subterráneamente. La elección de cual método de extracción utilizar depende de la topográfica local, la profundidad y el tipo de mineral siendo extraído; el tamaño y forma y ubicación del cuerpo mineral; y las consideraciones de costo. La minería de Solución (lixiviado en el sitio) es un proceso especializado y menos común que se utiliza en ciertos tipos de yacimientos de metales y sulfuros.

## **SUPERFICIAL O DE CIELO ABIERTO**

Una mina superficial generalmente consiste de un pozo grande y abierto que se excava en la tierra o a lo largo del lado de una Montaña o colina con taludes muy altos. Esta clase de mina es la menos cara y es además la primera elección de todo minero cuando encuentra un cuerpo mineral de gran dimensión con poca montera, cerca de la superficie terrestre. Las minas de cielo abierto se ven sencillas, pero cada una debe seguir sus propias especificaciones. Ante todo, las paredes del foso deben ser estables y mantenerse erectas, por lo que es importante comprender los mecanismos de las rocas de las paredes de la fosa a fin de determinar la pendiente más segura para la fosa. No hay que olvidar el delicado balance entre cuanta montera y ganga se puede minar para lograr acceso al mineral de hierro valioso, y la profundidad de la fosa.

Una mina de cielo abierto está construida mediante una serie de bermas, que disminuyen de tamaño desde la superficie al fondo de la mina. El tamaño y ubicación de la primera berma de cualquier mina a cielo abierto es crucial. Se excava bien dentro de la roca que rodea un cuerpo mineral. Como cada berma sucesiva es más pequeña que la anterior, la profundidad a la que se puede minar la fosa queda determinada por el tamaño y ubicación del primer corte o entrepecho.

La minería de cielo abierto requiere que se elimine y disponga de una capa de tierra y roca que no contiene minerales, que se llama comúnmente montera. Una segunda capa de roca, conocida como ganga, que contiene concentraciones bajas de mineral de hierro también se elimina, y dependiendo del contenido, se procesa o se elimina. La relación entre el tonelaje de desechos al mineral de hierro se conoce como la relación de despojo. Entre más baja es esta relación menor es la ganga que tiene que ser removida y más bajo el costo de operación.

Una vez que la montera y la ganga han sido removidos a fin de exponer el cuerpo de mineral, se taladra el mineral de hierro, se vuela y carga a los camiones para ser acarreado a las instalaciones apropiadas para su disposición, beneficiado o procesamiento. Cuando el yacimiento de alta calidad ha sido expuesto, continua la excavación y la eliminación de toda la ganga de bajo grado a su alrededor, hasta que se termine de remover el cuerpo de mineral valioso. Después de triturada y molida, la mena de alta calidad es acarreada al molino para continuar su procesamiento. La mena de grado inferior puede acarreararse al área de lixiviación en pilas, en donde se le aplica la solución para liberar el mineral de la roca.

La ventaja de costo principal de la minería a cielo abierto comparada con la minería subterránea es que los mineros pueden utilizar camiones y palas más grandes y poderosos, porque el equipo no está restringido por el tamaño de la fosa en donde deben trabajar. Esto permite una producción más rápida, y el costo más bajo también permite que se extraigan grados menores de mena.

Si el cuerpo de mineral es grande, y se extiende desde la superficie hasta una gran profundidad, es común comenzar a minar cerca de la superficie de una fosa abierta. Esto provee ingresos rápidamente mientras se hacen los preparativos para la minería subterránea de las partes más profundas del cuerpo mineral. No es poco común que se desarrolle la mena localizada debajo del piso de una mina a cielo abierto, desde lo subterráneo, impulsando una galería de extracción partiendo de la parte más profunda de la fosa.

## MINERIA SUBTERRANEA

Los métodos de minería subterránea se utilizan en los casos en que se localiza roca mineralizada muy profundamente por debajo de la superficie de la tierra. Para llegar al cuerpo mineral, se debe remover el mineral de hierro o mena y los desechos y ventilar. Los mineros deben excavar ya sea un pozo vertical, galería de extracción horizontal, o un pasadizo inclinado. Dentro del yacimiento, se construyen pasajes horizontales denominados socavones y galerías transversales que se desarrollan en varios niveles para acceder a áreas de minería escalonada. La roca volada es acarreada en trenes, cargadores o camiones que la pueden llevar hasta la superficie o transportarla hasta un túnel en donde es llevada a la superficie y enviada a una instalación de trituración.

Existen tres tipos de métodos básicos de minería subterránea, la selección de los cuales depende del tamaño del cuerpo mineral. Estos métodos son:

*Labor Escalonada* – Estas operaciones subterráneas conllevan un túnel o pozo vertical o el hundimiento de una galería de extracción horizontal, los cuales pueden dar acceso al cuerpo mineral. Este tipo de técnica de extracción se adapta mejor a los yacimientos de venas profundamente escarpadas.

*Minería de Cámara y Pilar* – En este proceso, se excava el mineral de hierro en dos fases, la primera involucra la perforación de socavones horizontales grandes (denominados cámaras) paralelos unos con otros y otros más pequeños perpendiculares a las cámaras. Una vez que la mina llega al extremo del cuerpo mineral, se pueden iniciar las operaciones de la segunda fase a manera de recuperar la mena dejada detrás de los pilares entre los socavones o túneles perpendiculares. Estas operaciones son ideales para los yacimientos horizontales.

*Minería de Socavación o Derrumbe* – Este método de minería de excavación de bloques utiliza la fuerza naturales de la gravedad para causar que la mena se desquebraje sola sin perforación y voladura. Una minería típica de socavación o derrumbe se desarrolla primero perforando una serie de túneles de acarreo paralelos por debajo del cuerpo mineral. Luego se perforan una serie de hoyos en los túneles de acarreo dentro del cuerpo mineral en un ángulo de 45 grados. Los hoyos se perforan en suficiente cantidad de modo que la estructura de la parte perforada del cuerpo mineral esté lo suficientemente débil como para que la gravedad misma cause su caída hacia los túneles subyacentes. La mena se recolecta de los túneles y es sacada en los cargadores.

Generalmente, los cuerpos de mineral son del tipo de vena, o de masa o de forma tubular. Esto conjuntamente con el grosor y regularidad de la mena influirán en el método seleccionado.

- Los cuerpos de mineral del tipo vena generalmente se encuentran recostados escarpadamente, permitiendo que la mena caiga a un nivel de perforación más abajo en donde puede ser cargado. Los cuerpos de mineral son usualmente angostos y a menudo irregulares, por lo que se debe tener cuidado de evitar las paredes de roca estéril. Estas se perforan de manera más exitosa mediante escalones subterráneos a pequeña escala.
- Los cuerpos de mineral masivos son grandes y usualmente de forma irregular. Los métodos de minería en masa con grandes escalones se acoplan más a este tipo de cuerpo mineral.
- Los cuerpos de mineral tubulares son planos o de recuesto suave y la mena, como no tiene otro lugar en el cual caer, debe ser manejada en el lugar de la voladura. La minería de cámara y pilares se

utiliza normalmente para extraer la mena. Este tipo de depósito tiende a producir tonelaje de moderado a alto, dependiendo del grosor y extensión lateral de la mena.

La fuerza de la mena y de las rocas que rodean al cuerpo mineral también influye en el método. Las aperturas pueden ser soportadas o auto soportadas. Algunas aperturas soportadas se mantienen por medio de un relleno, ganga, o agregados colocados en las aperturas poco tiempo después de haber sido minadas. En el pasado los mineros a menudo soportaban las paredes y techos en las minas subterráneas (labores) con “marcos” manufacturados de madera o acero. Sin embargo, este tipo de minería es costosa y de poco uso hoy en día. En las minas modernas para soportar las labores abiertas se usan pernos de roca de acero, pernos para asegurar una red de correas o pantallas de acero, o se aplica cemento que fragua rápidamente en la parte posterior y lateral de las aperturas.

Si las cámaras y pilares son lo suficientemente fuertes para sobrellevar el peso de las rocas encima de ellos y la tensión horizontal en la roca causada por las fuerzas tectónicas, las labores pueden ser auto soportadas, aun cuando el minero podría agregar fuerza y estabilidad con los pernos de roca y pantallas. En los cuerpos de mineral masivos, suele ser común que se siga un plan para la minería de los pilares. Esto se lleva cabo rellenando las gradas a manera de proveer el apoyo necesario cuando se minan los pilares.

## **MINERIA DE SOLUCION**

La minería de solución o lixiviación en el sitio, es una alternativa a las técnicas de cielo abierto y subterráneas antes descritas. Su uso para el mineraje de menas de óxido de metal y sulfuros ha aumentado a partir de 1975. La minería de solución involucra la perforación y bombeo de ácido sulfúrico diluido u otras soluciones de reactivos directamente en el cuerpo mineral subterráneo. El reactivo disuelve los metales en la mena y la solución se recolecta por varios medios tales como pozos o resumideros. Luego es bombeada a la superficie y recuperada utilizando las técnicas electro químicas.

La minería de solución permite instalaciones para el beneficiado de menas de sulfuros y óxido de menor grado. La minería de solución presenta desafíos ambientales singulares ya que requiere del manejo constante de soluciones en la profundidad de la tierra.

### **3. BENEFICIADO**

La mena minada, con pocas excepciones, debe ser beneficiada antes de su procesamiento posterior. El beneficiado, se denomina comúnmente labrado, y consiste en el procesamiento de los minerales de hierro para regular el tamaño del producto deseado, remover las partículas no deseadas, y/o mejorar la calidad, pureza o graduación del producto deseado. Los métodos de procesamiento fluctúan desde la trituración simple, lavado, tamizado, y secado, a métodos altamente complicados utilizados para el procesamiento de menas de cobre, plomo, cinc, plata y oro.

#### **3.1 LABRADO**

El primer paso en el beneficiado es el labrado. Típicamente esto se logra a través de una serie de operaciones de reducción de tamaño que comúnmente se refieren como trituración y molido. La trituración es el primer paso en el proceso. Se realiza en el mineral de hierro extractado, y se puede hacer en dos o tres etapas. Los sistemas de trituración primarios consisten de trituradores, alimentadores, sistemas de control de polvo y transportadores utilizados para llevar a la mena al

almacén de mena gruesa. Los separadores por tamaño (tales como los tamices ó rejillas) controlan el tamaño del material de alimentación entre las etapas de trituración y molido. Las rejillas se usan comúnmente para el material muy grueso. Los tamices separan mecánicamente los tamaños del mineral de hierro utilizando una superficie de tamiz que actúa como un calibrador "go/no go". Las cribas de vibradoras y sacudidoras se usan comúnmente como separadores.

Después de triturar la mena se muele. Esta es la última etapa del labrado. La mayor parte de las instalaciones ocupan molienda de rodillos y de bola para moler el mineral de hierro. Según el proceso particular que se esté utilizando en la mina, la mena triturada se puede moler como material seco o lechada. El material molido también se tamiza para lograr el tamaño y uniformidad deseada, generalmente ocupando un tamiz entre veinte y doscientos. Después del tamizado final, si la mena ha sido molida como un material seco, se le agrega agua para formar una lechada.

### 3.2 AMALGAMA

El oro y algunos otros metales preciosos se amalgaman al entrar en contacto con el mercurio metálico, o sea que el mercurio líquido se alea con el oro superficial para formar una partícula cubierta de mercurio con propiedades superficiales similares a las del mercurio puro. Estas partículas amalgamadas se alean y juntan de manera similar a las gotas de mercurio puro, y forman un solo charco. Cuando el mercurio ha amalgamado tanto oro como sea posible, se forma una masa plástica gris. Al calentar la masa se destila el mercurio dejando atrás el oro metálico. Este método además de exponer tanto a los trabajadores como al medio ambiente al mercurio, no se considera un proceso de alta tecnología minera. Actualmente el único uso del mercurio está limitado a la minería de oro en muy pequeña escala comercial o artesanal.

### 3.3 FLOTACION

Los metales también se pueden concentrar a través de la flotación, un método de separación mineral en el que un número de reactivos selectivamente flotan o hunden los minerales finamente triturados en una célula de flotación cerrada. Estas técnicas de separación utilizan las propiedades físicas y químicas de los minerales deseados junto con los químicos del proceso para separar a los minerales relativamente puros de los desechos restantes. Luego se descartan los desechos junto con los líquidos utilizados en el proceso. Los desechos sólidos de la minería resultantes de la flotación se eliminan en un estanque como desechos o relaves de minería. Los desechos o relaves a menudo contienen una amplia gama de metales que no han sido recuperados en el concentrado de mena. La disposición de los desechos puede imponer desafíos ambientales específicos ya que los desechos pueden lixiviar los metales al medio ambiente o debido al contenido sulfuroso de los desechos, pueden generar un drenaje de roca ácida que acelera el lixiviado de los metales de los relaves.

### 3.4 LIXIVIADO

Algunos minerales de hierro son más susceptibles a ser lixiviado para recuperar concentraciones bajas de metales. Muchas minas de cobre y oro utilizan formas de lixiviado. Todos los métodos de lixiviado incluyen la percolación de una solución o reactivo.

Existen 4 tipos principales de lixiviado: de vaciado, pila, tina y en el sitio (Descrita anteriormente bajo Minería de Solución). En cada tipo, los componentes básicos del proceso son yacimientos de mena de graduación baja, la solución del lixiviado, y una aérea de retención o recuperación que se utiliza para

extraer el metal deseado de la solución. El proceso del lixiviado escogido depende de la concentración de metales en la mena y de los costos de la operación minera. Por ejemplo, el lixiviado de volteado se usa comúnmente con el mineral de hierro de cobre con un cero punto cinco por ciento (0.05%) o más de contenido de cobre, mientras que el lixiviado de pila se utiliza para minerales de hierro de graduación más alta con concentraciones de cobre entre el cero punto cinco (0.5%) y el uno punto cinco por ciento (1.0%). La minería del oro utiliza tanto el lixiviado de pila y de tina.

El lixiviado de volteo se utiliza ampliamente en los procesos del lixiviado para la extracción del cobre, y puede causar el daño más grave al medio ambiente. Este proceso conlleva el volcado del mineral de hierro en grandes pilas de mineral de hierro de graduación baja triturado o no triturado que no se puede procesar rentablemente a través de otros métodos. Estos botaderos de lixiviados a menudo alcanzan alturas de hasta 60 metros y pueden contener varios millones de toneladas métricas de roca. La precipitación y solución adicional del lixiviado ácido se utiliza para disolver los minerales en una solución. La solución el lixiviado se rocía, inyecta y/o lava encima de la pila del botadero, y se recolecta la solución en zanjas que se drenan en estanques.

El lixiviado en pilas es una forma modificada del lixiviado por volteo a medida que se conduce a menor escala y con minerales de hierro de graduación más alta. Generalmente, la mena se tritura y se coloca en una almohadilla especialmente preparada de material sintético, asfalto o arcilla compactada. Los reactivos se utilizan como solución del lixiviado, la cual está compuesta típicamente por ácidos fuertes o bases para metales, base o cianuro para los metales preciosos.

El lixiviado de tina trata a los minerales de hierro de mayor graduación de cualquier otro proceso del lixiviado, y consiste en colocar la mena triturada en una tina de reactivos cerrada (en lugar de percolar la solución de reactivos a través del mineral de hierro).

En todos los procesos de lixiviado, los metales deseados deben ser recuperados de la solución de lixiviado. La solución del lixiviado conteniendo metales disueltos se bombea desde el estanque de retención hasta una planta de remoción. Los metales se recuperan de la solución utilizando un proceso químico o de electro deposición. Una vez que el metal ha sido removido de la solución de lixiviado, la solución se reconstituye normalmente y se utiliza nuevamente en el proceso de lixiviado.

### 3.5 OTROS PROCESOS

Los metales existen en la naturaleza como compuestos de sulfuros u óxidos. Estos compuestos se deben reducir para extraer el metal. Esta reducción se puede llevar a cabo ya sea a través de procesos electrolíticos o químicos, o una combinación de ambos. La reducción química incluye la fundición reductiva y la reducción de hidrogeno de autoclave. La reducción electrolítica (electro deposición) consiste en pasar sencillamente una corriente a través de un óxido disuelto o de un metal derretido para producir un metal neutro. Antes de la reducción, es necesario muchas veces separar los compuestos de metal de la mena bruta.

La separación se puede realizar utilizando flotación por espuma, concentración por gravedad, separación electrostática, o separación magnética. La flotación por espuma utiliza varios reactivos para separar las partículas. Las partículas hidrofóbicas se recuperan en la espuma y las partículas hidrofílicas se descargan en los desechos. Los diferentes tipos de mena utilizan diferentes tipos de reactivos. Las menas de óxido se pueden separar utilizando el ácido oxálico cuando se recuperan las menas sulfurosas utilizando el xantato o colectores del tipo ditiofosfato. Debido a que la gravedad específica de la mayor

parte de metales es más alta que el de la roca de sondeo, los metales también se pueden separar utilizando las mesas vibradoras, concentradores centrífugos o los demás métodos que dependen de la gravedad para su separación. Los concentradores electrostáticos y magnéticos utilizan las propiedades eléctricas o magnéticas de las partículas para separar los metales.

La electro disposición es otro proceso que se puede utilizar para reducir los metales. En este proceso, se pasa una corriente de un ánodo inerte a través de una solución de lixiviado líquido que contiene el metal de manera que el metal se extrae a medida que se va depositando en un proceso de electro chapeado en el cátodo. La reducción química se puede realizar mediante una variedad de procesos, que incluyen la fundición reductiva, o sea el proceso de calentar la mena con un agente reductor que generalmente es la hulla o coque o el carbón, y agentes para separar el metal puro derretido de los productos de desecho. Algunos otros procesos para la reducción química incluyen la reducción y conversión del hidrogeno del autoclave.

#### **4. DESECHOS**

Varios productos de desecho salen de los procesos de extracción y beneficiado. Estos se describen a continuación:

##### **4.1 MATERIAL GEOLÓGICO DE DESECHO**

Las operaciones de minería generan dos tipos de desechos montera/ ganga y roca de desarrollo minero. La montera/ ganga resulta del desarrollo de la mina de superficie, mientras que la roca de desarrollo de la mina es un subproducto de la extracción mineral de las minas subterráneas. La cantidad y composición de los desechos varía grandemente entre las diferentes ubicaciones, pero todos estos desechos contienen minerales asociados ya sea a la mena o a la roca anfitriona. La montera/ganga generalmente se elimina en pilas no alineadas mientras que la roca de desarrollo minero se puede utilizar en el sitio para carreteras u otras construcciones (si no lixivía metales). La roca de desarrollo minero se puede almacenar también en pilas no alineadas en el sitio o en aperturas subterráneas (únicamente también si no lixivía los metales al medio ambiente). Las pilas de desecho se pueden referir como botaderos de roca minera o botaderos de ganga.

La ubicación y diseño de los botaderos tienen que ser controlados y protegidos de la erosión y sedimentación. La escorrentía y lechada de los botaderos de ganga pueden contener metales pesados, y estas pilas pueden generar drenaje ácido si se encuentran presentes cantidades suficientes de minerales de sulfuros y humedad. La generación de drenaje ácido es uno de los desafíos más significativos para el medio ambiente de la minería moderna.

##### **4.2 AGUA DE MINAS**

El agua de minas incluye toda el agua recolectada en las minas superficiales o subterráneas producto de la filtración de aguas subterráneas o el influjo de aguas superficiales o la precipitación. Mientras que la mina siga operativa, se debe bombear el exceso de agua para mantener la mina seca y permitir el acceso al cuerpo mineral. Existen dos maneras de controlar el agua de mina: bombearla de los pozos de agua subterránea hasta el nivel freático más bajo o bombearla directamente desde las labores mineras. El agua recuperada se puede utilizar en el beneficiado o para el control de polvo, bombeado a los desechos o estanques de agua minera, o descargada a las aguas superficiales (siempre que cumpla con las normas de descarga).

La composición y cantidad del agua de mina varía entre las diferentes ubicaciones mineras debido a las condiciones locales y al tipo de capa y mena. La composición química del agua de mina depende de la geoquímica del cuerpo minero y del área circundante. El agua de mina también puede estar contaminada con pequeñas cantidades de petróleo y grasa del equipo de minería y por nitratos de las operaciones de voladura. Después que se abandona una mina generalmente se detiene el bombeo, permitiendo que la fosa con labores se llenen de agua si la mina está por debajo del nivel freático antes de la excavación a través de la aeración y el contacto con minerales sulfurosos el agua acumulada se puede acidificar y convertirse en agua contaminada con metales pesados, así como sólidos disueltos y suspendidos. Incluso en aguas no ácidas, los metales y metaloides tales como el antimonio, arsénico, mercurio, y demás se pueden liberar dependiendo del pH del agua. Con el tiempo esto puede conducir a la liberación descontrolada de agua de mina a las aguas superficiales y subterráneas, así como resultar en la formación de lagunas de fosas de post minería que imponen riesgos a los pájaros acuíferos y demás recursos biológicos.

### 4.3 DESECHOS DE CONCENTRACION

Las operaciones de beneficiado utilizadas para concentrar las menas de minerales generan varios tipos de desecho. Los sistemas de flotación descargan desechos líquidos y sólidos. Los sólidos incluyen más que todo material de roca de poco valor y pequeñas cantidades de minerales accesorios no recuperados. El componente líquido consiste de agua, sólidos disueltos y reactivos que no se consumieron durante la flotación. Los reactivos pueden incluir el cianuro que se utiliza como depresor en ciertas operaciones de flotación. Los desechos de flotación se envían generalmente a los estanques forrados de desechos, en el cual se asientan los sólidos. El líquido clarificado se puede reciclar en el molino o descargar siempre que cumpla con las normas de calidad de agua. Las características de los desechos de flotación varían considerablemente, dependiendo de la mena, los reactivos y los procesos utilizados. Otros tipos de desechos de beneficiado incluyen los lodos de desecho y lechada de las etapas de labrado y concentración por gravedad.

El diseño, operación y cierre adecuado de los estanques de desecho presentan otro desafío de gestión ambiental. El agua que se acumula en los estanques de desecho contiene muchos contaminantes y puede resultar extremadamente tóxica para la vida silvestre. Muchas minas ya no están utilizando la deposición húmeda de los desechos sino que más bien utilizan actualmente procesos de eliminación seca de los desechos en donde la mayor parte del agua es extraída de los desechos y luego éstos se colocan en el piso, se enrollan y comprimen y apilan. Esta opción de eliminación dispone efectivamente de los problemas de gestión del agua en el largo plazo relacionados con la eliminación húmeda tradicional.

### 4.4 DESECHOS DE PROCESAMIENTOS DE MINERALES

Los desechos de las operaciones de fundición tradicionales incluyen varias formas de contaminación del aire, control de polvo, ladrillo de los hornos, escoria y una gama de líquidos de desechos peligrosos en menor cantidad. La mayor parte de escoria contiene concentraciones más altas de metales pero en su mayoría están adheridas a la escoria. Algunas escorias pueden ser reutilizadas en la construcción. Los polvos contaminantes del aire producto de la fundición, a menudo tienen un alto contenido de metales y en algunas circunstancias pueden ser recolocados en el horno con el concentrado de mena. Los metales emitidos al aire provenientes de estos fundidores, sino se controlan apropiadamente, pueden causar daños serios al medio ambiente así como a la salud de los humanos y al aire, agua y pasadizos terrestres.

Los desechos de las operaciones hidrometalúrgicas incluyen los solventes de la parte de extracción con solventes del proceso. En algunos casos los solventes utilizados se mezclan con los solventes limpios y se reutilizan en el proceso. Algunos solventes ya utilizados se eliminan de manera rutinaria para mantener la calidad del solvente. Los tanques de electro disposición también generan electrolíticos ya usados que al igual que los solventes se pueden reutilizar si se mezclan con los electrolíticos nuevos. Parte de los electrolitos también se eliminan. La electro disposición genera también fango mineral que en el caso del cobre puede contener metales preciosos. En ese caso los fangos minerales y el lodo se recolectan y sacan fuera de sitio para recuperar los metales preciosos. Otras formas de electro disposición generan lodos que se deben eliminar.

Gran parte de las corrientes de desecho hidrometalúrgico pueden ser peligrosas y deben ser manejadas, tratadas y eliminadas adecuadamente. Otros desechos peligrosos auxiliares pueden generarse en los laboratorios ubicados en el sitio e incluyen químicos, muestras de líquidos, y cerámicas que se eliminan fuera del sitio en instalaciones de desechos fuera de la mina. Otros desechos peligrosos pueden incluir pinturas u solventes utilizados y generados por los procesos de mantenimiento de la instalación, o baterías usadas, asbestos y bifeniles policlorinados (PCB) de los transformadores eléctricos. El petróleo de desecho también se genera en la mina y puede ser peligroso. Los desechos no peligrosos son como por ejemplo las aguas de desechos de las plantas eléctricas y basura.

[Esta página está en blanco intencionalmente]

## APENDICE B. MINERA EN LOS PAISES CAFTA-DR

Este documento presenta una breve reseña de la extracción minera en los países CAFTA-DR. Se ha dividido en tres secciones. La primera sección presenta una comparación general en términos de la producción mineral en los diferentes países. La segunda sección ofrece un panorama escueto de la extracción mineral en cada uno de los seis países. La sección final contiene la lista de referencias utilizadas en este informe.

### 1 GENERALIDADES DE LA REGION

Las industrias de extracción mineral en los países CAFTA-DR producen una variedad de metales y minerales industriales. En el sector de minería de metales se producen, antimonio, oro, mineral de hierro, plomo, plata, níquel y zinc. La producción industrial incluye la arcilla, yeso, piedra caliza, mármol, puzolana, piedra pómez, sal, sal común y grava (Anderson, 2008, Bermúdez-Lugo, 2008). La Tabla C-1 presenta una comparación de país a país de los minerales extraídos en la región CAFTA-DR.

Existen relativamente pocas minas activas de tamaño significativo en el sector de minería de metales. (Tabla C-2). Estas minas son subterráneas o superficiales o a cielo abierto. La mayor parte de las minas activas extraen o labran los metales en el sitio con un marcado aumento en la producción de oro, y en menor cuantía de plata, entre los años de 2002 y 2006 en la región CAFTA-DR (ver la Figure B-1).

Las inversiones actuales en el sector de la minería de metales en la región se concentran principalmente en el descubrimiento y desarrollo de yacimientos de oro que se encuentran mayormente a lo largo del Cinturón de Oro de Centroamérica (COCA). El COCA se extiende desde el suroeste al oeste de Guatemala (el yacimiento de Marlin) atraviesa Guatemala (yacimiento del Cerro Blanco), luego cruza la parte central de El Salvador, el sur de Honduras, Nicaragua, y entra a la parte oeste de Costa Rica (yacimiento de las Crucitas) (Anderson, 2008). La exploración también domina las actividades del sector de minería de metales en la República Dominicana. La Figura B-2 presenta un cuadro de barras fundamentado en la base de datos de Minas y Canteras, con datos actuales de la exploración por país para los diferentes tipos de metales.

En cuanto a los minerales industriales, la piedra triturada, piedra caliza y demás agregados dominan la producción mineral en cada uno de los países CAFTA-DR. La minería de estos minerales generalmente se lleva a cabo en las canteras (similares a las minas a cielo abierto) y en algunos casos en operaciones de dragado. Al presente, existe poca información disponible al público que indique la naturaleza exacta de las operaciones de las canteras o el número de operaciones por país. Con base en el Anuario 2006 de USGS, la tendencia regional para los diferentes minerales industriales varía según se puede constatar en las Figuras, B-3 y B-4; sin embargo, las tasas de producción generales para la piedra caliza y las operaciones de arena y grava han permanecido relativamente estables, al menos entre el 2002 y 2006. En contraste ha habido un aumento constante en la producción de arcillas y yeso y una reducción en la producción de sal, con la cal bastante constante en los países CAFTA-DR.

**Tabla B- 1: Industrias de Extracción Mineral en los Países CAFTA-DR (Anderson, 2008 y Bermúdez-Lugo, 2008)**

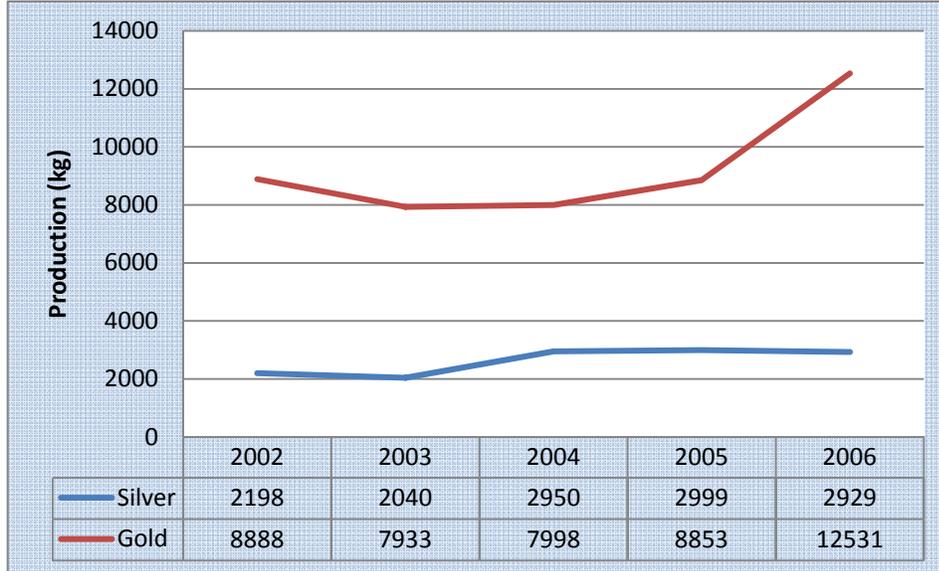
País	Costa Rica	República Dominicana	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua
<b>Minerales Industriales</b>						
Bauxita		X				
Baritina				X		
Carbón				X		
Ámbar		X				
Arcilla	X			X	X	X
Diatomita	X					
Yeso				X	X	X
Lignito		X				
Cal	X	X		X		X
Piedra Caliza	X	X	X		X	X
Mármol				X	X	
Pectolite (Iarimar)		X				
Fosfático			X			
Pómez (puzolana)	X		X	X		X
Sal (Marina)	X		X	X		X
Arena Sílice	X			X		
Arena y Grava	X	X		X	X	X
<b>Metales</b>						
Mineral de hierro				X	X	
Cobre					X	
Cadmio					X	
Níquel		X				
Oro			X	X	X	X
Plomo					X	
Níquel		X				
Plata			X	X		
Zinc				X		
Molibdeno		X				
Otros minerales	X	X	X	X	X	X

**Tabla B- 2: Número y tipos de Minas de Metal en los Países CAFTA-DR (Fuente: Mqdata.com)**

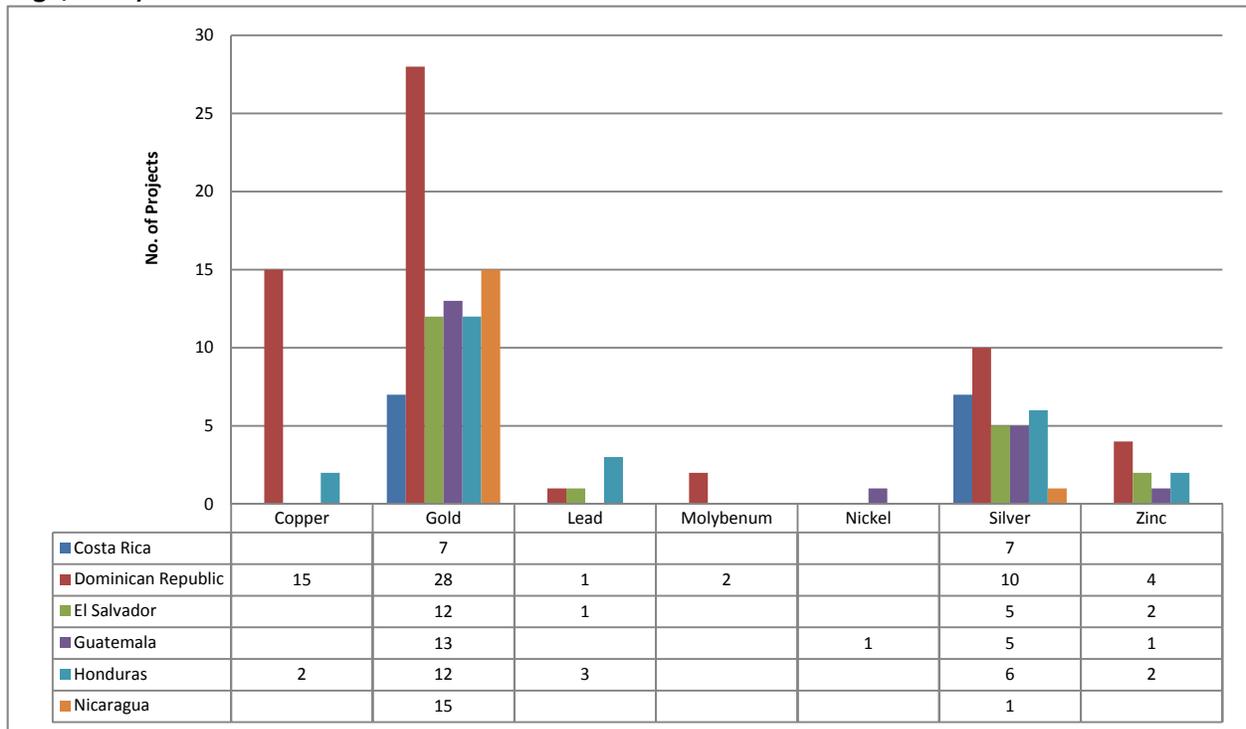
Producto	Costa Rica	República Dominicana	Guatemala	Honduras	Nicaragua
Antimonio			1 S		
Cobre				1 S	
Oro	1 S/U 1 U		2 S/U	3 S	2 S/U 1 S
Plomo				1 U	
Molibdeno		1 S			
Níquel		1 S	1 S		
Plata	1 S/U			1 U	
Zinc				1 U	

U = Subterránea S = Superficial/mina abierta S/U = mina abierta y subterránea

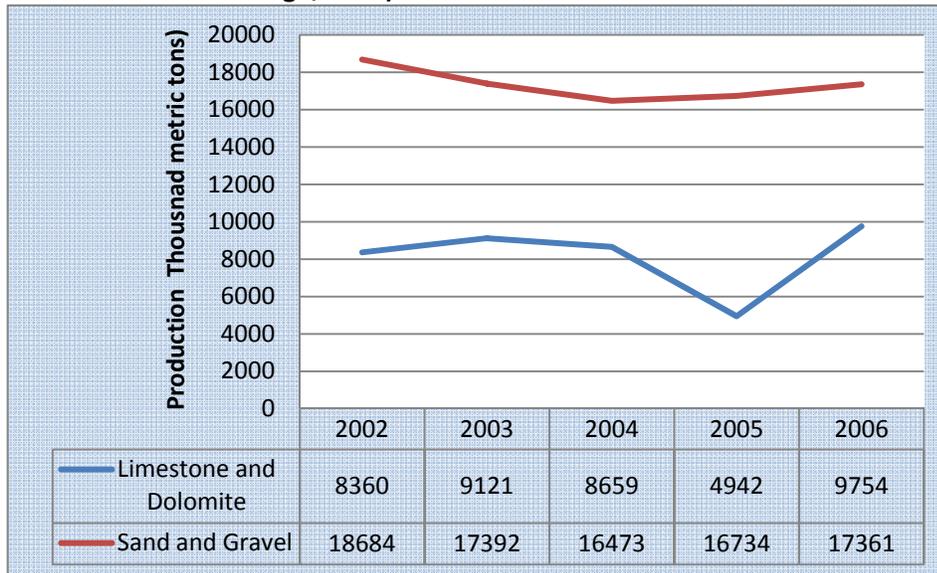
**Figura B- 1: Proyectos de Exploración de metales de la Región CAFTA-DR (Anderson, 2008 and Bermúdez-Lugo, 2008)**



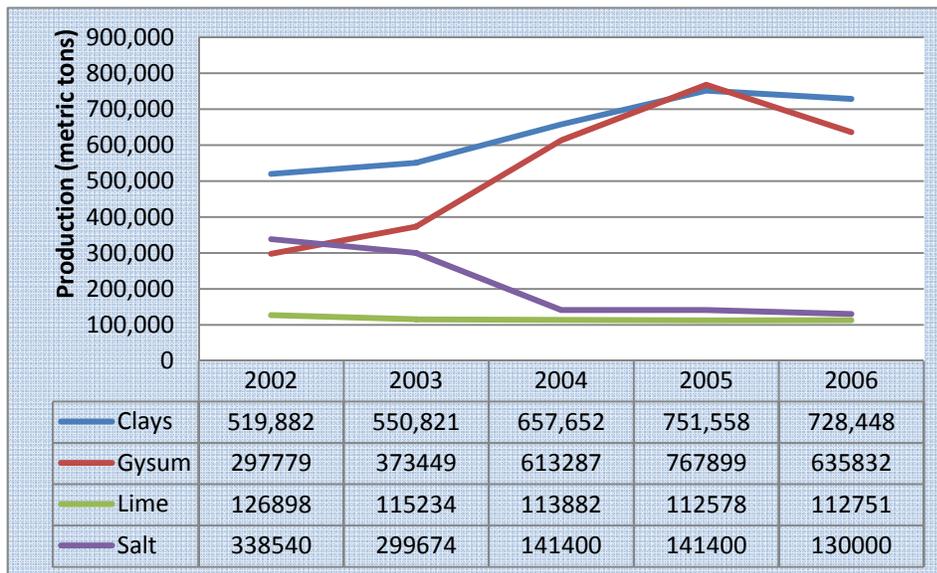
**Figura B- 2: Región CAFTA-DR, Proyectos de Exploración de Metales (Anderson, 2008 y Bermúdez-Lugo, 2008)**



**Figura B- 3: Región CAFTA-DR Piedra caliza y Arena/Gravas – Tendencia de producción (Anderson, 2008 and Bermúdez-Lugo, 2008)**



**Figura B- 4: Región CAFTA-DR –Tendencia de la producción mineral industrial (Anderson, 2008 y Bermúdez- Lugo, 2008)**



El significado de cada uno de estos minerales extraídos para la economía de cada país CAFTA es asunto de debate. Según se presenta en la Tabla B-3, las industrias de extracción de minerales contribuyen desde menos del 1 por ciento al 3 por ciento del producto interno bruto (PIB) de los países. Sin embargo, la mayor parte de la producción mineral es para los materiales industriales utilizados para propósitos internos, y su contribución al PIB podría no estar totalmente reflejada en estos valores. De manera similar, el ingreso de algunas operaciones pequeñas locales podría no estar capturadas en las cuentas nacionales.

**Tabla B- 3 Información sobre la Producción Mineral en la Región CAFTA-DR**

País	Costa Rica	República Dominicana	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua
<b>Minerales Industriales, Tipo de Mineral como porcentaje del Total.</b>						
Bauxita		3% (2005)				
Diatomita	0.41% (2006)					
Yeso		2% (2005)		2.45% (2006)	0.18% (2006)	0.48% (2006)
Piedra Caliza	15% (2006)	8% (2005)	94% (2006)	52.26% (2006)		3.57% (2006)
Mármol			2% (2006)	0.54% (2006)	53.4% (2006)	
Sal	0.03% (2006)	1% (2005)	0.24% (2006)	0.54% (2006)		0.34% (2006)
Arena y Grava	78% (2006)	85% (2005)	NA	18.36% (2006)	44.5% (2006)	95.46% (2006)
Arcilla	7% (2006)	1% (2005)		2.44% (2006)	0.62% (2006)	0.03% (2006)
Pómez (puzolana)	0.13% (2006)		<0.01% (2006)	4.82% (2006)		0.1% (2006)
Fosfático			5% (2006)			
Cal	0.17% (2006)	4% (2005)				0.3% (2006)
<b>Metales, Descripción de Operaciones</b>						
Antimonio				1% del abastecimiento mundial en el 2006		
Oro	La producción del oro es actualmente por operadores pequeños con una producción incierta.	GlobeStar Mining Corporation de mena a fundidores con el oro como sub producto	No hay minas importantes operando actualmente- si existen minas pequeñas	El oro se extrae de dos minas en operación. El método de refinado es desconocido	Tres minas de oro en operación utilizando lixiviado en pila.	Tres minas de oro principales en el país
Plata		GlobeStar Mining Corporation de la mena a los fundidores con la plata como subproducto	Actualmente no están operando minas importantes- aunque si existen minas pequeñas.		Una mina de plata	
Mineral de Cobre		Mena a fundidores con una recuperación de hasta el 90%				
Mineral de Plomo						
Níquel		Exportación líder. 3a industria líder globalmente		3 <sup>rd</sup> productor más grande en América Latina		
Zinc		GlobeStar Mining Corporation mena a fundidores con una recuperación de hasta el 85%				
Mineral de Hierro					0.76% (2006)	
GPA	0.2% in 2006	2% en 1988	1%en 1999	3% en 2006	2% en 2006	1%en 2006

País	Costa Rica	República Dominicana	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua
porcentaje del total de GPA		7.8% en 2008(?)				

\*Porcentajes basados en datos reportados en el Anuario de Minerales 2006 (Anderson, 2008).

Finalmente, en cada uno de los países CAFTA-DR, el efecto de la extracción mineral sobre el medio ambiente es una gran preocupación, que incluye el consumo de agua; la contaminación del agua debido al aumento de la sedimentación; derrames tóxicos y fallas de las lixiviaciones de pila y presas de desechos; contaminación del aire por polvo y demás sustancias; y la deforestación. La B-4 presenta un breve vistazo de las preocupaciones principales en cada país.

**Tabla B- 4: Región CAFTA-DR – Preocupaciones Medio Ambientales por la Minería**

Preocupaciones Medio Ambientales	Costa Rica	República Dominicana	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua
Escasez de agua	X	X	X	X	X	X
Contaminación del agua	X	X	X	X	X	X
Asuntos de salud	X	X	X	X	X	X
Contaminación del aire (polvo, cianuro de hidrógeno y dióxido de azufre)	X	X	X	X	X	X
Contaminación del suelo	X	X		X	X	X
Mayor deforestación	X	X	X	X	X	X
Daño a los ecosistemas y agricultura	X	X		X	X	X
Efectos de los huracanes sobre el impacto de las actividades mineras	X	X		X	X	X

## 2 PANORAMA POR PAIS CAFTA-DR

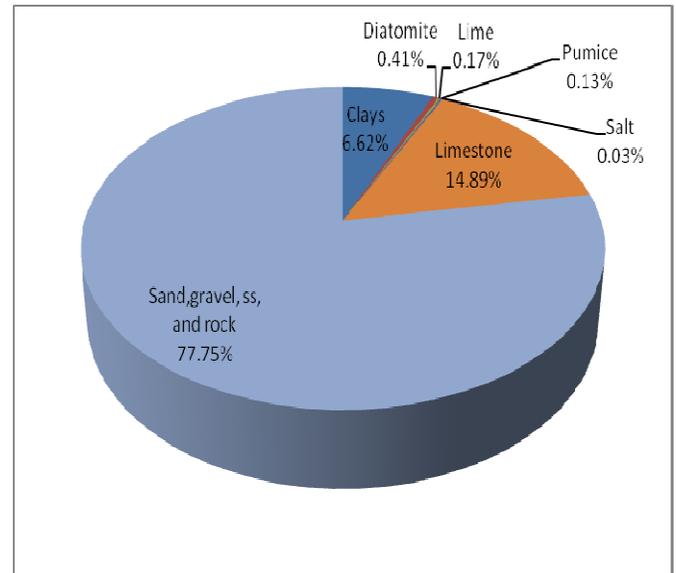
### 2.1 COSTA RICA

De acuerdo con el USGS 2006 – Minerals Yearbook (Anderson, 2008), la producción mineral dio cuenta de aproximadamente el 0.2% del Producto Interno Bruto de Costa Rica en el 2006. La Figura C-5 ilustra la producción mineral en Costa Rica. Las canteras de arena, grava, roca y piedra caliza dominan este sector. Se estima que aproximadamente el 0.41% de la diatomita de producción mineral interna se acerca al 1% de la producción mundial de diatomita (U.S. Energy Information Administration, 2007; Founie, 2008; Seaward and Coates, 2008; Banco Central de Costa Rica, sin fecha).

En mayo de 2002, se impuso una moratoria al desarrollo de cualquier nueva mina de cielo abierto y sobre todo procesamiento de cianuro a escala comercial (Decreto Ejecutivo N° 30477-MINAE). La moratoria fue revocada con la emisión del Decreto Ejecutivo 34492-MINAE del 18 de marzo de 2008, el cual promulgó las Salvaguardas Mineras para Costa Rica, un conjunto de lineamientos que se deben seguir en la minería de minerales metalíferos y no metalíferos para garantizar la sostenibilidad y protección medio ambiental (Global Legal Information Network, 2008). La promulgación del decreto se debió en gran parte a la falla de una instalación de lixiviado de pila en la Mina de Bellavista.

La Tabla B-5 presenta estimaciones de la producción de varios productos minerales extractados, sin incluir los productos manufacturados tales como el cemento y petróleo. La producción de oro aumentó marcadamente en el 2006 con la apertura de la mina de Bellavista, sin embargo, el cierre temporal de la mina en el 2007, resultó en una reducción en la producción del oro. El 11 de mayo del 2010 se publica el Decreto N°35982-MINAET en donde: “se declara una moratoria nacional por plazo indefinido para la actividad de minería metálica de oro en el territorio nacional. Entendida ésta como la exploración, explotación, y el beneficio de los materiales extraídos utilizando Cianuro o Mercurio.

**Figura B-5: Costa Rica Producción de Minerales (Anderson, 2008)**



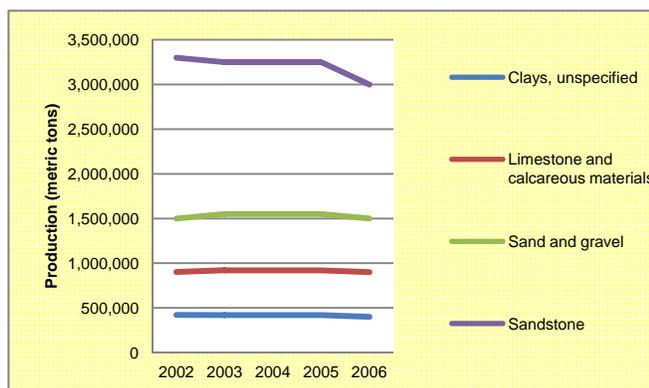
**Tabla B-5: Costa Rica 2002 - 2006 Producción Mineral (Anderson, 2008)**

Mineral Extractado	Producción (toneladas métricas excepto donde se ha destacado)				
	2002	2003	2004	2005	2006
Arcillas, no especificado	420,000	419,000	420,000	420,000	400,000
Diatomita	26,400	26,450	26,500	26,000	25,000
Oro (kilogramos)	100	110	150	424	1,210
Cal	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Pómez	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Sal, marina	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Roca triturada y piedra bruta	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
Piedra caliza y materiales calcáreos	900,000	920,000	920,000	920,000	900,000
Arena y grava	1,500,000	1,550,000	1,550,000	1,550,000	1,500,000
Arenisca	3,300,000	3,250,000	3,250,000	3,250,000	3,000,000

De acuerdo con Hellman & Schofield Pty. Limited (2008), existe una producción de oro adicional proveniente de los mineros a pequeña escala y otros proyectos relativamente pequeños tales como el de la mina Beta Vargas, la cual está ubicada cerca de La Pita de Chomes, Puntareanas. La

mina de San Juan de Abangares-Guanacaste que entró en producción gracias a Lyon Lake Limited en los 90 y que según los informes, extrajo la cantidad de 60,000 onzas de oro. Adicionalmente, se reporta en varios lugares la extracción de oro con colador en los ríos en varias áreas de Costa Rica (Hellman & Schofield Pty. Limited, 2008). El área principal conocida por tener mayor actividad de este tipo está en la Costa del Pacífico Sur, cerca de Panamá. También ocurre la minería subterránea de oro en el área de Abangares.

**Figure B-6: Tendencias de extracción mineral en Costa ricas**



En cuanto a otros productos minerales, las tendencias, según se ilustra en la Figura C-6 indican que la producción entre 2002 y 2006 ha permanecido bastante constante. La producción de estos materiales es para uso doméstico y varía de acuerdo con las condiciones económicas.

### 2.1.1 Desarrollos Futuros

Con la excepción del oro, la producción minera en Costa Rica probablemente continuará al mismo ritmo que en el pasado dependiendo de las condiciones económicas. La moratoria del 2002 sobre minería a cielo abierto y el Decreto Ejecutivo 34492-MINAE han creado incertidumbre respecto del futuro de la minería del oro en Costa Rica. Un vez que se resuelvan los asuntos medio ambientales, Glencairn Gold Corporation, espera tener a la mina Bellavista nuevamente bajo producción. Sin embargo, el proyecto Crucitas, ubicado al norte de Costa Rica y propiedad de Infinito Gold Ltd, es actualmente el único proyecto de exploración importante en el país. De acuerdo con Infinito Gold Ltd. (2008) el área de concesión es de aproximadamente 800 km<sup>2</sup> y tiene 1,200,000 onzas indicadas Au @ 1.32 g/t. A

principios del 2000 el EIA para este proyecto fue rechazado; sin embargo, Infinito (2008) ahora reclama haber enmendado el EIA y recibido el permiso ambiental para la minería de roca dura. Poseen un bono ambiental por \$US 600,000 y van a pagar auditorías ambientales independientes periódicas. Todavía es incierto si se ha planificado algún nuevo desarrollo para otros productos.

### 2.1.2 Asuntos Medio Ambientales

Los asuntos respecto de los impactos en la calidad del agua, el riesgo potencial del cianuro, la deforestación y los impactos socio económicos son los que conllevaron a la moratoria de las minas a cielo abierto y de la lixiviación de cianuro a escala comercial. De acuerdo con Earthworks (2007), los grupos criticaron el Plan de Gestión Ambiental de la mina Bellavista por no abordar de manera adecuada los intereses sociales y medio ambientales. La falla de la almohadilla de lixiviación en Bellavista resultó en mayor escrutinio sobre la industria minera de Costa Rica.

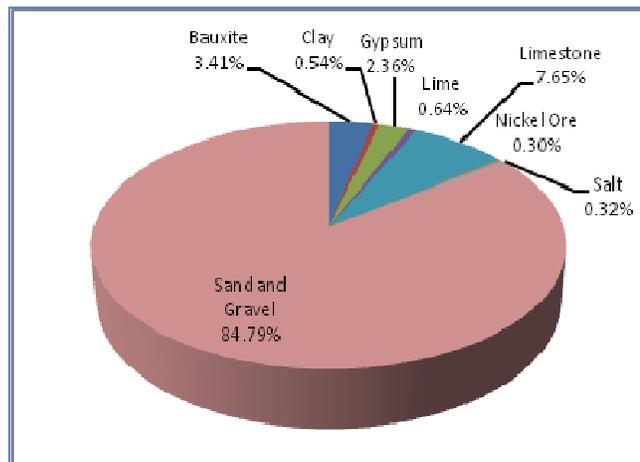
En cuanto a otros productos tales como la piedra caliza, arena, grava, roca de canteras, el interés se enfoca en la deforestación, una mayor sedimentación debido a la erosión, y a la contaminación del aire debido al polvo entre otros asuntos de interés. En una de las canteras de arena sílice operada por SICORSA cerca de Cartago, en la parte central de Costa Rica, se están dando los pasos necesarios para colocar la materia de desecho del beneficiado y convertir los desechos de arcilla en ladrillos de arcilla. Este tipo de reutilización de los materiales de desecho podría tener un impacto beneficioso sobre el medio ambiente y la economía (Mitchell et al, sin fecha).

## 2.2 REPÚBLICA DOMINICANA

La República Dominicana produce bauxita, cemento, ferroníquel, yeso, piedra caliza, mármol, níquel y sal, grava y acero (Figura B-7).

La piedra caliza, el mármol la arena y la grava se producen únicamente para el consumo interno. El ámbar y el pectolite (larimar) también se producen en cantidades modestas por lo mineros artesanales (Bermúdez-Lugo, 2008). La producción mineral se detuvo a partir de mediados de los 80. En el año 2000, la minería daba cuenta del 2% del PIB. Aun cuando el PIB ha crecido en un 7.8% a partir del 2000, la producción minera ha aumentado en un 9.2% estimulada por una mayor producción y un precio promedio más alto del níquel, el mineral más importante del país. El ferroníquel es el producto de exportación líder del país y la tercera industria más importante también. (Nations Encyclopedia, sin fecha).

**Figura B-7: República Dominicana – 2005  
producción de Minerales No Metálicos  
(Bermúdez-Lugo, 2008 )**



Al igual que en otros países CAFTA-DR, aparte de la arena y la grava, la extracción de la piedra caliza forma la mayoría de los minerales producidos. En el 2002, la producción de níquel fue de 38,859 toneladas métricas, con el décimo puesto en la producción mundial. En 2006, la producción del mineral de níquel fue de aproximadamente 46,526 toneladas métricas menos que el año anterior con un total de 53,124 toneladas métricas. El único productor de níquel era Falconbridge Dominicana, una compañía 85% de propiedad canadiense. Adicionalmente, el país es uno de los pocos países fuente del ámbar en

el Hemisferio Occidental. La Montaña de Sal, un bloque de 16 Km de sal casi sólida al oeste de Barahona, es el yacimiento de sal más grande del mundo conocido. También se encuentran grandes yacimientos de yeso cerca de la montaña de Sal, lo que hace de la República Dominicana una de las tres fuentes principales de yeso del Caribe. Entre el 2002 y 2006, la producción de yeso aumentó de 163,026 toneladas métricas a 459,496 toneladas métricas. La Tabla B-6 presenta las tasas recientes de producción mineral de la República Dominicana.

La producción de oro y plata en la República Dominicana se suspendió en 1999. En 1980, la mina de oro de Pueblo Viejo era la más grande de todo el hemisferio occidental. A medida que fue declinando la producción de oro y plata a mediados de los 1980s, comenzó la minería en la zona de sulfuros del cuerpo de la mena de oro, lo que requirió instalaciones de procesamiento más grandes de las que habían existido anteriormente. La producción del oro fue de 7,651 kg en 1987 y de 3,659 kg en 1996. La producción de plata fue de 39,595 kg en 1988 y de 17,017 kg en 1996. La Corporación Minera Dominicana inició su producción en agosto de 2008 en el Greenfield Cerro de Maimón, un yacimiento polimetálico, ubicado en la municipalidad de Maimón en la Provincia de Nouel aproximadamente a 70 km al noreste de Santo Domingo (Redwood, 2009).

La producción de bauxita, tradicionalmente el producto minero principal de la República Dominicana, cesó en el año 1992 y luego aumentó rápidamente entre los años de 2003 y 2005. La “Aluminum Company of America” (Alcoa) extrajo la bauxita entre 1959 y 1983, cuando devolvió la concesión al estado. En 1991, la producción bajó 92% en comparación al año anterior debido a un decreto presidencial que suspendía las operaciones mineras en la mina más grande de bauxita. A partir de 2005, Sierra Bauxita Dominicana SA ha estado extrayendo bauxita de la mina de bauxita de Las Mercedes, pero detuvo sus operaciones en 2008 debido a problemas con las licencias de exportación del gobierno. (Redwood, 2009).

**Tabla B-6 Producción Mineral de la República Dominicana- 2002-2006 (en toneladas métricas, a menos que se indique lo contrario) (Bermúdez-Lugo, 2008 )**

Minera extraído	Producción (toneladas métricas a menos que se indique lo contrario)				
	2002	2003	2004	2005	2006
Bauxita	--	6,481	79,498	534,555	NA
Arcilla	314	41,894	84,730	85,000	85,000
Yeso	163,026	250,286	459,496	370,143	355,641
Cal	113,000	102,000	100,000	100,000	100,000
Piedra Caliza	1,115,000	1,607,000	1,214,000	1,200,000	1,200,000
Mármol (metros cúbicos)	6,333	8,186	10,384	6,060	6,000
Producción de la mina de Níquel, mena de laterita	38,859	45,253	46,000	53,124	46,526
Sal	207,278	156,988	50,000*	50,000*	50,000*
Arena y grava	15,977,000	14,374,000	13,266,000	13,300,000	13,300,000

\*no incluye roca de sal

### 2.2.1. Desarrollo Futuro

Actualmente están en proceso aproximadamente unas 75 actividades de exploración para cobre, oro, plomo, molibdeno, níquel, plata, y zinc en el país (Datos de Minas y Canteras). Los proyectos de exploración están siendo ejecutados principalmente por Energold Mining Ltd., Everton Resources Inc., y

Globestar. La exploración de metales es muy activa en la República Dominicana. No existen datos precisos respecto del número de planes de desarrollo para los demás productos de minerales.

### 2.2.2. Asuntos Medio Ambientales

Los riesgos generales al medio ambiente causados por las actividades mineras son del conocimiento público en la República Dominicana, especialmente debido al alto potencial de huracanes, según se describe en la Tabla B-7 a continuación (Programa Medio Ambiental de las Naciones Unidas/Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios, 2007).

**Tabla B-7: Riesgos Potenciales de las Propiedades Mineras debido a Accidentes Agravados por las Inundaciones causadas por Huracanes – República Dominicana**

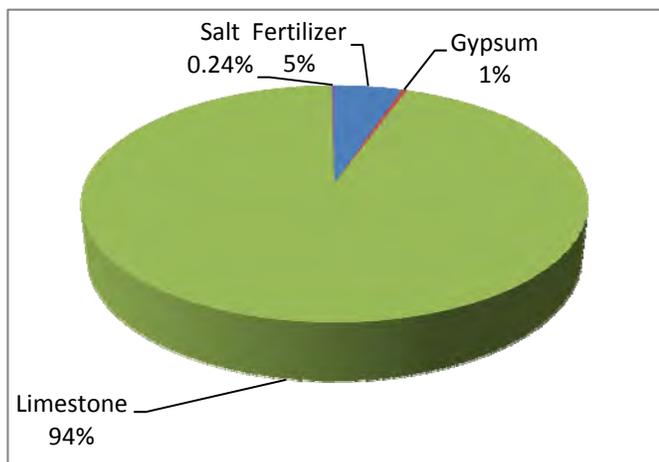
Tipo probable de incidente	Causas Típicas de Accidentes posiblemente agravadas por las inundaciones	Efectos Potenciales
Falla en la presa de desechos	Mala gestión del agua, sobre capear, falla de las bases, falla de drenaje, tuberías, erosión, terremotos	Pérdida de vidas, contaminación de las fuentes de agua, destrucción del hábitat acuático y pérdida de los cultivos y contaminación de las tierras agrícolas, amenaza a la protección del hábitat y la biodiversidad y la pérdida de los medios de vida.
Falla del botadero de ganga	Inestabilidad a menudo relacionada con la presencia de agua ( nacimientos, mal drenaje del botadero)	Pérdida de vida, lesiones, destrucción de la propiedad, daño al eco sistema y las tierras agrícolas.
Falla de las tuberías, por ejemplo de la solución de desecho, lixiviación	Mantenimiento inadecuado, falla del equipo, daño físico a la tubería.	Contaminación del suelo, agua y efectos sobre los usuarios del agua. Pasa sin detectar por algún tiempo.
Transporte de los químicos desde hasta el sitio	Procedimientos y equipo de transporte inadecuados, empaque inseguro, rutas de transporte altamente peligrosas	Contaminación del suelo, agua, efectos sobre los usuarios del agua, daño a los sistemas acuáticos, amenaza a la salud humana.
Subsistencia del suelo	Falla del declive, rompimiento hasta la superficie	Pérdida de vidas, daño a la propiedad.
Derrames de os químicos en el sitio, ej.: ruptura del tanque de combustible, pérdida de los reactivos, daños por almacenamiento	Mal mantenimiento, contención inadecuada	Contaminación al suelo y al agua. La contaminación del aire podría tener efectos sobre la salud
Incendios	Mal diseño, prácticas inseguras en relación con los materiales inflamables	Efectos de la contaminación del aire sobre la salud, daño a la propiedad.
Partículas atmosféricas (polvo, sustancias peligrosas, etc.)	Diseño inadecuado, incapacidad de seguir los procedimientos, mantenimiento inadecuado.	Interés de la comunidad, efectos potenciales a la salud.
Explosiones (planta)	Accidentes por voladuras y explosivos, malas prácticas, manejo y almacenaje inadecuado.	Interés comunitario, pérdida de vidas, destrucción de la propiedad, riesgo a la vida.

Fuente: UNEP/OCHA, 200

## 2.3 EL SALVADOR

La economía de El Salvador se fundamenta mayormente en la agricultura y las exportaciones, en donde la producción mineral da cuenta del 1% de su Producto Interno Bruto estimado (PIB) aproximadamente (Doan, 1999). La producción minera en El Salvador consiste principalmente de la extracción de piedra caliza, piedra pómez (puzolana), y sal (marina). La piedra caliza da cuenta del 47% de la producción mineral de aproximadamente 1.2 millones de toneladas métricas al año. (Tabla C2-4 y la Figura B-8). Actualmente, no existen minas de oro y plata operando a gran escala en El Salvador, aun cuando se sabe que existen algunas operaciones pequeñas. La ubicación, situación y producción de estas minas no se conoce al momento.

**Figura B-8: El Salvador- 2006 Producción No-metálica Mineral (Anderson, 2008)**



### 2.3.1. Desarrollo Futuro

La minería de piedra caliza y de otros productos, según los datos del USGS presentados en la Tabla 1, permaneció bastante constante del año 2002 al 2006. Al presente, no se tienen datos más recientes, pero todo parece indicar que la minería de estos productos seguirá al ritmo actual. En cuanto a proyectos de oro y plata, existen 24 proyectos para la minería del oro que esperan ser aprobados por el Gobierno de El Salvador. Históricamente, hubo producción minera y exploración en El Salvador pero fue obstaculizada por la guerra civil a lo largo de los años 80, entre el Gobierno y el Frente Farabundo Martí de Liberación Nacional (FMLN). Esta situación continuó hasta 1992, cuando se firmó el Acuerdo de Paz (Doan, 2000). Desde mediados hasta finales de los 90, la exploración y minería de estos productos comenzó nuevamente, especialmente en la parte norte del país en donde habían varios proyectos, particularmente en el Departamento de La Unión, Morazán y San Miguel en donde venas de cuarzo epitermal se interceptan en las rocas volcánicas más antiguas (Doan, 2000). Numerosas compañías están explorando oro y plata en El Salvador. Son dos las minas más importantes de esta actividad: la histórica mina de oro de El Dorado cerca de San Isidro, ubicada aproximadamente a 50 km al este-noreste de San Salvador y la vieja mina de San Sebastián cerca de Santa Rosa de Lima.

**Tabla B-8: El Salvador Producción Mineral en El Salvador 2002-2006 (Anderson, 2008)**

Mineral Extraído	Producción en toneladas métricas a menos que se indique lo contrario)				
	2002	2003	2004	2005	2006
Materiales fertilizantes					
Fosfatos	13,600	13,600	13,600	13,600	10,000
Otros materiales mezclados	56,500	56,000	56,000	56,000	55,000
Yeso	5,600	5,600	5,600	5,600	5,500
Piedra Caliza	1,631,000	1,194,000	1,161,000	1,150,000	1,200,000
Puzolana (metros cúbicos)	279,389	294,871	222,826	223,000	223,000
Sal, marina	31,552	31,366	31,400	31,400	30,000

El proyecto de El Dorado está siendo operado actualmente por la Compañía Pacific Rim Mining Company. De acuerdo con la Pacific Rim Mining (2008), se descubrió oro en el distrito a principios del año 1,500 pero la producción a pequeña escala no inició sino hasta finales de los 1,800. La Compañía “New York and El Salvador Mining Company” (una subsidiaria de Rosario Mining) operó una mina subterránea en la propiedad de El Dorado entre los años 1948 y 1953. Durante este periodo, la mina utilizaba un molino sencillo y un sistema de recuperación de cianuro de aproximadamente 270,000 toneladas de mena para rendir cerca de 72,500 onzas troy (2,250 kilogramos) de oro de un grado promedio de 9.7 g/t de las labores centradas en el sistema de venas de la Minita. Nuevas exploraciones en el área del proyecto se realizaron entre 1993 y 2002.

Al presente las actividades de exploración continúan y el proyecto de El Dorado está esperando la licencia que otorga el Gobierno de El Salvador para proseguir su proyecto minero. Este proyecto ha sido el centro de fuerte controversia tanto desde el punto de vista medio ambiental/social/económico, como legal. La resistencia local logró cerrar la operación y que el gobierno emitiera los correspondientes permisos mineros. La Compañía Pacific Rim ha presentado una Notificación de Intento de interponer el recurso de Arbitraje bajo CAFTA por la suma de \$77 millones por asignación indirecta. El periodo de resolución de 90 días finalizó el día 9 de marzo, justo unos pocos días antes de las elecciones presidenciales en El Salvador que se realizaron el 15 de marzo, 2009 (Dyer, 2009).

La actividad minera en El Salvador se ha realizado históricamente cerca de la vieja mina de oro de San Sebastián en donde se utilizaba el mercurio para la recuperación de la amalgama del oro de la ganga. La empresa mancomunada Commerce/Sanseb en San Sebastián se ha concentrado en el desarrollo de una mina a cielo abierto sobre labores previas en la zona principal de minería de oro. En 1987 se le concedieron a Commerce/Sanseb los 304-acres para la explotación de la Mina de Oro de San Sebastián (SSGM) bajo una concesión otorgada por el Departamento de Hidrocarburos y Minas de El Salvador. Esta concesión fue renovada el 20 de mayo de 2004. El 3 de marzo de 2003, Commerce recibió la nueva Licencia de Exploración de San Sebastián y la compañía comenzó a explorar las áreas meta dentro de un área de 41 kms cuadrados (10,374 acres), la cual contiene tres minas que habían sido operadas anteriormente y que incluyen al SSGM. En Septiembre de 2006, el Ministerio del Medio Ambiente de El Salvador le denegó a Commerce el permiso medio ambiental para la concesión de la explotación de la SSGM. En diciembre de 2006, Commerce presentó dos quejas ante el Tribunal de Litigios Administrativos de la Corte Suprema de Justicia relacionadas con este asunto. Estos procesos legales están pendientes todavía (Commerce Group Corp., 2008).

### **2.3.2. Asuntos Medio Ambientales**

Aun cuando en El Salvador no ha habido catástrofes significativas, el medio ambiente ha sido la principal justificación para la reciente revocación o suspensión del permiso gubernamental. El nuevo proyecto de ley de minas se está debatiendo en la asamblea legislativa con el fin de abordar estos temas, y mientras tanto se han suspendido las 24 licencias para las minas de oro y plata, hasta que la nueva ley entre en vigencia:

- Escasez de agua: El Salvador ha tenido escasez crónica de agua. Se ha estimado que serán necesarios 200,000 litros de agua por día para las nuevas actividades de minería de oro y plata en El Dorado y que se requerirán hasta 30,000 litros/día para el proceso de extracción mineral. Esta escasez es un punto de contención.
- Mayor deforestación: En el 2005, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) calificó a El Salvador como el país más altamente deforestado del mundo. La minería de cielo abierto y subterránea podría agravar este problema.

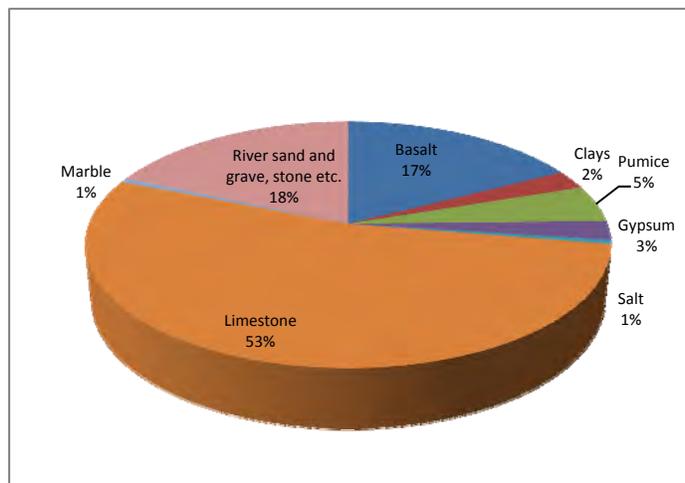
- Contaminación del agua: La mayor parte de las actividades mineras ocurrirán en la Cuenca del Río Lempa. El Río Lempa no solo provee el agua para la zona norte de El Salvador, sino que también suministra cerca del 30% del agua potable de la ciudad capital. La minería si no se efectúa apropiadamente, puede contaminar estas fuentes de agua.
- Problemas de Salud: La extracción mineral tiene el potencial de contaminar el aire con polvo, cianuro de hidrógeno y dióxido de azufre.

La revisión de la literatura, así como las búsquedas en el internet indican que las operaciones mineras actuales para la extracción de la piedra caliza y demás productos no constituyen un problema ambiental significativo para la población comparados con la minería de oro y plata. Sin embargo, muchos de los mismos impactos ambientales pueden ocurrir durante estos tipos de extracción al igual que con los proyectos de extracción de oro y plata a gran escala. Entre estos podemos enumerar la deforestación, la contaminación del agua causada por la sedimentación producto de la erosión y la contaminación del aire por el polvo. Se anticipa que la nueva ley de minas abordará estos temas también.

## 2.4 GUATEMALA

De acuerdo con el Departamento de Estado de los Estados Unidos (2008), la minería ha sido un tema sensible en Guatemala desde tiempos históricos y las operaciones han sido objeto de múltiples protestas. Los minerales superficiales y el petróleo son propiedad del estado. Los contratos de desarrollo generalmente se otorgan bajo la modalidad de acuerdos de co-producción. Las leyes y reglamentos confusos y complejos, dictámenes judiciales inconsistentes y los impedimentos burocráticos han sido los principales impedimentos a la inversión. Los minerales comerciales principales que han sido minados en Guatemala son el antimonio, el oro, mineral de hierro, níquel, mármol y plomo. Se estima que el antimonio es el único mineral extractado en Guatemala con significado global. (USGS, 2008).

**Figura B-9: Guatemala - 2006 Producción Mineral No-metálica (Anderson 2008)**



La industria minera dio cuenta de aproximadamente el 3% del PIB del país a precios corrientes (Anderson, 2008). La producción de antimonio, que hasta hace poco fue de importancia histórica para Guatemala, cayó de 4,010 toneladas en 2002 a 1,007 toneladas en 2005 (Anderson, 2008.). En 1997 Guatemala calificó en tercer lugar en América Latina en cuanto a producción, después de Bolivia y México (Nations Encyclopedia, sin fecha). No hay datos disponibles de la producción de antimonio para el año 2006, y no está claro si la producción de antimonio cesó o si fue suspendida temporalmente en el país, o si los datos de producción sencillamente no estaban disponibles (Anderson, 2008). Se extrajo el oro desde el periodo colonial hasta principios del siglo 20 y constituyó un rubro de exportación importante. En 2006, la producción de oro fue de aproximadamente 5036 kg comparados a los 4,500 kg en 2001 (Anderson, 2008). El mármol sin pulir del Distrito de Huehuetenago ha sido exportado a México y demás países vecinos. También se han desarrollados grandes yacimientos de níquel en el área del Lago

Izabal. La mina de níquel de Buena Vista está actualmente en operación. La baritina, bentonita, caolín, y otras arcillas, feldespato, yeso, mineral de hierro, cal, piedra pómez, sal, piedra caliza, arena y grava, sílice, arena y otros productos minerales se producen principalmente para el uso interno (Nations Encyclopedia, sin fecha.)

La Tabla B-9 presenta un resumen de la producción mineral entre los años de 2002 y 2006 (Anderson, 2008). Esta tabla no incluye los productos manufacturados tales como el cemento, acero, o petróleo. Los datos de la Figura B-9 indican que la piedra caliza (53.42%), arena y grava (18.41%), y el basalto (17.3%), que se utilizan en la industria de la construcción local, conforman la mayoría de los minerales no metálicos que se producen en Guatemala.

**Tabla B-9: Producción de Extracción Mineral Guatemala 2002-2006 (Anderson, 2008)**

	Producción (en toneladas métricas a menos que se haga una notación)				
	2002	2003	2004	2005	2006
Antimonio	4,010	3,000	2,686	1,007	--
Basalto incluyendo el andesita	318,000	936,000	1,050,000	1,000	1,604,000
Baritina	100	100	70	181	--
Arcillas:					
Bentonita	12,415	6,438	81,688	135,451	20,034
Ferruginosas, incluyendo esquistos	84,000	65,000	54,000	90,000	202,000
Tierra de Fuller (attapulgite)	10	9	9	--	19
Caolín	372	1,497	--	4,107	4,395
Carbón, lignito	--	--	50	--	--
Feldespato	11,843	9,320	4,473	3,808	17,176
Oro, producto de mina, Cont. Au	--	--	--	741	5,036
Yeso, crudo	81,000	67,000	106,000	350,000	227,000
Hematita	947	1,000	2,689	5,227	--
Oxido de hierro, peso bruto	35,226	2,276	2,823	11,268	7,341
Jadeita	92	48	27	27	419
Plomo de mina,	39	19	47	23	28
Cal, hidratada	547	386	400	400	400
Magnesita	3,758	8,022	8,000	5,636	1,084
Pómez	377,000	274,000	226,000	82,000	447,000
Pirolusita, dióxido de manganeso	--	--	5	--	--
Riolita	1,000	1,000	1,375	2,707	236
Sal	50,000	60,000	60,000	60,000	50,000
Plata, producto de mina, cont. AG AG	--	--	--	7,074	49,719
Piedra, arena y grava:					
Dolomita	24,881	6,130	63,082	8,585	2,333
Laja, filita (metros cúbicos)	98	59	1,446	513	18
Grava, no específica (metros cúbicos)	69,918	166,851	19,678	60,116	120,109
Piedra Caliza, cruda	3,040,000	3,773,000	4,270,000	140,000	4,938,000
Mármol:					
Bloque (metros cúbicos)	3,185	7,461	33	--	--
No especificado, incluyendo	99,293	29,181	74,862	44,598	49,673
Arena y grava de río	743,000	296,000	90,000	367,000	502,000
Arena, común	55,000	129,000	226,000	82,000	447,000
Piedra de arena (metros cúbicos)	200	450	180	--	--

	Producción (en toneladas métricas a menos que se haga una notación)				
	2002	2003	2004	2005	2006
Esquisto, pizarra	496,000	497,000	543,000	--	582,000
Arena Sílice	37,552	30,462	988	474	57,692
Polvo de piedra (metros cúbicos)	7,433	12,537	1,852	--	44,307
Piedras redondas, sin labrar	10,088	48,894	10,000	5,799	69,114
Ceniza volcánica y arena	313,000	199,000	220,000	49,000	417,000
Talco y esteatita	568	1,585	2,863	1,631	526
Zinc, corredor de mina,	--	--	10	11	--

Los metales tales como el oro y la plata se producen principalmente en dos minas: la mina El Sastre y la Mina Marlin. La propiedad de El Sastre se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 790,500 E y 1,638,000 N, y posee un área de 271 ha. Yace al sur del sistema de fallas de Motagua-Polochic que marcan la frontera norte del Bloque de Chortis (una división de la Placa del Caribe). Las rocas dentro de la propiedad son principalmente esquisto anfíbolitas consideradas de origen fiolítico. Las rocas aparentan haber sido afectadas por los terremotos corticales de ángulo bajo que controlan la mineralización (Olson et al, 2007). La propiedad pertenece en un 50% a Castle Gold Corporation y el otro 50% a Aurogin Resources Ltd, ambas de Canadá. La zona de la mina El Sastre es de graduación alta, cerca de los depósitos de óxido de oro, a corta distancia de la superficie. Se completó la construcción de una operación de oro de lixiviado de pila en el sitio junto con el primer vertido de la mina a finales de 2006. La producción de oro fue de 13,819 onzas en 2007 y se espera que sea de 12,000 onzas en 2008 (Castle Gold Corporation, 2008).

#### 2.4.1. Desarrollos Futuros

Varias compañías extranjeras están llevando a cabo actividades de exploración para cerca de 160 concesiones proporcionadas por el Gobierno de Guatemala. Estas compañías son:

- 1 Castle Gold Corporation/Aurugin que esta principalmente interesada en las concesiones de oro y plata, cerca de la mina de El Sastre;
- 2 Firestone Ventures está interesada en el zinc, plomo y plata en el área de Huehuetenango al noreste de Guatemala;
- 3 Hudbay Minerals, que se ha unido a Skye Resources y está registrada bajo el nombre de Compañía Guatemalteca de Níquel, S.A., con el objeto de reabrir la Mina de Níquel Fenix cerca de El Estor, Izabal, así como de explorar las concesiones conocidas como Niquegua en el área que cubre 384.4 km<sup>2</sup> en las municipalidades de El Estor, Panzós y Cahabón. El 30% de la empresa mancomunada es propiedad del Gobierno de Guatemala (MAC, 2009);
- 4 BHP Billiton, anteriormente denominado Jaguar Nickel (registrado como Minera Mayamérica, S.A), está explorando níquel principalmente cerca de Buena Vista, y también en El Estor, Izabal, Panzós y Cahabón en el Departamento de Alta Verapaz (MAC, 2009);
- 5 Radius Exploration Ltd (registrada como Exploraciones Mineras de Guatemala, S.A y Exmingua, S.A) está buscando oro principalmente.
- 6 Goldex Resources está buscando oro en el Distrito de El Plato.
- 7 Goldcorp Inc. está explorando en busca de oro cerca de la mina Marlin bajo concesiones otorgadas para sus proyectos Cerro Blanco y en la propiedad de Holly/Banderas.

No se sabe con certeza si existen planes de desarrollo para otros minerales extraídos.

### 2.4.2. Asuntos Medio Ambientales

Al igual que en otros países de América Central, en Guatemala también hay preocupación por los efectos de la minería sobre el medio ambiente. Esta preocupación incluye también la posibilidad de deforestación, pérdida del hábitat o degradación, pérdida de tierra agrícola y de los medios de vida tradicionales, la liberación de cianuro y demás químicos peligrosos, la erosión y la sedimentación, la contaminación del agua, polvo y contaminación del aire, y otros factores. Los terremotos y los huracanes son ocurrencias comunes en Guatemala, y sus impactos son una seria preocupación. Los terremotos graves y las inundaciones causadas por los huracanes pueden resultar en fallas en las almohadillas de lixiviado de pila, de presas de desecho, y de las tuberías; accidentes por químicos peligrosos y derrumbes.

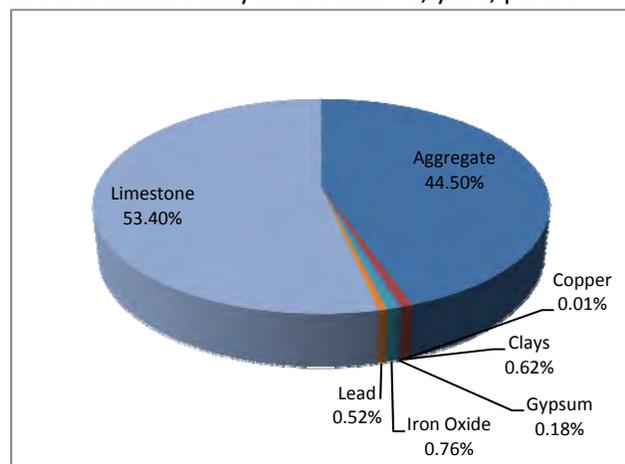
El Decreto 48-97 emitido por el Congreso de Guatemala, pasó a ser ley el 11 de junio de 1997, y estipula que “para la explotación técnica y racional de los hidrocarburos, minerales y demás recursos no renovables naturales, se confía al Estado auspiciar las condiciones necesarias para su exploración y explotación, en el interés público.” La interpretación de esta ley y de la Ley para la Protección y Mejora del Medio Ambiente del Gobierno de Guatemala prohíbe las emisiones y descargas de materia o agentes contaminantes que pudieran afectar al medio ambiente. Estas leyes e interpretaciones han sido objeto de rechazo por las Organizaciones No Gubernamentales ambientales (ONG) y la población indígena. Ellos tienen preocupaciones de naturaleza, socio económica y medio ambiental. Las protestas contra los proyectos mineros han llevado a confrontaciones entre los manifestantes, las compañías mineras y el gobierno. Algunas tierras donde están las minas son de propiedad de los indígenas y se rentan a las compañías en flagrante violación a la “Convención 169 Respecto de los Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes”, de la Oficina de las Naciones Unidas del Alto Comisionado de Derechos Humanos. Artículo 14 1.

## 2.5 HONDURAS

En 1999, Honduras produjo mayormente plomo y zinc, así como cobre, oro, y plata y cantidades menores de cadmio asociado con zinc. Los minerales industriales incluyen el cemento, yeso, piedra caliza, mármol y sal. Honduras exporta alrededor de un 40% de sus metales a Europa y gran parte del remanente a Japón, México, los Estados Unidos y Venezuela (Doan, 2000). En 2006, la industria mineral dio cuenta de cerca del 2% del PIB de Honduras, sin incluir ninguna manufactura de productos minerales, tales como el cemento o productos de la refinería de petróleo (Anderson, 2008).

En 1999 se promulgó una nueva ley que estimulaba la inversión extranjera y moderaba el clima impositivo; sin embargo, el Huracán Mitch retrasó la implementación de esta ley hasta el año 2000. En octubre de 2006, la Corte Suprema de Justicia declaró inconstitucionales a 13 artículos de la Ley General de Minería de Honduras. Las reformas propuestas a la ley se consideran demasiado débiles y se llegó al consenso amplio de que la ley debería re-escribirse (Mining Watch,

**Figura B-10: Honduras Producción Mineral No Metálica 2006 (Anderson, 2008)**



2007). Al presente, no está claro el progreso del Congreso de Honduras respecto de la promulgación de la nueva ley de Minería.

En general, las compañías extranjeras que han invertido en la minería en Honduras han enfrentado numerosos problemas incluyendo acusaciones de contaminación y de invasión de propiedad. De acuerdo con el Departamento de Estado de los Estados Unidos (2008), fuentes de la industria aseguran que las siete versiones de la nueva Ley de Minería bajo consideración por el Congreso de Honduras sacarían a las compañías mineras del negocio a través del cobro de altos impuestos. No se sabe a ciencia cierta si van a pasar estos proyectos de ley, ni cuándo ni con cuales modificaciones, ni si la ley abordará únicamente los metales preciosos o todas las industrias de extracción. Actualmente existe una moratoria contra cualquier concesión nueva de minería en Honduras.

La Tabla B-10, presenta resúmenes de producción de los diferentes materiales extraídos entre los años 2002 y 2006, y muestra que los principales recursos minerales de Honduras consisten de materiales agregados, cadmio, arcilla, cobre, oro, yeso, plomo, piedra caliza, y mármol (Anderson, 2008). La Figura B-11 muestra que la piedra caliza y el agregado superaban en mucho el porcentaje más alto de la producción no metálica durante el año 2006.

**Tabla B-10: Honduras – Producción Mineral 2002 - 2006 (Anderson, 2008)**

Mineral Extraído	Producción (toneladas métricas, a menos que se indique lo contrario)				
	2002	2003	2004	2005	2006
Materiales minerales agregados para la construcción (miles de toneladas métricas)	29,000	447,000	962,000	1,000,000	1,000,000
Cadmio, Cd contenido de concentrados de plomo -zinc	--	--	--	--	--
Arcillas, no especificadas	--	13,983	14,225	14,000	14,000
Cobre, corredor de mina, contenido Cu	300	300	300	300	300
Oro (kilogramos)	4,984	4,494	3,683	4,438	4,100
Yeso	20,000	19,921	5,725	5,700	5,500
Óxido de hierro, peso bruto para aditivo de cemento	17,000	17,000	17,363	17,000	17,000
Plomo, producto de mina, contenido de Pb concentrado	8,128	9,014	8,877	10,488	11,775
Piedra caliza (toneladas métricas)	1,358,000	1,326,000	780,000	1,230,000	1,200,000
Mármol para la construcción (mts. Cuadrados )	--	--	--	--	--

En cuanto a los minerales metálicos, el transporte inadecuado en Honduras impidió el desarrollo de los recursos minerales en Honduras. A mediados de los 90, la Mina de El Mochito en Santa Bárbara, era la única mina de metal base bajo operación en el país. Para finales de 2001, las reservas comprobadas y probables de la mina estaban en 3.4 millones de toneladas a un grado promedio de 6.8% zinc, 1.9% plomo, y 78 gramos por toneladas de plata; esto representaba un aumento del 18% a lo largo del 2000. Los concentrados de plomo y zinc de la mina contribuyeron en el 2000 con menos del 2% al PIB, y crecieron en 5% en 2001 después de haber completado la reconstrucción de los daños causados por el Huracán Mitch (Nations Encyclopedia, sin fecha).

Actualmente las compañías canadienses operan la mayor parte de las minas de oro en Honduras. Las minas canadienses incluyen Yamana Gold que opera la mina de oro de cielo abierto de lixiviado de pila de San Andrés en el Departamento de Copán; Breakwater Resource que opera la mina de

plomo/cobre/oro conocida como El Mochito en el noreste del país; y Goldcorp que adquirió la controversial mina de San Martin de Glamis Gold en 2006. La mina de San Martin es una operación de cielo abierto de lixiviado de pila que ha estado operando desde 2001. Goldcorp reporta que más de 529,088 onzas de oro han sido extraídas de la mina de San Martin desde ese entonces. (Mining watch, 2007).

### **2.5.1. Desarrollos Futuros**

Al presente, existe considerable incertidumbre respecto al futuro de la minería en Honduras. Sólo hay tres proyectos de exploración de roca dura importantes en el país. Estos proyectos son administrados por First Point Minerals de Canadá y por Rusoro Mining Limited también de Canadá.

La propiedad de First Point Minerals – Camporo se conocía anteriormente como Cacamuya y está formada por una serie de venas de oro y plata volcánicas, epitermales de baja sulfatación y depósitos diseminados de mineralización del oro. La propiedad posee un área de 4741 hectáreas y está localizada al sur de Honduras. La propiedad de Camporo posee valores de oro que superan los 104.7 gramos/toneladas (g/t) oro y 743 g/t plata. La propiedad de First Point de Tule es de intrusión de oro huésped y cobre-oro porfiri (Cu-Au). Está ubicada a 100 kilómetros al noreste de Tegucigalpa en la parte central de Honduras. El área de la propiedad es de 20,000 hectáreas (First Point Minerals, sin fecha)

El proyecto de Rusoro – Minoro fue adquirido de Mena Resources Inc. Y posee un gran potencial para yacimientos cerca de la superficie de cobre/oro oxidizados. Los planes de exploración avanzados consisten de una serie de cuerpos mineralizados que fluctúan en tamaño desde cinco hasta treinta millones de toneladas con grados de entre 0.5 a 1.0% Cu y 0.8 a >2.5 g/t Au (Mena Resources, sin fecha).

Al igual que para otros productos, las tendencias indican un estatus quo para la mayoría de los minerales con la excepción del yeso y el plomo. Como se muestra en la Tabla 1, la producción de yeso ha bajado drásticamente entre 2002 y 2006 de 20,000 toneladas métricas a la vecindad de 5,000. Resulta incierta la razón de esta tendencia. El plomo ha aumentado su producción en ese mismo periodo de tiempo de 8,128 toneladas métricas a 11,775 toneladas métricas. Tampoco es seguro porqué ha habido este incremento en la demanda de plomo.

### **2.5.2. Asuntos medio ambientales**

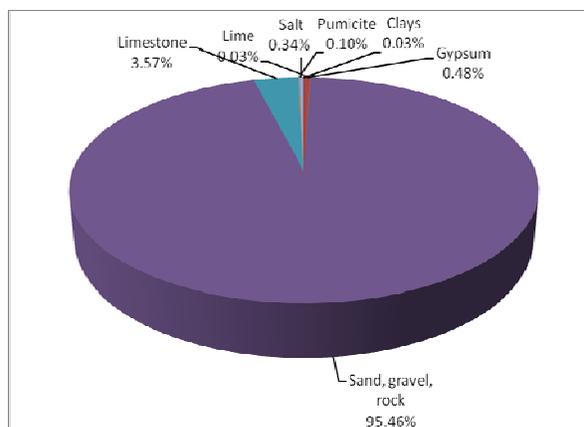
Al igual que los demás países centroamericanos, existen numerosas preocupaciones acerca del efecto de la minería de piedra dura sobre el medio ambiente y la salud pública. De acuerdo con Mining Watch, en el mes de Julio de 2007 hubo una manifestación importante en toda Honduras cuando bloquearon seis de las carreteras principales en protesta por los posibles avances de las reformas a la Ley General de Minería. Los manifestantes estaban demandando que la nueva ley prohibiera las minas de cielo abierto y la minería metálica, que revocara los permisos de minería de las compañías que contaminaran el medio ambiente y que cancelara las concesiones de los parques y reservas nacionales. Las preocupaciones varían desde una probable escasez de agua hasta los efectos a la salud humana por el uso del cianuro, la deforestación, contaminación del agua y demás factores. El gobierno de Honduras esta re-escribiendo la ley de minería actualmente, cuyo estatus se ignora, como ya se mencionó anteriormente. En cuanto a los demás productos, tales como la piedra caliza y minería agregada, las preocupaciones son las mismas con la excepción del cianuro. La minería de estos metales se verá afectada también por la nueva ley cuando ésta entre en vigor.

## 2.6 NICARAGUA

Sin incluir la manufactura de los productos minerales, tales como el cemento o los productos de la refinería de petróleo, la industria minera dio cuenta de aproximadamente el 1% del PIB de Nicaragua. (Anderson, 2008). Al igual que con los demás países de Centroamérica, la producción más importante es la del cemento y piedra caliza.

Nicaragua ha tenido una larga historia en la minería del oro. A mediados del siglo 20, la producción de oro de Nicaragua estaba situada en el puesto número 15 durante la era sandinista, cuando la industria completa fue nacionalizada. Las exportaciones de oro llegaron a rasar los \$39.9 millones en 1980, luego cayeron a \$15 millones en 1982, y fueron suspendidas en 1985. La Corporación Nicaragüense de Minas (INMINE), una subsidiaria de la compañía tenedora del gobierno controlaba la mayor parte de la exploración y producción mineral del país. En el año 2001, el Congreso pasó el Código Minero, a pesar de la oposición de los mineros a pequeña escala y de los medio ambientalistas quienes argumentaban que la ley beneficiaría indebidamente a las compañías multinacionales y causaría daño ambiental. En 1997. Se levantó la prohibición impuesta a las concesiones. (Encyclopedia of Nations, sin fecha).

**Figura B-11: Nicaragua – Producción Mineral 2006 (Anderson, 2008)**



La Tabla B-11 presenta la producción anual de varios productos de extracción mineral para los años 2002 hasta el 2006 con base en datos provenientes de USGS 2006 Minerals Yearbook (Anderson, 2008). Según se presenta en la Figura B-11, la piedra triturada da cuenta de aproximadamente el 96% de la producción de minerales extraídos en Nicaragua. La producción de piedra caliza ha permanecido bastante constante a lo largo de este período. También hubo producción de Bentonita, cal, pómez, arena y grava y piedra triturada, al igual que algún oro y plata.

**Tabla B-11: Producción Mineral de Nicaragua - 2002 – 2006 (Anderson, 2008)**

Mineral Extractado	Producción (toneladas métricas a menos que se indique lo contrario)				
	2002	2003	2004	2005	2006
Arcillas, no especificadas	2,771	3,000	3,000	3,000	3,000
Oro, producto de mina , contenido Au (kilogramos)	3,904	3,439	4,315	3,674	3,395
Yeso y anhidrita, crudos	28,153	30,642	36,466	36,456	42,191
Cal	3,351	2,848	3,482	2,178	2,351
Piedra caliza:					
Carbonato de calcio, incluyendo para cemento	1,316	2,545	2,916	1,412	1,133
Oros	290,000	292,000	248,000	292,000	313,000
Piedra pómez (metros cúbicos)	--	--	120	2,497	510
Pómez fina, incluyendo puzolana	14,820	17,129	14,302	9,200	8,370
Sal, marina	29,710	31,320	30,000	30,000	30,000

Mineral Extractado	Producción (toneladas métricas a menos que se indique lo contrario)				
	2002	2003	2004	2005	2006
Arena, sin especificar (miles de metros cúbicos)	273,000	399,000	358,000	374,000	435,000
Plata, producto de mina, contenido de Ag (kilogramos)	2,198	2,040	2,950	2,999	2,929
Piedra:					
Triturada	204,000	421,000	722,000	639,000	695,000
De cantera, sin especificar	5,859,000	5,443,000	5,250,000	5,707,000	7,272,000
Tufa, volcánica	38	69	124	117	136
Ceniza volcánica y arena (toneladas métricas)	200	200	200	205	262

Después de un largo periodo de baja producción, la producción del oro casi se triplicó a finales de los 90, de 1,500 kg en 1996 a 4,450 en 1999 (Encyclopedia of Nations, sin fecha). En 2002, la producción fue de 3,904 kg. Las minas de oro y plata estaban ubicadas en los Departamentos de León, Chontales, y Zelaya. Las principales minas de oro y plata del país están en Cerro Moion (La Libertad), operadas por RNC Gold, y fueron adquiridas por Yamana Gold de Canadá, y la mina de Limón operada por Central Sun Mining Company (Anderson, 2008).

La mina de la Libertad está ubicada a aproximadamente 110 kilómetros al este de la ciudad capital de Managua. La mina de oro de La Libertad es de cielo abierto y de lixiviado en pila. Los recursos al 31 de diciembre de 2004, en la mina de La Libertad se estimaron en 37,295,263 toneladas de mena con un grado promedio de 1.11 g/tonelada representando 1,327,391 onzas de oro contenido. Las operaciones en La Libertad fueron convertidas recientemente a modo de utilizar un minero contratado. La producción está en aumento con una proyección anual de producción de aproximadamente 70,000 onzas de oro al año (RNC, 2005).

La mina de Limón ha estado en operación desde 1941. Al presente la mina está totalmente mecanizada. Tiene una molienda de 1,000-toneladas diarias que fue construida en 1995, y que recupera consistentemente entre 82%-84% del oro en mena. Las reservas comprobadas y probables fueron de 1.2 millones de toneladas de grado 5.3 g/t (199,300 onzas contenidas) para el 31 de diciembre de 2006. La Compañía Central Sun Mining Company posee el 95% de interés en la Mina de Limón. El 5% restante es propiedad de Inversiones Mineras S.A., una compañía tenedora que representa a los trabajadores sindicalizados en Nicaragua (Central Sun Mining Company, 2009).

### 2.6.1. Desarrollo Futuro

De acuerdo con la Base de Datos de Northern Miner y de Minas y Canteras, existen varios proyectos de minería y exploración de oro y plata en operación actualmente en Nicaragua. Esta incluye 10 proyectos de exploración de oro y plata y la reapertura de una mina. Las compañías involucradas incluyen a Central Sun Mining, Inc, Chesapeake Gold Corp, First Point Mineral Corp, Fortress Mineral Corp, y Radius Gold Inc.. A medida que estos proyectos se van desarrollando en Nicaragua el país podría convertirse nuevamente en un exportador importante de oro y plata. No hay certeza respecto de los planes de desarrollo para otros productos extraídos.

### 2.6.2. Asuntos Medio Ambientales

Al igual que con los demás países centroamericanos, los asuntos medio ambientales incluyen el potencial para la contaminación del agua, la deforestación, los riesgos del cianuro para el medio ambiente, la contaminación del aire, el polvo, mayor uso del agua y demás factores de interés. De acuerdo con el Departamento de Estado de los Estados Unidos (2008), para poder abordar estos temas, la Ley del Medio Ambiente y Recursos Naturales (1996/217) autoriza a la Dirección General para el Cumplimiento Ambiental, del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), para que evalúe los planes de inversión y monitoree las operaciones en curso a fin de verificar el cumplimiento con las normas ambientales (según se presenta en [www.marena.gob.ni](http://www.marena.gob.ni)). La Ley de Delitos contra el Medio Ambiente y los Recursos Naturales (2005/559) incluye normas ambientales adicionales. Algunos inversionistas se quejan de que MARENA ha tomado consideraciones políticas en cuenta para determinar si otorgar un permiso ambiental o no. Las limitaciones presupuestarias restringen la capacidad de MARENA para hacer cumplir las leyes y normas ambientales.

Adicionalmente a los reglamentos ambientales, las inversiones mineras se regulan bajo la Ley Especial sobre Prospectos y Exploración Minera (2001/387), actualmente administrada bajo el recientemente creado Ministerio de Energía y Minería. El Ministerio de Energía y Minería retiene también la autoridad para otorgar las concesiones para el petróleo y gas. En el 2007, la Corte Suprema estipuló que varias concesiones de petróleo se habían otorgado sin las consultas del caso con los gobiernos de las regiones autónomas de la Costa Atlántica, aun cuando las concesiones estaban situadas fuera de las aguas regionales reconocidas. El gobierno central utiliza este dictamen como punto de partida para renegociar unos términos más favorables.

## APENDICE C. REQUISITOS Y NORMAS

Este Anexo resume una serie de valores de referencia cuantitativos para los requerimientos ambientales específicos de nuevos proyectos más allá de la necesidad de desarrollar una EIA y mitigar y evitar impactos ambientales adversos. Éste no pretende abarcar las normas sobre prácticas no cuantitativas. Las normas de referencia contenidas en el presente Anexo incluyen normas de calidad ambiental y normas de desempeño de sectores específicos de los países del CAFTA-DR, incluyendo a los Estados Unidos y otros gobiernos extranjeros y organizaciones internacionales. Los encargados de revisar y preparar las EIAs en los países del CAFTA-DR pueden utilizar esta información a falta de tales normas o para evaluar la validez e importancia de impactos en las EIAs.

El Anexo incluye:

- Introducción a las leyes, normas y requisitos ambientales
- Normas ambientales para la Calidad del Aire y el Agua
- Normas de Desempeño específicas para el Sector Minero
  - Límites de Vertido de Aguas/Efluentes
  - Aguas fluviales
  - Límites de Emisiones Atmosféricas
  - Desechos sólidos
- Tratados y convenios internacionales ratificados/suscritos
- Referencias de Sitios Web

La Sección A resume las normas ambientales de calidad para el agua dulce, el agua potable y el aire; la Sección B presenta un panorama general de los límites de efluentes relacionados con la minería en varios países y el Grupo del Banco Mundial; la sección C incluye información equivalente de emisiones; y la Sección D proporciona enlaces a sitios web de interés.

En la medida de lo posible, las notas de pie proporcionan las advertencias necesarias, pero se recomienda particularmente que si esta información se utiliza, el revisor o el elaborador confirme que la misma esté al día y sea apropiada para las circunstancias.

### **1 INTRODUCCIÓN A LAS LEYES, NORMAS Y REQUISITOS AMBIENTALES**

Existe una variedad métodos para abordar los problemas ambientales (véase la Figura 1) Algunos de los enfoques son de carácter exclusivamente voluntario –es decir, alientan y coadyuvan al cambio en el manejo ambiental, pero no lo exigen. Otros enfoques tienen carácter reglamentario –es decir, exigen que se lleven a cabo cambios o que se cumplan expectativas específicas de desempeño. En el núcleo de los enfoques reglamentarios yacen prácticas ambientales con requisitos específicos y procedimientos exigidos por ley para reducir o prevenir la contaminación directa o indirectamente. La figura C-2 muestra algunos ejemplos de los tipos de requisitos y normas utilizadas típicamente para la gestión ambiental, incluyendo:

- Normas Ambientales
- Normas de Desempeño (Emisiones y Efluentes)

- Normas de base Tecnológica
- Normas sobre Prácticas
- Exigencias de información
- Prohibiciones de Productos o su Empleo

Mientras que los enfoques puramente reglamentarios (de mando y control) generalmente contienen los requisitos más extensivos de todas las opciones de gestión, la mayoría de las otras opciones introducen algún tipo de requisitos, incluyendo aquellos enfoques de incentivos económicos basados en el mercado y de etiquetado y responsabilidad.

Los requisitos pueden ser generales o específicos de la actividad/planta. Los requisitos generales se implementan más frecuentemente en forma de (1) leyes, (2) reglamentos, o (3) permisos generales o licencias que aplican a una clase específica de plantas. Los requisitos generales pueden aplicar directamente a un grupo de instalaciones o pueden servir de base para el desarrollo de requerimientos específicos de una planta en particular. Los requerimientos específicos suelen aplicarse en forma de permisos o licencias, o, en el caso de una evaluación de impacto ambiental, pueden convertirse en compromisos jurídicamente vinculantes si (a) están contenidos dentro de la EIA misma, (b) están contenidos dentro de un plan de gestión ambiental o plan de monitoreo/mitigación separado, o (c) están incorporados a un contrato separado.

El Apéndice C presenta un útil resumen de límites cuantitativos de referencia. Para obtener mayor información sobre los requisitos exigibles, véase el Sitio Web de la Red Internacional para el Cumplimiento y Ejecución de las Normas Ambientales: [www.inece.org](http://www.inece.org) y específicamente la biblioteca de recursos, [www.inece.org/library/principles.html](http://www.inece.org/library/principles.html). Para obtener información más detallada sobre los límites que se resumen en el Apéndice, sírvase remitirse a las referencias que aparecen en la última sección.

**FIGURA C-1. ENFOQUES DE GESTION AMBIENTAL**

**ENFOQUES VOLUNTARIOS**

Los enfoques voluntarios fomentan o coadyuvan al cambio en el manejo ambiental, pero no lo exigen. Los enfoques voluntarios incluyen la educación pública, la asistencia técnica y la promoción del liderazgo ambiental en la industria y las organizaciones no gubernamentales. Los enfoques voluntarios también pueden incluir la gestión de los recursos naturales (por ejemplo, lagos, áreas naturales, las aguas subterráneas) para mantener la calidad del medio ambiente.

**ENFOQUES REGLAMENTARIOS (DE MANDO Y CONTROL)**

En los enfoques de mando y control, el gobierno establece los cambios deseados a través de requisitos detallados y luego promueve y se asegura del cumplimiento de dichos requisitos. La Tabla 3-2 describe los tipos de requisitos normalmente utilizados en los enfoques de mando y control.

**ENFOQUES DE INCENTIVOS ECONÓMICOS BASADOS EN EL MERCADO**

Los enfoques de incentivos económicos basados en el mercado utilizan las fuerzas del mercado para lograr los cambios de comportamiento deseados. Estos enfoques pueden ser independientes de los enfoques de mando y control, o pueden fundamentarse en ellos y complementarlos. Por ejemplo, la introducción de fuerzas del mercado a un enfoque de mando y control puede fomentar una mayor prevención de la contaminación y soluciones más económicas a los problemas. Los enfoques de incentivos económicos basados en el mercado incluyen:

Sistemas fiscales, que gravan las emisiones, efluentes y otros contaminantes liberados en el ambiente.

Permisos negociables, que permiten a las empresas cambiar los derechos de emisión permitidos a otras empresas.

Enfoques de compensación. Estos enfoques permiten a una planta proponer diversos enfoques para cumplimentar un objetivo medioambiental. Por ejemplo, puede permitirse a una planta emitir mayores cantidades de una sustancia de una de sus operaciones si la planta compensa ese aumento con la reducción de emisiones en otra de sus operaciones.

Subastas. En este enfoque, el gobierno subasta derechos limitados para producir o liberar ciertos contaminantes ambientales.

Etiquetado ambiental/divulgación pública. Dentro de este enfoque, los fabricantes están obligados a etiquetar los productos para informar a los consumidores de sus impactos ambientales. Los consumidores pueden entonces elegir qué productos comprar en función de su desempeño ambiental.

**ENFOQUES EN BASE A RIESGOS**

Los enfoques de la gestión ambiental en base a riesgos son relativamente nuevos. Estos enfoques establecen prioridades de cambio en base al potencial de reducción de riesgos a la salud pública y/o el medio ambiente.

**PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN**

El objetivo de los enfoques de prevención de la contaminación es evitar la contaminación al reducir o eliminarla desde su fuente. Los cambios necesarios para evitar la contaminación pueden exigirse, por ejemplo, como parte de un enfoque de mando y control, o impulsarse como acciones voluntarias.

**RESPONSABILIDAD**

Algunos de los enfoques de gestión ambiental se basan en leyes obligan a los individuos o las empresas a responsabilizarse de los resultados de ciertas acciones o por daños y perjuicios que causen a otro individuo o empresa o a sus propiedades. Los sistemas de responsabilidad no tienen requisitos explícitos. Sin embargo, a menudo se desarrollan requisitos implícitos a medida que se llevan casos ante los tribunales y se establecen pautas sobre qué actividades justifican qué consecuencias. Para ser efectivos, los sistemas de responsabilidad generalmente necesitan de alguna aplicación por parte del gobierno, organizaciones no gubernamentales, o individuos para reunir pruebas y desarrollar casos legales. Ejemplos de sistemas de gestión ambiental basados en responsabilidades incluyen las leyes sobre actividades molestas (nuisance laws), las leyes que exigen una indemnización para las víctimas de los daños ambientales, y las leyes que requieren de la corrección de los problemas ambientales causados por la inadecuada disposición de residuos peligrosos. Los sistemas de responsabilidades reducen o previenen la contaminación en la medida en que los individuos o instituciones temen las consecuencias de una posible acción legal contra ellos.

Source: Cheryl Wasserman, et. al, "Principles of Environmental Enforcement" (February 19, 1992).

### FIGURA C-2. EJEMPLOS DE REQUISITOS AMBIENTALES

#### Normas Ambientales

Las normas ambientales (también llamadas normas de calidad del medio ambiente) son metas de la calidad del medio ambiente (por ejemplo, del aire, del agua). Las normas ambientales se suelen escribir en unidades de concentración (por ejemplo, el nivel de dióxido de nitrógeno en el aire no puede exceder 0.053 partes por millón). En los EE.UU., las normas ambientales se utilizan como metas de la calidad del medio ambiente y para planificar el nivel de emisiones de fuentes individuales que pueden acomodarse sin dejar de cumplir la meta colectiva de calidad. Las normas ambientales también pueden ser factores desencadenantes; por ejemplo, si se excede la norma, se incrementan el monitoreo o las medidas de acatamiento. La aplicación de las normas ambientales por lo general requiere relacionar una medición de un factor ambiental con las emisiones o actividades en una planta específica. Esto puede ser difícil.

#### Normas de Desempeño (Emisiones y Efluentes)

Estas normas se utilizan ampliamente en reglamentos, permisos y requerimientos de monitoreo. Las normas de desempeño limitan la cantidad o porcentaje de determinados productos químicos o vertidos que una planta puede liberar en el medio ambiente en un período determinado de tiempo. Las normas de desempeño proporcionan flexibilidad debido a que permiten elegir para cada fuente de emisión las tecnologías a utilizarse para cumplir con las normas. A menudo, dichas normas se basan en el resultado que pueda lograrse utilizando la mejor tecnología de control disponible. Algunos requerimientos introducen una mayor flexibilidad al permitir que una fuente de emisiones múltiples varíe las emisiones de cada una de sus chimeneas, siempre y cuando la suma total de las emisiones no exceda el total permitido. El cumplimiento de las normas de emisión se mide mediante el muestreo y monitoreo. Dependiendo del tipo de instrumentos requeridos, monitorear el cumplimiento puede ser difícil y/o costoso.

#### Normas de base Tecnológica

Estas normas requieren que la comunidad regulada utilice un determinado tipo de tecnología (por ejemplo, “la mejor tecnología disponible”) para controlar y/o monitorear las emisiones. Las normas de base tecnológica son particularmente apropiadas cuando se conoce del buen desempeño del equipo en la gama de condiciones generalmente exhibidas por las fuentes de emisión de la comunidad. Es relativamente fácil para los inspectores determinar si las fuentes de emisión son de conformidad con las normas de base tecnológica: el equipo aprobado debe estar en su lugar y funcionando adecuadamente. Puede ser difícil, sin embargo, asegurar que el equipo opere correctamente durante un largo período de tiempo. Las normas de base tecnológica pueden inhibir la innovación tecnológica y la prevención de la contaminación.

#### Normas sobre Prácticas

Estas normas exigen o prohíben determinadas actividades que tienen impactos ambientales significativos. Por ejemplo, una norma podría prohibir el transporte de líquidos peligrosos en cubetas descubiertas. Al igual que los estándares de base tecnológica, es fácil para los oficiales del programa inspeccionar el cumplimiento y adoptar medidas contra las fuentes que no se ajustan, pero es difícil garantizar el cumplimiento continuo.

#### Exigencias de información

Estos requisitos son diferentes de las normas descritas anteriormente en que éstas requieren que las fuentes potenciales de contaminación desarrollen y entreguen información al gobierno (por ejemplo, un fabricante de plaguicidas o instalaciones involucradas en la generación, transporte, almacenamiento, tratamiento y eliminación de residuos peligrosos). Puede exigirse a las fuentes generadoras de contaminación supervisar, informar, y mantener registros de los niveles de contaminación generados y si se exceden o no las normas de desempeño. Las exigencias de información se utilizan a menudo cuando la fuente de contaminación potencial es, por ejemplo, un nuevo producto químico o plaguicida, en lugar de materiales de desecho. Por ejemplo, podría exigirse a un fabricante realizar ensayos y entregar informes sobre el potencial de un producto de causar daño en caso de ser liberado en el medio ambiente.

#### Prohibiciones de Productos o su Empleo

Una prohibición puede censurar por completo el uso de un producto o prohibir determinados usos del mismo (por ejemplo, prohibir la fabricación, venta y/o el empleo de un producto).

Source: Cheryl Wasserman, et. al, “Principles of Environmental Enforcement” (February 19, 1992).

## 2 NORMAS AMBIENTALES PARA LA CALIDAD DEL AIRE Y EL AGUA

Las siguientes tablas resumen y comparan entre los países e instituciones, las normas para:

- Directrices y Normas de Calidad para el Agua Dulce
- Normas del Agua Potable
- Normas de Calidad del Aire

**Tabla C-1 Directrices y Normas de Calidad del Agua Dulce**

Contaminante	EE. UU.		Unión Europea	
	Criterios <sup>1</sup> Nacionales Recomendados de Calidad del Agua		Normas de Calidad Ambiental	
	Concentración Máxima de Contaminante de Criterio (CMC) (µg/l)	Concentración Continua de Contaminante de Criterio (CMC) (µg/l)	Valor de Promedio anual (aguas superficiales tierra adentro) (ug/l)	Concentración máxima permitida (aguas superficiales tierra adentro) (ug/l)
Alaclor			0.3	0.7
Antraceno			0.1	0.4
Arsénico	340	150		
Atrazina			0.6	2.0
Benceno			10	50
Benzopireno			0.05	0.1
Difenil bromados			0.0005	N/A
Cadmio	2	0.25	≤0.08 (Clase 1) <sup>2</sup> 0.08 (Clase 2) 0.09 (Clase 3) 0.15 (Clase 4) 0.25 (Clase 5)	≤0.45 (clase 1) 0.45 (Clase 2) 0.09 (Clase 3) 0.15 (Clase 4) 0.25 (Clase 5)
C10-13 Cloroalcanos			0.4	1.4
Clordano	2.4	0.0043		
Clorfenvinfos			0.1	0.3
Cloruro	860,000	230,000		
Cromo (III)	570	74		
Cromo (VI)	16	11		
Clorpirifos			0.03	0.1
Cianuro	22	5.2		
DDT Total			0.025	N/A
Para-para DDT			0.01	N/A
Dicloroetano 1,2			10	N/A
Diclorometano			20	N/A

<sup>1</sup> En los Estados Unidos, el gobierno federal establece los criterios para establecer las normas de calidad del agua, pero queda a discreción de los Estados establecer las normas requeridas basadas en las categorías vigentes. Por lo tanto estos “criterios” no son realmente requisitos.

<sup>2</sup> Para el cadmio y sus componentes el valor de EQS varía dependiendo de la pesadez del agua como se especifica en las categorías de cinco clases (Clase 1:<40 mg CaCO<sub>3</sub>/l, clase 2:40<50 mg CaCO<sub>3</sub>/l, Clase 3:50 a <100mg CaCO<sub>3</sub>/l, Clase 4:100 a <200 mg CaCO<sub>3</sub>/l y clase 5: ≥ 200 mg (CaCO<sub>3</sub>/l).

Contaminante	EE. UU.		Unión Europea	
	Criterios <sup>1</sup> Nacionales Recomendados de Calidad del Agua		Normas de Calidad Ambiental	
	Concentración Máxima de Contaminante de Criterio (CMC) (µg/l)	Concentración Continua de Contaminante de Criterio (CMC) (µg/l)	Valor de Promedio anual (aguas superficiales tierra adentro) (ug/l)	Concentración máxima permitida (aguas superficiales tierra adentro) (ug/l)
Dieldrina	0.24	0.056	$\Sigma = 0.01^3$	N/A
DI Ftalato (2.ethilexyl)			1.3	N/A
Diurón			0.2	1.8
alfa-Endosulfán	0.22	0.056	0.005	0.01
beta-Endosulfán	0.22	0.056	0.005	0.01
Fluoranteno			20	N/A
Heptacoloro	0.52	0.0038		
Epóxido de Heptacoloro	0.52	0.0038		
Hexacoloro de Benceno			0.01	0.05
Hexacoloro Butadieno			0.1	0.6
Hexacoloro ciclohexano			0.02	0.04
Isoproturón			0.3	1.0
Plomo	65	2.5	7.2	N/A
Mercurio	1.4	0.77	0.05	0.07
Naftalina			2.4	N/A
Níquel	470	52	20	N/A
Nonilfenol (4-nonilfenol)			0.3	2.0
Octilfenol			0.1	N/A
Pentacoloro benceno			0.007	N/A
Pentacolorofenol	19	15	0.4	1.0
Bifenilos policlorados (BPC)		0.014		
Selenio		5		
Simazina			1.0	4.0
Plata	3.2			
Sulfato			129.75 mg/l	4,200 mg/l
Tetracloroetileno			10.0	N/A
Tricloroetileno			10	N/A
Toxafeno	0.73	0.0002		
Compuestos de tributilestaño			0.0002	0.0015
Tricloro- Benceno			0.4	N/A
Tricloro – Metano			2.5	
Trifluralina			0.03	N/A

<sup>3</sup> Suma de los plaguicidas ciclodieno que incluyen: aldrina, dieldrina, endrina, Isodrin

Contaminante	EE. UU.		Unión Europea	
	Criterios <sup>1</sup> Nacionales Recomendados de Calidad del Agua		Normas de Calidad Ambiental	
	Concentración Máxima de Contaminante de Criterio (CMC) (µg/l)	Concentración Continua de Contaminante de Criterio (CMC) (µg/l)	Valor de Promedio anual (aguas superficiales tierra adentro) (ug/l)	Concentración máxima permitida (aguas superficiales tierra adentro) (ug/l)
Zinc	120	120		

Sources: US: <http://www.epa.gov/waterscience/criteria/wqctable/index.html#cmc>

EU: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:EN:PDF>

**Tabla C-2 Directrices y Normas de Calidad del Agua Potable**

Contaminante	EE. UU.		Canadá	Comunidad Europea	Organización Mundial de la Salud
	Nivel Meta Máximo del Contaminante	Nivel Máximo del Contaminante	Concentración Máxima Aceptable	Valor Paramétrico	Valor Guía
Acrylamine				0.1 µg/l	
Amoniaco				0.50 mg/l	
Aluminio			0.1/0.2 mg/l (100 - 200 µg/l)		
Antimonio	0.006 mg/l (6 µg/l)	0.006 mg/l	0.006 (6 µg/l)	5.0 µg/l	
Arsénico	0	0.01 mg/l	0.1 mg/l (10 µg/l)	10 µg/l	10 µg/l
Asbesto	7 millones de fibras por litro	7 millones de fibras por litro			
Bario	2 mg/l (2,000 µg/l)	2 mg/l (2,000 µg/l)	1 mg/l (1,000 µg/l)		
Benceno			0.005 mg/l (5 µg/l)	1.0 µg/l	
Benzo(a)pireno			0.00001 mg/l (0.01 µg/l)	0.010 µg/l	
Berilio	0.004 mg/l (4 µg/l)	0.004 mg/l (4 µg/l)			
Boro			5 mg/l (5,000 µg/l)	1.0 mg/l	

Contaminante	EE. UU.		Canadá	Comunidad Europea	Organización Mundial de la Salud
	Nivel Meta Máximo del Contaminante	Nivel Máximo del Contaminante	Concentración Máxima Aceptable	Valor Paramétrico	Valor Guía
Bromato	0	0.010 mg/l (10 µg/l)	0.01 mg/l (10 µg/l)	10 µg/l	
Bromodichlorometano (BDCM)			0.016 mg/l (16 µg/l)	100 µg/l	0.06 mg/l (60 µg/l)
Cadmio	0.005 mg/l (5 µg/l)	0.005 mg/l (5 µg/l)	0.005 mg/l (5 µg/l)	5.0 µg/l	
Clorato			1 mg/l (1,000 µg/l)		
Chloride				250 mg/l	
Clostridium perfringens				0 número /100 ml	
Conductividad				2500 µS cm <sup>-1</sup> en 20°C	
Clorito	0.8 mg/l (800 µg/l)	1.0 mg/l (1,000 µg/l)	1 mg/l (1,000 µg/l)		
Cromo (total)	0.1 mg/l (100 µg/l)	0.1 mg/l (100 µg/l)	0.05 mg/l (50 µg/l)	50 µg/l	0.05 mg/l (50 µg/l)
Cobre	1.3 mg/l	1.3 mg/l		2.0 mg/l	2.0 mg/l
Cianuro (como cianuro libre)	0.2 mg/l (200 µg/l)	0.2 mg/l (200 µg/l)	0.2 mg/l (200 µg/l)	50 µg/l	
Toxinas Cianobacteriales microcistin -LR			0.0015 mg/l (1.5 µg/l)		
1,2 – dicloretano				3.0 µg/l	
Epiclorodrin				0.10 µg/l	
Fluoruro	4 mg/l	4 mg/l	1.5 mg/l	1.5 mg/l	1.5 mg/l
Hierro				200 µg/l	
Plomo	0	0.015 mg/l (15 µg/l)	0.01 mg/l (10 µg/l)	10 µg/l	
Manganesio				50 µg/l	
Mercurio (inorgánico)	0.002mg/l (2 µg/l)	0.002mg/l (2 µg/l)	0.001mg/l (1µg/l)	1.0µg/l	
Nickel				201µg/l	0.07 mg/l (70µg/l)
Nitrato (medido como nitrógeno)	10 mg/l	10 mg/l	45 mg/l	50 mg/l	50 mg/l
Nitrito (medido como nitrógeno)	1 mg/l	1 mg/l	3.2 mg/l	0.50 mg/l	0.2 mg/l

Contaminante	EE. UU.		Canadá	Comunidad Europea	Organización Mundial de la Salud
	Nivel Meta Máximo del Contaminante	Nivel Máximo del Contaminante	Concentración Máxima Aceptable	Valor Paramétrico	Valor Guía
Nickel				20µg/l	0.07 mg/l (70µg/l)
Nitrato				50 mg/l	
Nitrito				0.50 mg/l	
Pesticidas				0.10 µg/l	
Pesticidas- total				50µg/l	
Hidrocarburos aromáticos Policíclicos				0.10 µg/l	
Selenio	0.05 mg/l (50 µg/l)	0.05 mg/l (50 µg/l)	0.01 mg/l (10 µg/l)	10 µg/l	0.01 mg/l (10 µg/l)
Sulfato				250 mg/l	
Sodio					
Tetrachloroetano					
Talio	0.0005 mg/l (0.5 µg/l)	0.002 mg/l (2 µg/l)			
Trihalometanos (total)	N/A	0.080 mg/l (80 µg/l)		100 µg/l	
Cloro vinil				0.50 µg/l	
Ph			6.5-8.5	6.5-9.5	

Sources: US Drinking Water Standards: <http://www.epa.gov/ogwdw000/contaminants/index.html>  
WHO Guidelines for Drinking-Water Quality p.186,  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/fulltext.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf)

EU Quality Standards of Water Intended for Human Consumption:  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0083:20030807:EN:PDF>

2-3 Directrices y Normas de Calidad del Aire Ambiente

Contaminante	Directrices de Calidad del Aire Ambiente de la Organización Mundial de la Salud (OMS)		Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiente de los EE.UU.				Normas de Calidad del Aire de la Unión Europea			Objetivos y Directrices Nacionales de Calidad del Aire Ambiente de Canadá			
	Periodo promediado	Valor Guía (µg/m³)	Estándares Primarios		Estándares Secundarios		Periodo promediado	Concentración	Excedencias permitidas por año	Periodo promediado	Nivel Máximo Deseable	Nivel Máximo Aceptable	Nivel Máximo Tolerable
			Periodo promediado	Valor Guía	Periodo promediado	Valor Guía							
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	125 (objetivo intermedio-1) 50 (objetivo intermedio-2) 20 (valor guía)	24 horas	0.14 ppm	3 horas	0.5 ppm	1 hora	350 µg/m³	24	1 hora	172 ppb	334 ppb	N/A
	10 minutos	500 (valor guía)Criterio	1 año	0.030 ppm			24 horas	125µg/m³	3	24 horas	57 ppb	115 ppb	306 ppb
Nitrogen Dioxide (NO <sub>2</sub> )	1 año	40 (valor guía)	1 año	53 ppb (100 µg/m³)	1 año	0.53 ppm (100 µg/m³)	1 hora	200 µg/m³	18	1 año	32 ppb	53 ppb	N/A
	1 hora	200 (valor guía)	1 hora	100 ppb	N/A	N/A	1 año	40 µg/m³	N/A	24 horas	N/A	106 ppb	160 ppb
Partículas totales suspendidas (TSP)							1 año	N/A	120 µg/m³	400 µg/m³			
							24 horas	60 µg/m³	70 µg/m³	N/A			
Material particulado (PM10)	1 año	70 (objetivo intermedio-1) 50 (objetivo intermedio-2) 30 (objetivo intermedio -3) 20 (valor guía)	24 horas	150 µg/m³	24 horas	150 µg/m³	24 hr	50 µg/m³	35				
	24 horas	150 (objetivo intermedio-1) 100 (objetivo intermedio-2) 75 (objetivo intermedio-3) 50 (valor guía)					1 año	40 µg/m³	N/A				
Material particulado (PM 2.5)	1 año	35 (objetivo intermedio-1) 25 (objetivo intermedio-2) 15 (objetivo intermedio-3) 10 (valor guía)	1 año	15.0 µg/m³	1 año	15.0 µg/m³	1 año	25 µg/m³	N/A				

Contaminante	Directrices de Calidad del Aire Ambiente de la Organización Mundial de la Salud (OMS)		Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiente de los EE.UU.				Normas de Calidad del Aire de la Unión Europea			Objetivos y Directrices Nacionales de Calidad del Aire Ambiente de Canadá				
	Horas	Valor	Horas	Valor	Horas	Valor	Horas	Valor	Horas	Valor	Horas	Valor	Horas	Valor
	24 horas	75 (objetivo intermedio-1) 50 (objetivo intermedio-2) 37.5 (objetivo intermedio-3) 25 (valor guía)	24 horas	35 µg/m³	24 horas	35 µg/m³								
Ozono	8 horas	160 (objetivo intermedio-1) 100 (valor guía)	1 hora	0.12 ppm (235 µg/m³)	1 hora	0.12 ppm (235 µg/m³)	8 horas	120 µg/m³	25 días promediados por 3 años	1 año	N/A	15 ppb	N/A	
			8 horas	0.075 ppm	8 horas	0.075 ppm				24 horas	15 ppb	25 ppb	N/A	
						1 hora				51 ppb	82 ppb	153 ppb		
Plomo (Pb)	N/A	N/A	3 meses	0.15 µg/m³	3 meses	0.15 µg/m³	1 año	0.5 µg/m³	N/A					
Monóxido de Carbono (CO)	N/A	N/A	1 hora	35 ppm (40 mg/m³)			8 horas	10 mg/m³	N/A	1 hora	13 ppm	31 ppm	N/A	
			8 horas	9 ppm (10 mg/m³)						8 horas	5 ppm	13 ppm	17 ppm	
Benceno							1 año	5 µg/m³*	N/A					
Arsénico (As)							1 año	6 ng/m³*	N/A					
Cadmio (Cd)							1 año	5 ng/m³*	N/A					
Níquel (Ni)							1 año	20 ng/m³*	N/A					
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos							1 año	1 ng/m³ (expresado como concentración de benzo[a]pireno)*	N/A					

\* Target value enters into force 1.1.2012

\*\* La norma de una hora de Ozono en los Estados Unidos fue revocada a partir del 15 de Junio, 2005, y fue sustituida por el estándar de 8 horas.

Fuentes de las “Directrices y Normas de Calidad para el Aire Ambiente:”

Normas de Calidad del Aire de la Comisión Europea: <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

Objetivos Nacionales de Calidad del Aire Ambiente de Canadá: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/air/out-ext/reg-eng.php>

OMS (citado en Directrices Generales sobre Medio Ambiente, Salud, y Seguridad de la Corporación Financiera Internacional):

[http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui\\_EHSGuidelines2007\\_GeneralEHS/\\$FILE/Final+-+General+EHS+Guidelines.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_GeneralEHS/$FILE/Final+-+General+EHS+Guidelines.pdf)

Objetivos de Calidad del Aire Ambiente de los EE.UU.: <http://epa.gov/air/criteria.htm>

### 3 LÍMITES DE VERTIDOS DE AGUA/EFLUENTES DEL SECTOR MINERO

#### 3.1 Límites de Vertido de Aguas/límites de Efluentes

Tabla C-4 Límites de vertido de aguas/ límites de efluentes para el Sector Minero en Países del CAFTA-DR, Canadá y la CFI/Banco Mundial

Contaminante	Costa Rica	República Dominicana	Nicaragua	EE. UU.	Banco Mundial/CFI	Canadá
	Límites de Efluentes para Actividades Mineras	Límites de Efluentes para la Minería de Metales	Límites Propuestos de Efluentes para la Minería y Acabado de Metales	Límites de Efluentes para Minas y Plantas Beneficiadoras de Metales	Valores Máximos de Efluentes	Reglamentación sobre Efluentes para la Minería de Metales
Aluminio	5 mg/l		2 mg/l			
Arsénico	0.1 mg/l	0.1 mg/l		0.5 - 1.0 mg/l	0.1 mg/l	0.5 - 1 mg/l
Bario	5 mg/l					
Boro	3 mg/l					
Cadmio	0.1 mg/l	0.1 mg/l	0.1 mg/l	0.05 - 0.1 mg/l	0.1 mg/l	
Carbamatos (totales)	0.1 mg/l					
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		150 mg/l			150 mg/l	
Cloro (residual)	1 mg/l					
Cromo	1.5 mg/l	0.1 mg / l (hexavalente)	1 mg/l (total), 0.5 mg/l (hexavalente)		0.1 mg/l (hexavalente)	
Color (pureza)	15%					
Cobre	0.5 mg/l	0.5 mg/l	0.5 mg/l	0.15 - 0.30 mg/l	0.5 mg/l	0.3 - 0.6 mg/l
Cianuro (total)	1 mg/l	1.0 mg/l	1 mg/l		1 mg/l	1 - 2 mg/l
Cianuro (libre)	0.1 mg/l	0.1 mg/l			0.1 mg/l	
Cianuro (libre en el cuerpo receptor, fuera de la zona de mezclado)	0.005 mg/l					
Cianuro (disociable en ácido débil)	0.5 mg/l	0.5 mg/l			0.5 mg/l	
Fluoruro	10 mg/l					
Hidrocarburos	10 mg/l					
Hierro		3.5 mg/l		1.0 - 2.0 mg/l	3.5 mg/l	

Ver sección suplementaria, Sección 3.2. Límites de efluentes para categorías específicas de menas y procesos relacionados a la minería

**Tabla C-4 Límites de Vertido de Aguas/Efluentes para el Sector Minero en Países del CAFTA-DR, Canadá y la CFI/Banco Mundial (continuación)**

Contaminante	Costa Rica	República Dominicana	Nicaragua	EE. UU.	Banco Mundial/CFI	Canadá
	Límites de Efluentes para Actividades Mineras	Límites de Efluentes para la Minería de Metales	Límites Propuestos de Efluentes para la Minería y Acabado de Metales	Límites de Efluentes para Minas y Plantas Beneficiadoras de Metales		
Plomo	0.5 mg/l	0.2 mg/l	0.5 mg/l	0.3 - 0.6 mg/l	0.2 mg/l	0.2 - 0.4 mg/l
Mercurio	0.01 mg/l	0.01 mg/l		0.001 - 0.002 mg/l	0.01 mg/l	
Níquel	1 mg/l	0.5 mg/l	1 mg/l		0.5 mg/l	0.5 - 1.0 mg/l
Nitrógeno (total)	50 mg/l					
Aceite y Grasa		10 mg/l			10 mg/l	
Compuestos organofosforados (totales)	0.1 mg/l					
Compuestos organoclorados (total)	0.05 mg/l					
Radio 226						0.37 - 1.11 Bq/l
Selenio	0.05 mg/l					
Sólidos sedimentables			1 ml/l	0.2 ml/l		
Plata	1 mg/l					
Sulfitos	1 mg/l					
Sulfuros	25 mg/l					
Estaño	2 mg/l					
Metales Totales		10.0 mg/l			10 mg/l	
Sólidos Suspendidos Totales (SST)		50 mg/l	50 mg/l	20 - 50 mg/l	50 mg/l	15 - 30 mg/l
Zinc	5 mg/l	2.0 mg/l	1 mg/l	0.5 - 1.5 mg/l	2 mg/l	0.5 - 1 mg/l
Temperatura			40 °C			
pH		6.0-9.0	6.0-9.0	6.0 - 9.0	6.0-9.0	

Ver sección suplementaria, Sección 3.2 limitantes de efluentes para categorías específicas de menas y procesos relacionados a la minería

Fuentes: Grupo del Banco Mundial/CFI - Directrices para Proyectos del Grupo del Banco Mundial: Minería de Metales Base y Minerales de Hierro, p. 270 (en vigor desde julio de 1998); Canadá - Ley de Pesca, Subsecciones 34(2), 36(5), y 38(9) (registrada el 6 de junio de 2002); Costa Rica – Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, Decreto N°33601 Artículo 21 (Tabla 5); República Dominicana – Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descarga (6/2003); Nicaragua – Reglamento de Vertido y Aguas Residuales (Proyecto de Reglamento); Estados Unidos - Código de Regulaciones

Federales de los EE.UU., Título 40 Parte 440 (última modificación, 24 de mayo de 1988). Ver además 40 CFR parte 434 (Minería de carbón) y parte 436 (Minería Mineral y Procesamiento).

### 3.2. Información Suplementaria sobre Límites de Vertidos de Aguas/Efluentes para el Sector Minero

El vertido de contaminantes de procesos industriales en aguas navegables de los EE.UU. está prohibido a menos que se cumpla con estos estándares (Ley de Agua Limpia). Las descargas permitidas son emitidas ya sea por EPA, administrado por lo que se denomina Sistema de Eliminación de Descargas de Contaminantes Naturales (NPDES, por sus siglas en inglés), o en el caso de drenaje o materiales de relleno por el Cuerpo Armado de Ingenieros de los Estados Unidos con los derechos de veto de EPA. Los permisos de NPDES deben contener las condiciones que mínimamente satisfagan las normas de agua y los límites del desempeño de los efluentes basados en tecnología, para los cuales muchas minas en categoría de mena, se encuentren en 40 CFR parte 440. EPA considera tanto la tecnología como la economía, al momento de promulgar dichos límites de los efluentes, y la base para la norma está disponible a través del sitio web de EPA. (<http://water.epa.gov/scitech/wastetech/guide/>). Los límites mencionados de referencia en este documento son del año 2009. Los usuarios deben remitirse a la página web de la EPA para ver las actualizaciones más recientes.

Tabla C-5 Panorama general de la Reglamentación sobre el Agua en los EE.UU. que Afectan a la Industria Minera

Tipo de instalaciones o recursos	Interés Ambiental	Estatuto Pertinente	Norma o reglamento Pertinente	Tabla pertinente	Referencias a Sitios Web
Minas y Plantas Beneficiadoras de Metales	Niveles de efluentes en la descarga de aguas de operaciones mineras	Ley del Agua Limpia (CWA)	Título 40 del Código de Regulaciones Federales, Parte 440 – Categoría de Fuentes Puntuales para Extracción y Preparación Mecánica de Minerales (Subpartes A-M)	"Límites de Efluentes para Minas y Plantas Beneficiadoras de Metales de los EE.UU."	<a href="http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr;sid=29906bec440a53789ceba96d841cc756;rgn=div5;view=txt;node=40%3A29.0.1.1.16;idno=40;cc=ecfr">http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr;sid=29906bec440a53789ceba96d841cc756;rgn=div5;view=txt;node=40%3A29.0.1.1.16;idno=40;cc=ecfr</a>
Minas de Minerales	Niveles de efluentes en la descarga de aguas de operaciones mineras	Ley del Agua Limpia (CWA)	Título 40 del Código de Regulaciones Federales, Parte 436 – Categoría de Fuentes Puntuales para la Minería y Procesamiento de Minerales	"Limitaciones de Efluentes para la Extracción de Arena y Grava de los EE.UU."	<a href="http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr;sid=29906bec440a53789ceba96d841cc756;rgn=div5;view=txt;node=40%3A29.0.1.1.12;idno=40;cc=ecfr#40:29.0.1.1.12.6.4.3">http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr;sid=29906bec440a53789ceba96d841cc756;rgn=div5;view=txt;node=40%3A29.0.1.1.12;idno=40;cc=ecfr#40:29.0.1.1.12.6.4.3</a>
Sistemas de Agua Dulce	La contaminación de los sistemas de agua dulce en los EE.UU.	Ley del Agua Limpia (CWA)	Criterios Nacionales de Calidad Recomendada del Agua (Sitio Web de la EPA)	"Estándares Nacionales de Calidad Recomendada de Agua Dulce de los EE.UU."	<a href="http://www.epa.gov/waterscience/criteria/wqctable/index.html#cmc">http://www.epa.gov/waterscience/criteria/wqctable/index.html#cmc</a>

Tipo de instalaciones o recursos	Interés Ambiental	Estatuto Pertinente	Norma o reglamento Pertinente	Tabla pertinente	Referencias a Sitios Web
Sistemas de Agua Potable	Impactos sobre la salud de la contaminación del agua potable de EE.UU.	Ley de Agua Potable Segura (SDWA)	Contaminantes del Agua Potable (Sitio Web de la EPA)	"Niveles Máximos de Contaminación (MCL) y Niveles Meta Máximos de Contaminantes (MCLG) del Agua Potable de los EE.UU. (químicos inorgánicos)	<a href="http://www.epa.gov/safewater/contaminants/index.html#8">http://www.epa.gov/safewater/contaminants/index.html#8</a>
Sistemas de Agua Potable	Características estéticas o efectos cosméticos del agua potable de los EE.UU.	Ley de Agua Potable Segura (SDWA)	Reglamento Nacional Secundario de Agua Potable (NSDWRs) (Sitio Web de la EPA)	Normas Federales de los EE.UU. para el Agua Potable"	<a href="http://www.epa.gov/safewater/contaminants/index.html#8">http://www.epa.gov/safewater/contaminants/index.html#8</a>
Minas de Carbón	Niveles de efluentes de vertidos de minas	Acta de Agua Limpia (CWA)	40 CFR 434- Minería de coal y procesamiento Categoría de fuente puntual	"Limitantes de Efluentes en Estados Unidos para Minería Coal"	<a href="http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&amp;rgn=div5&amp;view=text&amp;node=40:29.0.1.1.10&amp;idno=40">http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&amp;rgn=div5&amp;view=text&amp;node=40:29.0.1.1.10&amp;idno=40</a>

**Tabla C-6 Vertidos de Minas sujetos a Permisos en los EE.UU.**

Vertidos de escorrentías/drenajes sujetos al Título 40 del Código de Regulaciones Federales de los EE.UU., Parte 440:Directrices para la Limitación de Efluentes	Sujeto a permisos de aguas pluviales (no sujeto al Título 40 del Código de Regulaciones Federales, Parte 440)
Área de aplicación en tierra	Pilas de tierra vegetal
Área de trituradora	Caminos de transporte fuera del área de explotación minera activa
Pilas de mineral agotado, pilas de regulación, pilas de mineral, pilas de roca estéril/tierra de descombro	Caminos de transporte en las instalaciones de la mina que no se hayan construido de roca estéril o de mineral agotado (a no ser que se utilice agua residual sujeta a los límites de drenaje de la mina para el control del polvo)
Drenaje bombeado y sin bombear y agua proveniente de tajos/minas subterráneas	Embalses o diques de relaves cuando no se hayan construido de roca estéril o relaves
Pozos de absorción/drenajes franceses	Concentración / sitio/instalaciones de la planta beneficiadora (si el vertido es sólo agua pluvial, sin contacto con las pilas)
Caminos de transporte en las instalaciones de la mina que se hayan construido de roca estéril o de mineral agotado o si se utiliza agua residual sujeta a los límites de drenaje de la mina para el control del polvo	Zonas recuperadas liberadas de las fianzas de recuperación antes del 17 de diciembre de 1990
Embalses o diques de relaves cuando se hayan construido de roca estéril o relaves	Zonas recuperadas parcial o insuficientemente o zonas no liberadas de la fianza de recuperación
Áreas perturbadas sin recuperar	La mayoría de áreas auxiliares (por ejemplo, áreas de almacenamiento de productos químicos y de explosivos, centrales eléctricas, áreas de mantenimiento y lavado de equipos/camiones, etc.)

Fuente: Perfil de la Industria Minera de Metales: Agenda Sectorial de la Oficina de Cumplimiento de la EPA, p. 87.

<http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/metminsn.pdf>

Tabla C-7

Limitaciones de Efluentes para la Extracción de Arena y Grava en los EE.UU.  
(Vertidos de Aguas Residuales Generadas por Procesos Industriales y el Desagüe de Minas)

Uso en la construcción (14)				
Aguas Residuales de Proceso			Vertido de Desagüe de Minas	
	1 Día	Promedio de 30 días	1 Día	Promedio de 30 Días
pH	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0

Uso industrial (15)							
		Aguas Residuales de Proceso (Flotación con ácido HF)		Aguas Residuales de Proceso (Sin flotación con ácido HF)		Vertido de Desagüe de Minas	
		1 Día	Promedio de 30 días	1 Día	Promedio de 30 días	1 Día	Promedio de 30 días
Característica del Efluente	pH	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0
	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	0.046 kg/kkg	0.023 kg/kkg	45 mg/l	25 mg/l	45 mg/l	25 mg/l
	Fluoruro Total	0.006 kg/kkg	0.003 kg/kkg				

Fuente: Código de Regulaciones Federales de los EE.UU., Título 40, Parte 436, Subincisos C-D (última modificación, 12 de julio de 1995).

Subparte C - Arena y Grava para la Construcción:

<http://frwebgate3.access.gpo.gov/cgi-bin/TEXTgate.cgi?WAISdocID=94272926199+37+1+0&WAIAction=retrieve>

Subparte D - Arena para uso Industrial:

<http://frwebgate3.access.gpo.gov/cgi-bin/TEXTgate.cgi?WAISdocID=94272926199+37+1+0&WAIAction=retrieve>

**Tabla C-8 Limitaciones de Efluentes para Minas y Plantas Beneficiadoras de Metales en los EE.UU. (Título 40 del Código de Regulaciones Federales, Parte 440))**

		Metal que se extrae o procesa									
		Hierro (1)		Cobre, Plomo, Zinc, Plata, Oro (con la excepción de depósitos de placeres)		Molibdeno (3)		Oro (depósitos de placeres)		Níquel	
		1 Día	Pro-medio (30 días)	1 Día	Pro-medio (30 días)	1 Día	Pro-medio (30 días)	1 Día	Pro-medio (30 días)	1 Día	Promedio (30 días)
Polutants	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	30 mg/l	20 mg/l	30 mg/l	20 mg/l	30 mg/l 50 mg/l (4)	20 mg/l 30 mg/l (4)	n/a	n/a	30 mg/l 50 mg/l (5)	20 mg/l 30 mg/l (5)
	Hierro (Fe) (Disuelto)	2.0 mg/l	1.0 mg/l	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	Copper (Cu)	n/a	n/a	0.30 mg/l	0.15 mg/l	0.3 mg/l	0.15 mg/l	n/a	n/a	0.30 mg/l	0.15 mg/l
	Zinc (Zn)	n/a	n/a	1.0 mg/l (6) 1.5 mg/l (7)	0.5 mg/l (6) 0.75 mg/l (7)	1.0 mg/l	0.5 mg/l	n/a	n/a	1.0 mg/l	0.5 mg/l
	Plomo (Pb)	n/a	n/a	0.6 mg/l	0.3 mg/l	0.6 mg/l (8)	0.3 mg/l (8)	n/a	n/a	0.6 mg/l (9)	0.3 mg/l (9)
	Mercurio (Hg)	n/a	n/a	0.002 mg/l	0.001 mg/l	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	Cadmio (Cd)	n/a	n/a	0.10 mg/l	0.05 mg/l	0.10 mg/l (10)	0.05 mg/l (10)	n/a	n/a	0.10 mg/l	0.05 mg/l
	Arsénico (As)	n/a	n/a	n/a	n/a	1.0 mg/l (11)	0.5 mg/l (11)	n/a	n/a	1.0 mg/l (12)	0.5 mg/l (12)
	Sólidos sedimentables	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0.2 mg/l (13)	0.2 mg/l (13)	n/a	n/a
	Rango de pH	6.0 - 9.0		6.0 - 9.0		6.0 - 9.0		6.0 - 9.0		6.0 - 9.0	

Fuente: Código de Regulaciones Federales de los EE.UU., Título 40, Parte 440 (última modificación, 24 de mayo 1988). <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=ce9b752a1e80c7deda2119a173134896&rgn=div6&view=text&node=40:29.0.1.1.16.10&idno=40>

Notas a las “Limitaciones de Efluentes para Minas y Plantas Beneficiadoras de Metales en los EE.UU. (Título 40 del Código de Regulaciones Federales, Parte 440)”

- 1 Aplica a vertidos de (a) minas operadas para la obtención de mineral de hierro, sin importar el tipo de mineral o el modo en que se encuentra presente; (b) plantas que benefician minerales de hierro por medios físicos (magnéticos y no magnéticos) y/o separación química, y (c) plantas que benefician minerales de hierro por separación magnética y física en la Cordillera de Mesabi. §440.10.
- 2 Aplica para: (a) minas que producen minerales de cobre, plomo, zinc, oro o plata, o cualquier combinación de estos minerales en operaciones a cielo abierto o subterráneas con la excepción de depósitos de placeres; (b) plantas beneficiadoras que utilizan el proceso de flotación de espuma por sí solo o en combinación con otros procesos, para la beneficiación de minerales de

cobre, plomo, zinc, oro o plata, o cualquier combinación de estos minerales; (c) minas y plantas beneficiadoras que utilizan procesos de lixiviación en vertederos, lixiviación en pilas, lixiviación in situ, o lixiviación en cubas para extraer cobre a partir de menas o material mineral residual, y (d) plantas beneficiadoras que utilizan el proceso de cianuración para extraer oro o plata. §440.100.

- 3 Aplica para minas que producen mineral de molibdeno en operaciones a cielo abierto o subterráneas (con excepción de depósitos de placeres) y plantas de beneficiación que utilizan el proceso de flotación de espuma por sí solo o en combinación con otros procesos para la beneficiación de minerales de molibdeno. §440.100.
- 4 Aplica para vertidos de minas que producen menos de 5,000 toneladas métricas o plantas de beneficiación que procesan menos de 5,000 toneladas métricas al año de minerales que contienen molibdeno por procedimientos distintos a la lixiviación del mineral. §440.102(f).
- 5 Aplica para contaminantes vertidos en desagües de minas que producen menos de 5,000 toneladas métricas o de plantas de beneficiación que procesan menos de 5,000 toneladas métricas al año de minerales de níquel por métodos distintos a la lixiviación del mineral. § 440.72(b).
- 6 Aplica para contaminantes en vertidos de plantas beneficiadoras que utilizan el proceso de flotación de espuma por sí solo o en combinación con otros procesos, para la beneficiación de minerales de cobre, plomo, zinc, oro o plata, o cualquier combinación de estos minerales. Incluye tanto las fuentes nuevas como las existentes. §440.102(b); § 440.103(b).
- 7 Aplica para contaminantes vertidos en el drenaje de minas operadas para la obtención de minerales de cobre, plomo, zinc, oro o plata, o cualquier combinación de estos minerales mediante operaciones a cielo abierto o subterráneas con la excepción de depósitos de placeres. §440.102(a); §440.103(a);
- 8 Aplica sólo para contaminantes vertidos en el drenaje principal de minas (no plantas de beneficiación) que producen 5.000 toneladas métricas o más de minerales que contienen molibdeno por año. §440.102(e).
- 9 Aplica sólo al drenaje de minas (no plantas de beneficiación) que producen 5.000 toneladas métricas o más de minerales que contienen níquel al año. §440.72(a);
- 10 No aplica a minas que producen menos de 5,000 toneladas métricas de mineral que contiene molibdeno al año. §440.102(f).
- 11 Aplica para contaminantes vertidos en el drenaje de minas que producen 5,000 toneladas métricas por año o más de minerales que contienen molibdeno, y contaminantes vertidos por plantas de beneficiación que procesan 5,000 toneladas métricas de molibdeno al año por métodos puramente físicos, como la trituración, el lavado, el cribado hidráulico, o la separación por medios pesados o por flotación de espuma. §440.102(e), (g)-(h).
- 12 No aplica a minas que producen menos de 5,000 toneladas métricas de mineral que contiene níquel al año. § 440.72(b).
- 13 Aplica a contaminantes en las descargas de aguas residuales de plantas de minas de cielo abierto y de dragado de aluviones. §440.142-144.

NOTAS a las “Limitaciones de Efluentes para la Minería de Arena y Grava en los EE.UU. (Vertidos de Aguas Residuales Generadas por Procesos Industriales y el Desagüe de Minas):”

- 14 Aplica a la minería y el procesamiento de arena y grava para la construcción o usos de llenado, excepto el procesamiento a bordo de arena y grava dragadas que está sujeto a las disposiciones del Título 33 del Código de Regulaciones Federales de los EE.UU., Parte 230. § 436.30

- 15 Aplica a la minería y procesamiento de arena y grava para usos distintos al de la construcción y el relleno. Estos usos incluyen, de forma enunciativa pero no limitativa, la fabricación de vidrio, la fabricación de piezas de fundición, abrasivos, filtración y materiales y argamasas refractarias. § 436.40Stormwater

### **3.3. Requisitos de escorrentías Pluviales para el Sector Minero**

En los Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (USEPA) emitió en 2008 un Permiso General Multisectorial (MSGP, por sus siglas en inglés) actualizado para escorrentías de aguas pluviales asociadas con fuentes industriales. El MSGP identifica qué acciones específicas los operadores de las instalaciones deben emprender para calificar para un permiso, incluida la presentación de un Aviso de Intención (NOI, por sus siglas en inglés), la instalación de medidas control de aguas pluviales destinadas a minimizar los contaminantes en la escorrentía de aguas pluviales, y la formulación de un plan de prevención de la contaminación de aguas pluviales (SWPPP, por sus siglas en inglés). Aunque el MSGP sólo aplica a aquellos Estados a los que la EPA no ha delegado la autoridad de emitir permisos (5 Estados al momento de escribir estas líneas), el mismo proporciona un estándar útil para determinar los niveles de contaminantes permitidos en la escorrentía de aguas pluviales. Para obtener más información sobre dónde aplican los requisitos del MSGP, véase el Apéndice C del MSGP 2008 (disponible en [http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp2008\\_appendixc.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp2008_appendixc.pdf)).

En los EE.UU., el MSGP exige varios tipos de monitoreo analítico, uno o más de los cuales se pueden aplicar a una planta determinada. Estos tipos de monitoreo incluyen: el monitoreo trimestral de valores de referencia establecidos (benchmarks), el monitoreo de directrices de límites de efluentes, monitoreos específicos a cada Estado o Tribu, el monitoreo de aguas deterioradas y otros tipos de control exigidos por la EPA. La EPA ha publicado varios documentos para asistir a la industria en el cumplimiento de los requisitos de monitoreo del MSGP, como la Industrial Stormwater Monitoring and Sampling Guide ([Guía de Monitoreo y Muestreo de de Aguas Pluviales Industriales] disponible en [http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp\\_monitoring\\_guide.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp_monitoring_guide.pdf)).

Bajo las exigencias de los EE.UU., el monitoreo de los valores de referencia establecidos debe llevarse a cabo una vez cada tres meses para el primer año de funcionamiento al emitirse un permiso nuevo. Las concentraciones de referencia límite para efluentes no constituyen límites rigurosos, y tienen como objetivo principal ayudar a los permisionarios en la evaluación de la eficacia de sus medidas de prevención de la contaminación. En consecuencia, el incumplimiento de una norma de referencia no da lugar a una violación del permiso. Sin embargo, si el valor promedio de monitoreo de cuatro trimestres consecutivos supera el valor de referencia, el permisionario deberá iniciar una revisión de las medidas de control de la instalación para determinar si son adecuadas para cumplir con los límites de efluentes detallados en el permiso.

En el sector minero, las concentraciones de referencia límite se organizan por subsectores, como el Subsector G1, que se aplica a las instalaciones activas de explotación y preparación mecánica de minerales de cobre, y el Subsector G2, que cubre los minerales de hierro, los minerales de cobre, los minerales de plomo y zinc, los minerales de oro y plata, los minerales de ferroaleaciones (con la excepción del vanadio), y minerales metálicos diversos (véanse las tablas a continuación). Los permisionarios deben estar sabedores que una sola instalación puede estar sujeta a requisitos de monitoreo de varios subsectores.

Tabla C-9 Concentraciones de Referencia de Monitoreo de los EE.UU. para el Subsector G1:  
Instalaciones Activas de Extracción y Preparación Mecánica de Minerales de Cobre

		Concentración de Referencia de Monitoreo
Parámetros	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	100 mg/l
	Nitrógeno (Nitratos más Nitritos)	0.68 mg/l
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	120 mg/l

Fuente: Permiso General Multisectorial para Vertidos de Aguas Pluviales Asociados a Actividades Industriales (MSGP): Autorización para la Descarga bajo el Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes, p. 66 (en vigencia desde el 27 de mayo de 2009).

[http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp2008\\_finalpermit.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp2008_finalpermit.pdf)

Tabla C-10 Concentraciones de Referencia de Monitoreo de los EE.UU. para el Subsector G2:  
(Vertidos de Pilas de Roca Estéril y Tierra de Descombro)

Subsector	Parámetro	Concentración de Referencia de Corte para Monitoreo
Subsector G2:Minerales de Hierro;Minerales de Cobre;Minerales de Plomo y Zinc;Minerales de Oro y Plata;Minerales de Aleaciones de Hierro, Excepto Vanadio; y Minerales metálicos Diversos	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	100 mg/l
	Turbidez	50 UNT
	pH	6.0-9.0 unidades estándar
	Dureza	Sin Valor de Referencia
	Antimonio Total	0.64 mg/l
	Arsénico Total	0.15 mg/l
	Berilio Total	0.13 mg/l
	Cadmio Total	Depende de la Dureza
	Cobre Total	Depende de la Dureza
	Hierro Total	1.0 mg/l
	Plomo Total	Depende de la Dureza
	Mercurio Total	0.0014 mg/l
	Níquel Total	Depende de la Dureza
	Selenio Total	0.005 mg/l
	Plata Total	Depende de la Dureza
Zinc Total	Depende de la Dureza	

Fuente: Permiso General Multisectorial de para Vertidos de Aguas Pluviales Asociados a Actividades Industriales (MSGP): Autorización para la Descarga bajo el Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes, p. 67 (en vigencia desde el 27 de mayo de 2009).

[http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp2008\\_finalpermit.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp2008_finalpermit.pdf)

Como muestra la tabla anterior, los valores de referencia para determinados parámetros dependen de la dureza de las aguas receptoras. Los permisionarios primero deben medir la dureza de las aguas

receptoras y a continuación remitirse al rango de dureza adecuado para determinar el valor de referencia aplicable.

**Tabla C-11 Valores de Referencia Dependientes de la Dureza de los EE.UU. para el Subsector G2  
(Vertidos de Pilas de Roca Estéril y Tierra de Descombro)**

Rango de Dureza del Agua	Cadmio (mg/l)	Cobre (mg/l)	Plomo (mg/l)	Níquel (mg/l)	Plata (mg/l)	Zinc (mg/l)
0-25 mg/l	0.0005	0.0038	0.014	0.15	0.0007	0.04
25-50 mg/l	0.0008	0.0056	0.023	0.2	0.0007	0.05
50-75 mg/l	0.0013	0.009	0.045	0.32	0.0017	0.08
75-100 mg/l	0.0018	0.0123	0.069	0.42	0.003	0.11
100-125 mg/l	0.0023	0.0156	0.095	0.52	0.0046	0.13
125-150 mg/l	0.0029	0.0189	0.122	0.61	0.0065	0.16
150-175 mg/l	0.0034	0.0221	0.151	0.71	0.0087	0.18
175-200 mg/l	0.0039	0.0253	0.182	0.8	0.0112	0.2
200-225 mg/l	0.0045	0.0285	0.213	0.89	0.0138	0.23
225-250 mg/l	0.005	0.0316	0.246	0.98	0.0168	0.25
250+ mg/l	0.0053	0.0332	0.262	1.02	0.0183	0.26

Fuente: Permiso General Multisectorial de para Vertidos de Aguas Pluviales Asociados a Actividades Industriales (MSGP): Autorización para la Descarga bajo el Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes, p. 67 (en vigencia desde el 27 de mayo de 2009).

[http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp2008\\_finalpermit.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp2008_finalpermit.pdf)

### 3.3.1 Requisitos de Monitoreo de Límites de Efluentes de Escorrentías de Aguas Pluviales

Además del monitoreo trimestral de valores de referencia, las normas de emisión de permisos de los EE.UU. exigen a los permisionarios llevar a cabo monitoreos anuales de los límites de efluentes en base a directrices específicas para cada sector. El monitoreo debe llevarse a cabo en flujos de residuos resultantes de la actividad industrial específica en cuestión antes de mezclarse con otros flujos de residuos, incluso aquellos cubiertos bajo otras áreas del permiso. Además de límites numéricos de efluentes, el MSGP también incluye límites de efluentes con base tecnológica. Para el sector de la minería de metales, estos límites con base tecnológica incluyen la derivación, el control de flujo y el tratamiento de las aguas pluviales.

### 3.3.2 Requisitos Adicionales para el Monitoreo de Escorrentías de Aguas Pluviales

Para determinados sectores o subsectores, el MSGP impone requisitos adicionales de monitoreo. Por ejemplo, la parte 8.G.8.3 del MSGP estipula el monitoreo de parámetros adicionales basados en el tipo de mineral extraído en un lugar determinado:

Tabla C-12 Requisitos de Monitoreo de los EE.UU. para Vertidos de Pilas de Roca Estéril y Tierra de Descombro

Tipo de Mineral Extraído	Contaminantes de Interés		
	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	pH	Metales Totales
Mineral de Tungsteno	X	X	Arsénico, Cadmio (D), Cobre (D), plomo (D), Zinc (D)
Mineral de Níquel	X	X	Arsénico, Cadmio (D), Cobre (D), plomo (D), Zinc (D)
Mineral de Aluminio	X	X	Hierro
Mineral de Mercurio	X	X	Níquel (D)
Mineral de Hierro	X	X	Hierro (Disuelto)
Mineral de Platino			Cadmio, Cobre (D), Mercurio, Plomo (D), Zinc (D)
Mineral de Titanio	X	X	Hierro, Níquel (D), Zinc (D)
Mineral de Vanadio	X	X	Arsénico, Cadmio (D), Cobre (D), plomo (D), Zinc (D)
Molibdeno	X	X	Arsénico, Cadmio (D), Cobre (D), Plomo (D), Zinc (D)
Minerales de Uranio, Radio y Vanadio	X	X	Demanda Química de Oxígeno, Arsénico, Radio (Disuelto y Total), Uranio, Zinc (D)

NOTA: Cuando SST y/o pH se indican con una "X" quiere decir que los permisionarios están obligados a monitorear esos parámetros.  
(D) indica que la dureza también deben medirse cuando se mide este contaminante.

Fuente: Permiso General Multisectorial de para Vertidos de Aguas Pluviales Asociados a Actividades Industriales (MSGP): Autorización para la Descarga bajo el Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes, p. 68 (en vigencia desde el 27 de mayo de 2009).

[http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp2008\\_finalpermit.pdf](http://www.epa.gov/npdes/pubs/msgp2008_finalpermit.pdf)

### 3.4. LÍMITES DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS PARA EL SECTOR MINERO

La falta de estándares de emisiones atmosféricas para las fuentes relevantes para la presente guía limita esta sección a las normas de referencia de la EPA. La sección se ocupa de los límites de emisiones atmosféricas de los generadores utilizados para suministrar energía eléctrica para equipos de minería y de las operaciones y los límites de emisiones para las operaciones de fundición que pueden compartir la misma ubicación con la mina.

Tabla C-13 Límites de Emisiones para Generadores de Combustión Interna de Encendido por Compresión en los EE.UU. (Desplazamiento <10 Litros por Cilindro)<sup>23</sup>

Potencia Máxima del Motor	Modelo( Año)	NMHC + NO <sub>x</sub>	NMHC <sup>24</sup>	NO <sub>x</sub> <sup>24</sup>	CO <sup>24</sup>	PM <sup>24</sup>
KW<8 (HP<11)	2008+					0.40 (0.30)
8≤KW<19 (11≤HP<25)	2008+					0.40 (0.30)
19≤KW<37 (25≤HP<50)	2008-2012					0.30 (0.22)
	2013+	4.7 (3.5)				0.03 (0.02)
37≤KW<56 (50≤HP<75)	2008-2012	4.7 (3.5)				0.30 (0.22) <sup>25</sup>
	2013+					0.03 (0.02)
56≤KW<75 (75≤HP<100)	2008-2011	4.7 (3.5)				
	2012-2013		0.19 (0.14) <sup>26</sup>	0.40 (0.30) <sup>26</sup>	5.0 (3.7)	0.02 (0.01)
	2014+		0.19 (0.14)	0.40 (0.30)		
75≤KW<130 (100≤HP<175)	2008-2011					
	2012-2013		0.19 (0.14) <sup>26</sup>	0.40 (0.30) <sup>26</sup>	5.0 (3.7)	0.02 (0.01)
	2014+		0.19 (0.14)	0.40 (0.30)		
130≤KW<560 (175≤HP<750)	2007-2010	4.0 (3.0)			3.5 (2.6)	0.20 (0.15)
	2011-2013		0.19 (0.14) <sup>26</sup>	0.40 (0.30) <sup>26</sup>		0.02 (0.01)
	2014+		0.19 (0.14)	0.40 (0.30)		
KW> 560 (HP> 750) (excepto grupos electrógenos)	2007-2010	6.4 (4.8)			3.5 (2.6)	0.20 (0.15)
	2011-2014		0.40 (0.30)	3.5 (2.6)		0.10 (0.075)
	2015+		0.19 (0.14)	3.5 (2.6)		0.04 (0.03)
Grupos Electrógenos 560<KW≤900 (750<HP≤1200)	2007-2010	6.4 (4.8)			3.5 (2.6)	0.20 (0.15)
	2011-2014		0.40 (0.30)	3.5 (2.6)		0.10 (0.075)
	2015+		0.19 (0.14)	0.67 (0.50)		0.03 (0.02)
Grupos Electrógenos KW>900 (HP>1200)	2007-2010	6.4 (4.8)			3.5 (2.6)	0.20 (0.15)
	2011-2014		0.40 (0.30)	0.67 (0.50)		0.10 (0.075)
	2015+		0.19 (0.14)			0.03 (0.02)

Fuente: Registro Federal Vol. 71 N ° 132 (11 de julio de 2006).

<http://www.epa.gov/ttn/atw/nsps/cinsps/fr11jy06.pdf>.

NOTAS a los “Límites de Emisiones para Generadores de Combustión Interna de Encendido por Compresión de los EE.UU (Desplazamiento <10 litros por cilindro):”

- 16 Todas las unidades se indican en gramos/kilovatio-hora (gramos/caballos de fuerza-hora).
- 17 HCNM = Hidrocarburos No Metano; NO<sub>x</sub> = Óxidos de Nitrógeno; CO = Monóxido de Carbono; MP = Material Particulado
- 18 El fabricante tiene la opción de pasar por alto el estándar de 0.30 g/KW-h de MP para todos los motores de 37 a 56 KW (50 a 75 HP). El estándar de 0.03g/KW-hora entonces entraría en vigor un año antes para todos los motores de 37-56 KW (50-75 HP), en 2012. El estándar de nivel 3 (0.40 g/KW-h de MP) entraría en vigor hasta 2012.
- 19 El 50 por ciento de los motores producidos tienen que cumplir el límite de NMHC + NO<sub>x</sub>, y el 50 por ciento tienen que cumplir por separado los límites de NO<sub>x</sub> y NMHC.

Tabla C-14 Límites de Emisiones para Generadores de Combustión Interna de Encendido por Compresión en los EE.UU.

(Desplazamiento > 10 Litros y <30 Litros por Cilindro; Modelo 2007 y Posteriores)<sup>27</sup>

Tamaño del Motor (Litros por Cilindro), Potencia Nominal	THC + NO <sub>x</sub> <sup>28</sup>	CO <sup>28</sup>	PM <sup>28</sup>
5.0 ≤ desplazamiento < 15.0, Todos los Niveles de Energía	7.8	5	0.27
15.0 ≤ desplazamiento < 20.0, < 3,300 KW	8.7	5	0.5
15.0 ≤ desplazamiento < 20.0, ≥ 3,300 KW	9.8	5	0.5
20.0 ≤ desplazamiento < 25.0, Todos los Niveles de Potencia	9.8	5	0.5
25.0 ≤ desplazamiento < 30.0, Todos los Niveles de Potencia	11	5	0.5

Fuente: Registro Federal Vol. 71 N ° 132 (11 de julio de 2006).

<http://www.epa.gov/ttn/atw/nsps/cinsps/fr11jy06.pdf>.

NOTAS a los “Límites de Emisiones para Generadores de Combustión Interna de Encendido por Compresión de los EE.UU (Desplazamiento <10 litros por cilindro):”

20 Todas las unidades se indican en gramos/kilovatio-hora.

21 THC + NO<sub>x</sub> = Hidrocarburos Totales + Óxidos de Nitrógeno; CO = Monóxido de Carbono; MP = Material Particulado

Tabla C-15 Normas Nacionales de Emisión de Contaminantes Atmosféricos Peligrosos de los EE.UU.  
(NESHAP)  
para Plantas de Procesamiento de Metales

	Fundiciones de Plomo Primario			Fundiciones de Plomo Secundario	
	Alto horno, horno de reverbero, o máquina sinterizadora	Máquina sinterizadora, horno de fundición eléctrico o convertidor	Facilidades con planta de ácido sulfúrico	Alto horno (cubilote) u horno de reverbero	Horno de crisol
Material particulado	50 mg/dscm (0.022 gr/dscf)			50 mg/dscm (0.022 gr/dscf)	
Dióxido de Azufre		0.065% por volumen			
Emisiones Visibles	20% de opacidad		20% de opacidad	20% de opacidad	10% de opacidad

	Fundiciones de Cobre Primario		
	Cualquier aparato desecador	Horno de calcinación, horno de fusión, o convertidor de cobre	Aparato desecador o instalaciones con planta de ácido sulfúrico
Material particulado	50 mg/dscm (0.022 gr/dscf)		
Dióxido de Azufre		0.065% por volumen	
Emisiones Visibles			20% de opacidad

	Primary Zinc Smelters		
	Máquina Sinterizadora	Horno de calcinación	Máquina sinterizadora o instalaciones con planta de ácido sulfúrico
Material particulado	50 mg/dscm (0.022 gr/dscf)		
Dióxido de Azufre		0.065% por volumen	
Emisiones Visibles			20% de opacidad

	Plantas de Procesamiento de Minerales Metálicos	
	Todas las emisiones de chimeneas	Emisiones fugitivas
Material particulado	0.05 g/dscm (0.02 g/dscm)	
Dióxido de Azufre		
Emisiones Visibles	7% de opacidad (a menos que se utilice un dispositivo de depuración húmeda para el control de emisiones)	10% de opacidad

Fuente: Código de Regulaciones Federales Título 40, Parte 60, Subpartes L (Fundiciones Secundarias de Plomo; última modificación, 6 de octubre de 1975), LL (Plantas de Proceso de Minerales Metálicos);

última modificación, 17 de octubre de 2000), P (Fundiciones Primarias de Cobre, última modificación; 17 de octubre de 2000), Q (Fundiciones Primarias de Zinc; última modificación, 14 de febrero de 1989), y R (Fundiciones Primarias de Plomo; última modificación, 15 de enero 1976).

### 3.5. DESECHOS SÓLIDOS DEL SECTOR MINERO

No hay disponibles límites numéricos de rendimiento para el proceso de residuos de la actividad minera, y los países se basan con frecuencia en las normas para el aire o el agua al abordar este problema. Las expectativas de rendimiento para el manejo de desechos normalmente se abordan en términos de prácticas de manejo. A menudo debe considerarse si los residuos son sólidos, líquidos o gaseosos, los medios propuestos para su almacenamiento, tratamiento y eliminación y los riesgos de liberación en la atmósfera o el agua. En los EE.UU., la Exclusión de Residuos Mineros exime de la regulación de residuos peligrosos a 20 residuos provenientes del procesamiento de minerales<sup>22</sup> (aunque siguen estando sujetos a regulación como residuos no peligrosos). Estos incluyen:

1	Escorias del procesamiento de cobre primario
2	Escorias del procesamiento de plomo primario
3	Lodos rojo y marrón del refinado de la bauxita
4	Fosfoyesos de la producción del ácido fosfórico
5	Escorias de la producción de fósforo elemental
6	Cenizas de la gasificación del carbón
7	Aguas residuales de proceso de la gasificación del carbón
8	Lodos de sulfato de calcio provenientes del tratamiento de aguas residuales del procesamiento de cobre primario
9	Relaves de escorias del procesamiento de cobre primario
10	Fluoroyeso de la producción de ácido fluorhídrico
11	Aguas residuales de proceso de la producción del ácido fluorhídrico
12	Polvo/lodos del control de contaminación atmosférica de los altos hornos de hierro
13	Escoria de altos hornos de hierro
14	Residuos tratados de la calcinación/lixiviación del mineral de cromo
15	Aguas residuales del proceso anhidro del magnesio primario
16	Aguas residuales de proceso de la producción del ácido fosfórico
17	Polvo/lodos del control de contaminación atmosférica de los hornos de oxígeno básico y hornos de hogar abierto en la producción de acero al carbono
18	Escoria de los hornos de oxígeno básico y hornos de hogar abierto en la producción de acero al carbono
19	Sólidos residuales de cloruro del proceso de producción de tetracloruro de titanio
20	Escorias del procesamiento de zinc primario

Fuente: <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/industrial/special/mining>

NOTAS a “20 Residuos del Procesamiento de Minerales Cubiertos por la Exclusión de Residuos Mineros (Exentos de Regulación bajo la Ley RCRA, Subtítulo C):”

- 22 Todos los residuos del procesamiento de minerales que no se encuentran expresamente mencionados seguirán estando sujetos al Subtítulo C de la Ley RCRA si se caracterizan por ser peligrosos.

#### **4. TRATADOS Y ACUERDOS INTERNACIONALES**

Los países del CAFTA-DR han ratificado y/o suscrito una serie de tratados y acuerdos internacionales que establecen los compromisos de adoptar y ejecutar una serie de regímenes de protección ambiental. La mayoría no confieren valores de referencia cuantitativos específicos para el desempeño por lo que no se resumen en el presente Apéndice. Sin embargo, por razones prácticas se enumeran a continuación con sus respectivas fechas de publicación.

Tabla C-16 Acuerdos Ambientales Multilaterales ratificados (R) o suscritos (S) por los países del CAFTA-DR	Costa Rica	República Dominicana	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua
Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación , en vigor desde el 5 de mayo 1992	R	R	R	R	R	R
Convenio sobre la Diversidad Biológica -abreviado como Biodiversidad, en vigor desde el 29 de diciembre 1993	R	R	R	R	R	R
Convenio sobre Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Ramsar), en vigor desde el 21 de Diciembre 1975	R	R	R	R	R	R
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES), en vigor desde el 1 de Julio 1975	R	R	R	R	R	R
Convención para la Prevención de la Contaminación Marina por Vertimientos de Desechos y otras Materias (Convenio de Londres), en vigor desde el 30 de agosto 1975 Convención sobre la Prohibición del Uso con Fines Militares u Otros Fines Hostiles de Técnicas de Modificación Ambiental, en vigor desde el 05 de octubre 1978	R	R		R	R	
	R			R		R
Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en vigor desde el 23 de Febrero 2005	R	R	R	R	R	R
Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono, en vigor desde el 1 de enero 1989	R	R	R	R	R	R
Convención Internacional para la Reglamentación de la Caza de Ballenas, en vigor desde el 10 de noviembre 1948	R			R		R
Convenio Internacional de las Maderas Tropicales, 1994, en vigor desde el 1 de enero 1997				R	R	
Protocolo de 1978 relativo al Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques, 1973 (MARPOL), en vigor desde el 2 de octubre 1983		R		R	R	R
Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (UNCLOS), en vigor desde el 16 de noviembre 1994	R	S	S	R	R	R
Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en Particular en África, en vigor desde el 26 de diciembre 1996	R	R	R	R	R	R
Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en vigor desde el 21 de marzo 1994	R	R	R	R	R	R

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/appendix/appendix-c.html>

## 5. REFERENCIAS DE SITIOS WEB SOBRE EL SECTOR MINERO

### **Canadá: Medio Ambiente Canadá**

\_\_\_\_ Nuevo Reglamento de Efluentes en la Minería de Metales  
[www.environment-canada.ca/nopp/docs/regs/mmer/EN/index.cfm](http://www.environment-canada.ca/nopp/docs/regs/mmer/EN/index.cfm)

### **Grupo del Banco Mundial / Corporación Financiera Internacional**

Medio ambiente, Salud y Seguridad en la Minería  
[www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui\\_EHSGuidelines2007\\_Mining/\\$File/Final+-+Mining.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_Mining/$File/Final+-+Mining.pdf)

### **Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos**

Asistencia para el Cumplimiento de la Reglamentación para el Sector de la Minería/Procesamiento de Minerales  
[www.epa.gov/compliance/assistance/sectors/mineralsmining.html](http://www.epa.gov/compliance/assistance/sectors/mineralsmining.html)

[Esta página está en blanco intencionalmente]

## APENDICE D. EROSION Y SEDIMENTACION

EPA y la Minería de Roca Dura: Un Libro de Consulta para la Industria en el Noroeste y Alaska  
Enero 2003. Apéndice H: Erosión y Sedimentación.

[http://www.epa.gov/cgi-bin/epalink?logname=allsearch&referrer=mining|11|All&target=http://yosemite.epa.gov/R10/WATER.NSF/840a5de5d0a8d1418825650f00715a27/e4ba15715e97ef2188256d2c00783a8e/\\$FILE/Maintext.pdf](http://www.epa.gov/cgi-bin/epalink?logname=allsearch&referrer=mining|11|All&target=http://yosemite.epa.gov/R10/WATER.NSF/840a5de5d0a8d1418825650f00715a27/e4ba15715e97ef2188256d2c00783a8e/$FILE/Maintext.pdf)

### 1 METAS Y PROPOSITO DEL APENDICE

El conocimiento básico de la erosión del suelo y el posterior transporte y deposición del sedimento erosionado en corrientes y otros cuerpos de agua es esencial para la planificación y operación minera. La medición exacta de la erosión natural y la erosión de áreas alteradas es importante para el desarrollo de prácticas de control. Los impactos ambientales significativos tales como la pérdida irrecuperable de suelos o la degradación de la vida acuática a partir de la sedimentación de corrientes, lagos, humedales o estuarios marinos pueden minimizarse o prevenirse poniendo en práctica prácticas de control. La medición y predicción de las cantidades de erosión y sedimentación están relacionadas inherentemente con la medición y predicción de las variables hidrológicas del sitio tales como la precipitación, la escorrentía y el flujo de corrientes. El Apéndice A, Hidrología, contiene una descripción y comparación de métodos, procedimientos analíticos y modelado para la caracterización y medición de la hidrología del sitio. La meta de este apéndice es dar una idea general de la justificación y métodos para caracterizar y monitorear la erosión del suelo y la sedimentación. Este apéndice también señala y discute el diseño y la efectividad de las prácticas de control para minimizar los impactos en la calidad del agua y los recursos acuáticos. Este apéndice incluye secciones de referencia de la literatura citada y otras referencias relevantes. Una referencia de Barfield y otros (1981) ofrece un compendio excelente de métodos hidrológicos así como de métodos para medir la erosión y para diseñar estructuras para controlar la erosión en minas. Al lector se le refiere a esta fuente para un compendio detallado de métodos para medir la erosión y diseñar medidas de control para mitigar la erosión y la sedimentación en minas.

### 2 TIPOS DE EROSION Y TRANSPORTE DE SEDIMENTO

La erosión es un proceso geológico natural que es fácilmente inducido y acelerado por las actividades del hombre. Las actividades mineras pueden requerir la alteración de grandes áreas de terreno y requieren actividades de movimiento de tierra a gran escala que exponen grandes cantidades de suelo a las fuerzas erosivas. Sin embargo, las operaciones pueden ser planificadas para minimizar la cantidad de suelo expuesto y para reducir o prevenir los efectos adversos de la sedimentación en las corrientes o en otros cuerpos de agua. La erosión del suelo puede definirse como el desprendimiento, transporte y deposición de partículas de suelo. El desprendimiento es el desalojo de partículas de suelo de los agregados o pedos de suelo ya sea por causa del impacto de las gotas de lluvia o por las fuerzas de corte del agua o el aire que fluyen sobre la superficie. De estos, el impacto de las gotas de lluvia es la fuerza principal que causa el desprendimiento, mientras que el flujo de agua o aire sobre la superficie es el mecanismo principal para el transporte. La salpicadura de gotas de lluvia también puede ser una causa de transporte de suelo a microescala (MacLean, 1997). El transporte por escorrentía por la superficie, por lo tanto, no ocurre generalmente hasta que la tasa de lluvia excede la capacidad de infiltración del

suelo. Una vez que ocurre la escorrentía, la cantidad y el tamaño de las partículas de suelo transportadas es una función de la velocidad del flujo (Barfield y otros, 1981). La capacidad de transporte disminuye con la velocidad cada vez menor que causa la deposición. A medida que la velocidad disminuye, las partículas más grandes y los agregados se depositan primero y las partículas más pequeñas son arrastradas hacia abajo por la pendiente. Por lo tanto, la deposición usualmente resulta en la clasificación del tamaño y la densidad de las partículas de suelo erosionado con las partículas cada vez de menor tamaño siendo depositadas pendiente abajo o aguas abajo. La deposición de suelo desprendido en corrientes a menudo se le llama sedimentación.

## 2.1 EROSION ENTRE SURCOS Y EN SURCOS

La erosión ocurre en áreas alteradas o expuestas ya sea por erosión entre surcos y en surcos. A la erosión entre surcos algunas veces se le llama erosión laminar. La fuerza erosiva principal en áreas entre surcos es el impacto de las gotas de lluvia, donde las tasas cada vez mayores de deposición y erosión ocurren con el tamaño y velocidad de las gotas cada vez mayor. Los surcos son canales de menor tamaño que se forman en la superficie como resultado de las cantidades de escorrentía cada vez mayores. Por definición, los surcos pueden removerse generalmente con equipo de laboreo ordinario o con una leve nivelación. Los canales de mayor tamaño se consideran barrancos (vea la Sección 2.2). El desprendimiento ocurre en los surcos debido a las fuerzas de corte del agua que fluye en el surco. El número de surcos y la cantidad de erosión en surcos se incrementa a medida que se incrementa la pendiente o la cantidad de escorrentía superficial. La erosión entre surcos es el proceso dominante en pendientes de menor profundidad. La rugosidad de la superficie y las propiedades de cohesión del suelo son los factores principales para controlar el grado de erosión entre surcos y en surcos que ocurre en un área expuesta. La cantidad de cubierta vegetativa es el factor principal que afecta la rugosidad de la superficie. La vegetación disminuye la velocidad de la escorrentía a través de la superficie y protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia. Pueden emplearse otras medidas para aumentar la rugosidad de la superficie y minimizar la erosión. Estas medidas se discuten en la Sección 6.0, Mejores Prácticas de Manejo.

## 2.2 EROSION POR BARRANCOS

Los barrancos pueden ser canales continuos o discontinuos que fluyen en respuesta a los eventos de escorrentía. Por definición, los barrancos difieren de los surcos porque no pueden eliminarse por medio de prácticas de laboreo ordinario o nivelación. Los barrancos pueden ser una característica temporal siendo erosivamente activos o pueden estar en un estado de “curación” donde la deposición anual dentro del barranco es mayor que el desprendimiento y transporte de materiales erosionados. La curación es causada usualmente por cambios en el uso de la tierra que reducen la velocidad de la escorrentía superficial, tales como la aplicación de medidas de recuperación para incrementar la rugosidad de la superficie y promover la infiltración. El proceso físico de la erosión en barrancos es esencialmente el mismo que el que se describió para los surcos. La erosión en barrancos ocurre principalmente a partir de las fuerzas de corte del flujo del agua. Sin embargo, Foster (1985) indicó que la cantidad de erosión de los barrancos es usualmente menor que la cantidad que ocurre en los surcos. Esto se debe a que la cantidad de partículas erosionables se remueven rápidamente del canal del barranco, mientras que los surcos se establecen en una superficie que se está erosionando activamente. Por lo tanto, después de la formación inicial, los barrancos sirven como el mecanismo de transporte principal para suelos arrastrados. Los barrancos pueden formarse rápidamente durante eventos extremos en terrenos desnudos y pueden expandirse rápidamente hacia arriba o hacia abajo de la pendiente (MacLean, 1997). En estos casos, los barrancos sirven temporalmente como grandes fuentes

de suelo erosionado y sedimentación para los cuerpos de agua. La escorrentía descontrolada y la formación de barrancos puede ser una gran fuente de sedimento transportado en sitios de minas.

### 2.3 EROSION DE CANAL DE CORRIENTE

Los canales de corriente difieren de los barrancos en que son canales permanentes que transportan aguas superficiales. Los canales de corriente pueden ser perennes, efímeros o intermitentes. En canales de corriente estacionaria, la erosión y la deposición son controladas por la capacidad de transporte de un flujo de corriente dado, el cual a su vez es controlado por la velocidad del flujo y por las variaciones locales de la tensión de corte en el canal. El desprendimiento y el arrastre de partículas de suelo ocurrirán por el lecho y a los lados de un canal cuando la capacidad de transporte sea mayor que la carga de sedimento que está siendo transportada. La deposición ocurre cuando la capacidad de transporte es menor que la carga de sedimento que está siendo transportada. Tal como se describe en la Sección 2.0 anterior, la deposición ocurre de las partículas más grandes a las partículas más pequeñas a medida que disminuyen la velocidad y la capacidad de transporte. En la Sección 3.0 se discuten los impactos potenciales de las actividades relacionadas con la minería en los procesos de erosión de canales.

### 2.4 PERDIDA DE TIERRA, DESPRENDIMIENTOS Y FLUJOS DE ESCOMBROS

Los desprendimientos de tierra y los derrumbes de laderas que crean grandes áreas de pérdida de tierra pueden ocurrir naturalmente o pueden ser inducidos como resultado de las actividades del hombre. El potencial para que ocurran desprendimientos de tierra generalmente aumenta en áreas pronunciadas que contienen suelos inestables o donde el lecho de roca tiene direcciones desfavorables de bajada. Los desprendimientos de tierra y los derrumbes de laderas ocurren naturalmente con el paso del tiempo, usualmente durante eventos de precipitación extrema cuando la saturación reduce la resistencia de corte de los suelos o rocas. Los derrumbes de laderas y desprendimientos de tierra también pueden ser inducidos por las actividades de construcción que crean cortes o pendientes donde los suelos o las rocas quedan expuestos a ángulos pronunciados e inestables.

Los desprendimientos de tierra pueden exponer grandes áreas de suelo y escombros que están sujetas a los procesos de erosión y sedimentación que se discuten anteriormente. Los desprendimientos de tierra pueden bloquear las corrientes con tierra y escombros de rocas, causando un estancamiento e inundación eventuales. El derrumbe eventual de un bloqueo inestable puede resultar en flujos de inundación que arrastran grandes cantidades de tierra y escombros de roca. El deslave del canal existente debajo del desprendimiento de tierra resulta de los altos flujos de desbordamiento. La carga adicional de escombros puede ocurrir a partir de la pérdida de tierra por las pendientes laterales, agregando más cargas de sedimentos y escombros al flujo de inundación.

Los efectos de las avalanchas pueden ser similares a aquellos de los desprendimientos de tierra. Las avalanchas pueden remover la vegetación, incrementando el potencial de erosión de los suelos y rocas expuestos. Los escombros y la nieve de una avalancha pueden bloquear temporalmente los canales de corrientes creando inundaciones, deslaves y pérdida de tierra por las laderas.

Los desprendimientos de tierra, los derrumbes de laderas y las avalanchas pueden crear grandes impactos en los recursos acuáticos. La erosión incrementada y la sedimentación resultante dentro de una cuenca hidrográfica pueden tener un impacto en las gravas de desove, en la sobrevivencia de los huevos y en el surgimiento de alevines así como degradar las fuentes alimenticias bénticas. Las

inundaciones pueden crear flujos de alta velocidad, deslaves en las riberas de las corrientes y destruir los sustratos de grava por deslave o por enterramiento debajo del sedimento. También se puede destruir la cubierta creada por grandes escombros de madera y riberas estables, lo cual tiene un impacto en el hábitat para las crías y descanso de los peces.

### **3 FUENTES DE EROSION Y SEDIMENTACION RELACIONADAS CON LA MINERIA**

Los potenciales incrementados de erosión y sedimentación en las minas están relacionados con la construcción y ubicación de las instalaciones mineras. Los tanques de relave, la roca estéril y las pilas de almacenamiento de minerales agotados, las instalaciones de lixiviado u otras estructuras de tierra son todas fuentes potenciales de sedimentación para las corrientes. La construcción de carreteras, la tala de árboles y la limpieza de áreas para edificaciones, fábricas e instalaciones de procesamiento pueden exponer los suelos e incrementar la cantidad de escorrentía superficial que llega a las corrientes y otros cuerpos de agua superficiales. Estas actividades aumentan el potencial de erosión en surcos y entre surcos y pueden incrementar los flujos pico de las corrientes, aumentando el potencial para la erosión de canal. Los flujos de pico inusualmente alto pueden erosionar las riberas de las corrientes, ensanchar los canales de flujo primarios, erosionar los materiales del lecho, profundizar y enderezar los canales de corrientes y alterar el nivel del canal (pendiente). A su vez, estos cambios en la morfología de las corrientes pueden degradar los hábitats acuáticos. La canalización puede incrementar las velocidades del flujo en el tramo de una corriente, afectando potencialmente el paso de los peces hacia tramos aguas arriba durante flujos de corriente de moderados a altos. Las desviaciones de la corriente diseñadas deficientemente también pueden crear efectos de canalización y alterar las velocidades del flujo en una corriente. La erosión incrementada y la sedimentación resultante aguas abajo pueden tener un impacto en las gravas de desove, en la sobrevivencia de los huevos y en el surgimiento de alevines así como degradar las fuentes alimenticias bénticas. El Apéndice A, Hidrología, contiene más detalles sobre estos impactos potenciales. Los tanques de relave y los muros de contención grandes también pueden fallar, creando impactos similares a aquellos discutidos en la Sección 2.4 anterior para desprendimientos de tierra y flujos de escombros.

### **4 METODOS PARA MEDIR Y PREDECIR LA EROSION Y LA SEDIMENTACION**

La mayoría de métodos para medir, predecir y controlar la erosión y la sedimentación han sido desarrollados por la industria agrícola. Estos métodos se concentran en predecir la producción bruta de erosión y sedimentación en áreas alteradas o áreas bajo cultivo. Esto es ventajoso para evaluar y predecir los impactos que resultan de la minería porque la agricultura de cultivo y la minería tienen varias similitudes (Barfield y otros, 1981). Ambas industrias pueden alterar y exponer grandes áreas de terreno y ambas pueden aplicar prácticas para limitar o eliminar el impacto de la pérdida de suelo y la sedimentación. Sin embargo, debe notarse que muchos sitios de minas a menudo están ubicados en laderas más pronunciadas y en una topografía más diversa que las tierras agrícolas. Los métodos desarrollados para la medición de la erosión y la sedimentación de las tierras agrícolas generalmente no están adaptados o probados para uso en laderas pronunciadas. Por esta razón, debe aplicarse un criterio conservador apropiado al elegir métodos analíticos y al evaluar resultados de predicción.

La mayoría de métodos para medir o predecir la erosión y la sedimentación están diseñados para predecir, ya sea: (1) la “erosión bruta”; (2) la “producción de sedimento”; (3) una “relación de entrega de sedimento”; o (4) la carga de sedimento en las corrientes. La erosión bruta se define como la cantidad total estimada de sedimento que se produce a partir de la erosión en surcos y entre surcos en un área (Barfield y otros, 1981). La producción de sedimento de un área o cuenca hidrográfica es la

erosión bruta más la erosión adicional con que contribuyen los barrancos y canales de corriente, menos la cantidad de deposición. La cantidad de deposición que ocurre entre la cuenca hidrográfica y un punto de nivel descendente de referencia se cuantifica usando una relación de entrega de sedimento. Una relación de entrega de sedimento puede definirse cuantitativamente como la relación de producción de sedimento a erosión bruta: donde  $D$  es la relación de entrega de sedimento,  $Y$  es la producción de sedimento y  $A$  es la erosión bruta (Barfield y otros, 1981).

Pocos métodos han sido desarrollados para predecir específicamente la erosión bruta o la producción de erosión de cuencas hidrográficas y tierras no alteradas. Los métodos para la medición de campo así como los métodos para modelar o predecir analíticamente la producción de sedimento se usan comúnmente en áreas alteradas y no alteradas. Por esta razón, en este apéndice se resumen los métodos de campo y analíticos que pueden usarse para medir la erosión bruta o la producción de sedimento en áreas alteradas y no alteradas. Esta sección resume los métodos para medir o predecir la erosión bruta, los métodos para medir o predecir la producción de sedimento, incluyendo el modelado y los métodos para medir las cargas y la deposición de sedimento en las corrientes.

## 4.1 EROSION BRUTA

### 4.1.1. Medidas de Campo

Pocos métodos de campo se emplean usualmente para medir la cantidad de erosión bruta que ocurre realmente en una cuenca hidrográfica o parcela pequeña. Sin embargo, un método usado comúnmente es colocar pines de erosión. Con este método se colocan pines o cuñas pequeñas en la tierra a una profundidad que evitará la alteración. La elevación de la parte superior del pin es medida y referenciada a una elevación permanente. La diferencia entre la parte superior del pin y la elevación del suelo debajo del pin se mide periódicamente para determinar pequeños cambios en la elevación. La diferencia de la elevación medida entre los eventos de muestreo refleja la cantidad de erosión en surcos y entre surcos que ha ocurrido en ese punto. La erosión bruta que ocurre en una parcela demostrativa se puede estimar usando las medidas de varios pines. Las medidas repetidas del agua y sedimento recolectados en canales instalados permanentemente en las laderas de las colinas también pueden usarse para detectar los movimientos y el almacenamiento de tierra con el paso del tiempo.

También se han usado rastreadores para detectar y medir el movimiento real de tierra en parcelas pequeñas. Kachanoski y otros (1992) describen el uso de Cesio-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) para detectar el movimiento de tierra y la pérdida de tierra en un terreno complejo y para monitorear el movimiento de tierra pendiente abajo que ocurre a causa del laboreo. El  $\text{Cs-137}$  se encuentra en los suelos a partir de la deposición atmosférica (caída) que ocurrió como resultado de ensayos nucleares sobre la superficie, conducidos en los 1950s y los 1960s. El  $\text{Cs-137}$  se une a los suelos, es esencialmente insoluble, no lixivia y no está sujeto a una absorción significativa por las plantas. El monitoreo de las ganancias o pérdidas de  $\text{Cs-137}$  en puntos permanentes puede usarse para detectar el movimiento de tierra. Otros rastreadores inertes pueden usarse de forma similar.

Los métodos de campo anteriores se emplean comúnmente para fines de investigación donde se comparan las aplicaciones o prácticas reales de tratamiento de la tierra. Se emplean frecuentemente para ayudar a la validación de modelos o para ayudar a calibrar las pérdidas de suelo modeladas de un área específica. Si bien estos métodos pueden ser utilizados para detectar movimientos de suelo y estimar la erosión bruta en parcelas pequeñas, pueden no ser aplicables en sitios de minas ya que no

son adecuados para áreas extensas y no predicen la producción de sedimento o la sedimentación de corrientes u otros cuerpos de agua.

#### 4.1.2. La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

El procedimiento más comúnmente usado para predecir la erosión bruta es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, por sus siglas en inglés) en su forma original. La USLE fue propuesta por Wischmeier y Smith (1965) basándose en una relación conocida como la ecuación Musgrave (Musgrave, 1947). La USLE predice la erosión bruta producida por la erosión en surcos y entre surcos de un área de tamaño del campo. Varios autores han propuesto modificaciones a la USLE para explicar la deposición a fin de que el modelo también pueda ser usado para predecir la producción de sedimento. Estas modificaciones serán discutidas en la Sección 4.2 con métodos para medir y predecir la producción de sedimento. La USLE predice la erosión bruta por medio de la siguiente fórmula:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A es la pérdida de suelo calculada por unidad de área (toneladas/acre);

R es un factor de precipitación que incorpora la energía de precipitación y escorrentía;

K es la erosionabilidad del suelo;

LS es un factor de longitud - pendiente sin dimensiones para explicar las variaciones de longitud y grado de la pendiente;

C es un factor de cubierta para explicar los efectos de la vegetación en la reducción de la erosión; y

P es un factor de práctica de conservación.

Barfield y otros (1981) y Goldman y otros (1986) ofrecen una discusión detallada de cómo calcular, incorporar y usar cada uno de estos factores. La USLE puede usarse para predecir la erosión bruta de un área para un período anual promedio, mensual promedio, de lluvias promedio y de retorno anual o para un período simple de retorno de lluvias, dependiendo de la forma en que se calcule R. El uso de la USLE sin modificación en los sitios de minas tiene varias desventajas. El cálculo no explica la erosión de barrancos o canales de corriente o no toma en cuenta la deposición. Fue diseñado principalmente para predecir la pérdida de suelo de campos pequeños y no debería usarse para predecir niveles de sedimento en ríos al nivel de la cuenca de drenaje. Para la mayoría de aplicaciones en sitios de minas, la USLE sin modificación que se describe anteriormente no proporcionaría estimados útiles ya que la mayoría de análisis de impacto requieren tener conocimiento de la deposición y la producción real de sedimento de las cuencas hidrográficas o áreas alteradas y los cálculos del transporte de sedimento en barrancos y canales.

En consecuencia, este método no se recomienda excepto para cálculos de la pérdida potencial de suelo de un área alterada pequeña para ayudar en la aplicación de mejores prácticas de manejo (MPMs) y el diseño de otros controles específicos del área.

## 4.2 PRODUCCION DE SEDIMENTO

La mayoría de métodos y modelos matemáticos para medir o predecir la erosión están diseñados para predecir la producción de sedimento de un área o cuenca hidrográfica. Muchos de los métodos y modelos usan la USLE descrita en la Sección 4.1.2; sin embargo, estos incorporan técnicas para evaluar

y guiar la erosión de barrancos y canales y estimar la deposición, ya sea en la superficie de la tierra o en corrientes. La siguiente discusión presenta una breve revisión de los métodos comúnmente usados para medir la producción de sedimento y una revisión de los modelos matemáticos que han sido usados para predecir la producción de sedimento en una base de área o de cuencas hidrográficas.

#### 4.2.1. Ecuación Universal Revisada y Modificada de Pérdida de Suelo

Se han propuesto varias modificaciones de la USLE que permiten predicciones más exactas de los parámetros y la erosión. Dos modificaciones se aplican para los fines de caracterización y predicción de referencia de la sedimentación en sitios de minas. La Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo (MUSLE, por sus siglas en inglés) y la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo (RUSLE, por sus siglas en inglés). En el modelo USLE estándar, el factor (R) de energía de precipitación y escorrentía y el factor de longitud - pendiente (LS) no explican la deposición o asumen que no ocurre hasta el final de la longitud del segmento de suelo que está siendo analizado. Williams (1975) propuso que el factor R sea reemplazado con varios otros términos para permitir que la ecuación explique mejor la deposición. Esta modificación (MUSLE) puede ser usada, entonces, para estimar la producción de sedimento de un área o de cuencas hidrográficas. La ecuación MUSLE se calcula como sigue:

$$Y = 95(Q * qpi)^{0.56} * K * LS * P$$

Donde: Y es la producción simple de sedimento de lluvias; Q es el volumen de escorrentía; qpi es la descarga pico; y K, LS y P son los mismos términos que en la USLE con excepción de que representan promedios ponderados para estos parámetros calculados en diferentes áreas de la cuenca hidrográfica. El factor LS también se calcula de forma diferente que en la USLE, dependiendo de la pendiente que se esté analizando (Williams, 1975).

La RUSLE descrita por McCool y otros (1987) presenta una revisión adicional del factor LS y modifica el modelo para ser más aplicable a pendientes pronunciadas de más del 10 por ciento. La aplicación de la MUSLE y la RUSLE a cuencas hidrográficas grandes y heterogéneas tales como aquellas que ocurren en sitios de minas requiere que los cálculos de producción de sedimento sean analizados para cada subcuenca hidrográfica (vea Williams (1975) y Barfield y otros (1981) para discusiones detalladas). El análisis requiere que las cuencas hidrográficas grandes y heterogéneas sean divididas en varias subcuencas con características hidrológicas y tipos de suelos relativamente homogéneos. En consecuencia, se debe medir la distribución del tamaño de las partículas (es decir, el análisis de texturas) para los suelos de cada subcuenca. El análisis también requiere el cálculo de un término de energía de escorrentía ponderado ( $Q * qpi$ ) que se calcula como un promedio ponderado de las subcuencas hidrográficas. A partir de los datos de distribución de los tamaños de partículas, el diámetro medio de las partículas (D50) se usa para calcular la producción de sedimento que saldría de cada subcuenca hidrográfica. El término de energía de escorrentía ponderado se usa para guiar los sedimentos a la desembocadura de la cuenca hidrográfica grande o en algún punto del análisis.

### 4.3 CARGA Y SEDIMENTACION SUSPENDIDAS

La evaluación de la calidad del agua y los impactos en los recursos acuáticos es una de las preocupaciones principales en los sitios de minas. Sin medidas de mitigación y control, la minería puede alterar áreas extensas de terreno, causando la erosión y la sedimentación aceleradas y potencialmente causando impactos negativos en los recursos acuáticos. La medición de la carga de sedimento en las corrientes es una herramienta primordial para evaluar la eficacia de las medidas de control de la erosión

y los impactos potenciales en la calidad del agua y en la vida acuática. Típicamente, es un componente requerido para monitorear el cumplimiento de los permisos de NPDES. Tal como se discute en la Sección 2.3, la cantidad de carga de sedimento en una corriente en un momento dado depende de la capacidad de transporte, lo cual se relaciona principalmente con la velocidad del flujo de la corriente. A medida que aumenta la capacidad de transporte, aumentan la cantidad y tamaños de las partículas de sedimento suspendido. La capacidad de transporte disminuye con la velocidad de flujo en disminución, causando la deposición y clasificación de materiales. El transporte y la deposición de sedimentos dentro de una corriente, por lo tanto, depende de la frecuencia de las lluvias y de la velocidad de los flujos pico. En muchos casos, los eventos de flujo alto se requieren periódicamente para arrastrar y transportar los sedimentos que fueron depositados durante los períodos de flujo bajo cuando las velocidades de pico bajo causaron la deposición del sedimento. Estos se conocen como flujos de mantenimiento de canales. Geomorfológicamente, un canal estable es el que con el paso del tiempo transporta sedimentos sin un incremento neto en la deposición y sin erosión de canal.

Los métodos de Tasa Transitoria Igual (ETR, por sus siglas en inglés) y de Incremento de Ancho Igual (EWI, por sus siglas en inglés) son métodos de campo que se usan comúnmente para el muestreo de sedimentos suspendidos durante el flujo de corriente (USGS, 1960). Usando estos métodos, se toman varias muestras de agua por las secciones transversales (es decir, perpendiculares a la dirección del flujo). Las muestras por la sección transversal se toman bajando una botella para muestras a través de la corriente a una tasa que depende de la velocidad del flujo. Para cada muestra se mide la masa total de sedimento suspendido y su distribución de tamaños de partículas. También están disponibles los muestreadores automáticos de sedimentos que recolectan las muestras de corrientes en horas programadas que son determinadas por el usuario. Estos datos se usan para desarrollar una curva de clasificación de sedimento o un sedígrafo que define la relación entre la descarga del flujo de corriente ( $Q_w$ ) y la masa de sedimento suspendido en una estación de muestreo dada. Después de que se ha desarrollado una curva de clasificación de sedimento se pueden usar las medidas de flujo de corriente para estimar la descarga de sedimento en una estación dada. Las curvas de clasificación de sedimento y los sedígrafos pueden ser extremadamente útiles para monitorear la eficacia de las prácticas de control aplicadas para minimizar la producción de erosión y sedimento de los sitios de minas. Sin embargo, el desarrollo de las curvas de clasificación de sedimento requiere el muestreo por una amplia gama de flujos y en diferentes estaciones del año. Estas relaciones pueden recalibrarse y afinarse continuamente a medida que aumenta el tamaño de la base de datos muestreados.

Los incrementos netos de la deposición de sedimento en las corrientes y otros cuerpos de agua se miden usando muestras centrales del sustrato en varios momentos en el año. Las muestras centrales, tomadas usando una variedad de equipo para sustrato y centro, se analizan para detectar cambios netos en la distribución del tamaño de las partículas con el paso del tiempo. Para los análisis de la calidad del agua en las minas es importante que los programas de muestreo para monitorear la sedimentación en los lechos de las corrientes incorporen las comparaciones con eventos de flujo de corriente. El muestreo regular durante el año se requiere para determinar si está ocurriendo la deposición neta de sedimentos en una corriente con el paso del tiempo. Los sedimentos son depositados naturalmente durante los períodos estacionales de flujo bajo y son arrastrados y transportados naturalmente durante los períodos de flujo alto. Estos procesos hacen que sea extremadamente difícil monitorear el análisis de impacto por sedimentación.

Además de los análisis anteriores, la caracterización de la morfología de las corrientes antes de la minería de los drenajes potencialmente afectados por una operación minera es a menudo necesaria para determinar los impactos potenciales causados por los cambios en el régimen de flujo y de la

sedimentación. Estos análisis pueden incluir la documentación fotográfica de las corrientes y la vegetación ribereña, la determinación de las clasificaciones morfológicas de las corrientes usando el método de Rosgen (1994) y medidas para definir secciones transversales de canal, relaciones de ancho a profundidad, perfiles longitudinales, sinuosidad y relaciones de estanque / rápidos. Estos datos respaldarían los estudios llevados a cabo para caracterizar la hidrología y los recursos acuáticos del sitio.

#### **4.4 SOFTWARE Y MODELOS DE CUENCA HIDROGRAFICA PARA LA PREDICCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTO**

La caracterización de los sitios de minas requiere el cálculo exacto de la producción de sedimento sobre una base de cuencas hidrográficas grandes. Para caracterizar las condiciones básicas en los sitios de minas y para predecir los impactos adversos potenciales de la sedimentación se requiere la caracterización espacial y de área adecuadas de la erosión bruta y de la producción de sedimento. Varios programas analíticos de software están disponibles para predecir la producción de sedimento y el transporte de sedimento en cuencas hidrográficas grandes. Algunos de estos pueden incorporarse a aplicaciones de SIG para obtener la evaluación espacial del potencial de erosión y producción de sedimento para una o más cuencas hidrográficas.

Las aplicaciones de MUSLE y RUSLE descritas en la Sección 4.2.1 podrían usarse para caracterizar las condiciones básicas de producción de sedimento y para evaluar los cambios potenciales en la producción de sedimento esperada que resultaría del desarrollo de instalaciones mineras. La mayoría de software, modelos de cuencas hidrográficas y aplicaciones de SIG que se usan comúnmente para predecir la erosión y la producción de sedimento aplican los algoritmos de USLE, MUSLE o RUSLE. La Sección 4.4.2 contiene una breve descripción del software analítico que se usa para el análisis de cuencas geográficas y para la evaluación de la producción de sedimento. Se hace un énfasis particular en aquellos métodos que se usan comúnmente en los sitios de minas.

Las siguientes preguntas, modificadas de MacLean (1997), pueden usarse para determinar el tipo y nivel de esfuerzo de modelado necesario y el software requerido para evaluar la erosión y la sedimentación en los sitios de minas:

- ¿Cuáles son los supuestos y método(s) básicos aplicados en el modelo?
- ¿Es el resultado adecuado para hacer las evaluaciones y análisis requeridos y es la exactitud suficiente para la caracterización, análisis del impacto y monitoreo de la detección?
- ¿Cuáles son las escalas temporales y espaciales del análisis requerido?
- ¿Cuáles son los requisitos de datos del software o modelo?
- ¿Cuáles datos de entrada son necesarios para la calibración y verificación del modelo?
- ¿Están disponibles los datos requeridos y en la escala correcta?
- ¿Cuáles datos de entrada son los más importantes (es decir, los de mayor sensibilidad)?
- ¿Pueden utilizarse sustitutos para los datos faltantes sin poner en peligro la exactitud del análisis?
- Si el modelo usa relaciones empíricas (es decir, estadísticas), ¿bajo qué condiciones se formaron éstas?

Responder a estas preguntas ayudará al hidrólogo minero a seleccionar las técnicas y modelos apropiados y a diseñar programas de muestreo adecuados para obtener los datos de entrada requeridos. Tal como se discutió anteriormente, para evaluar y monitorear adecuadamente los

impactos en los sitios de minas típicamente se requiere el análisis temporal y espacial de una cuenca hidrográfica grande. Esto necesita el diseño de programas de muestreo que brindarán datos adecuados sobre una base de cuenca hidrográfica. Los programas de monitoreo para evaluar la erosión y la sedimentación deberían estar coordinados con estudios básicos de caracterización hidrológica y de calidad del agua. Al lector se le refiere al Apéndice A, Hidrología, y al Apéndice B, Recepción de Aguas, para discusiones relacionadas.

#### 4.4.1. Desarrollo de un Modelo de Sitio Conceptual

Se puede usar un modelo de sitio conceptual para agilizar una evaluación de las preguntas y parámetros discutidos en la Sección 4.3. Un modelo de sitio conceptual es una representación, descriptiva o gráfica, de las subcuencas hidrográficas, tipos de suelos, laderas, canales de corriente y cualesquiera características erosivas. Dicho modelo deberá desarrollarse conjuntamente con estudios para caracterizar tipos de suelo y vegetación y cuerpos de agua superficiales básicos. El propósito de construir o desarrollar un modelo conceptual de un sitio es mostrar las interrelaciones importantes que es necesario evaluar, estudiar o modelar. Los programas para analizar los impactos y monitorear las condiciones del sitio pueden entonces ser desarrollados. El modelo conceptual deberá ser lo suficientemente complejo para representar adecuadamente el comportamiento del sistema y cumplir con los objetivos del estudio, pero lo suficientemente sencillo para permitir el desarrollo oportuno y significativo de los programas de muestreo de campo y modelos de predicción.

#### 4.4.2. Software y Modelos Analíticos

##### ***AGNPS - Modelo de Contaminación Agrícola por Fuente Indeterminada***

AGNPS es un modelo de cuenca fluvial distribuido que combina elementos de otros varios modelos para predecir la erosión, escorrentía y transporte de sedimentos y químicos. El modelo incorpora el USLE para predecir la erosión bruta de las cuadrículas definidas dentro de la cuenca fluvial. El flujo de la escorrentía y sobre la tierra se calcula usando los procedimientos del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS, por sus siglas en inglés) (vea el Apéndice A, Hidrología). Las relaciones de transporte y deposición se usan para determinar las producciones de sedimento y dirigir el sedimento a través de la cuenca modelada. El programa está diseñado para cuencas grandes y requiere datos de entrada muy detallados de la caracterización del sitio. El nivel de exactitud necesario para la predicción de la producción de sedimento y transporte en los sitios de minas requeriría un muestreo de campo detallado para proporcionar datos de entrada. El modelo tiene los problemas inherentes asociados con el USLE, descrito en la Sección 4.1.2, y los problemas asociados con los métodos hidrológicos del SCS para predecir escorrentías (Vea el Apéndice A, Hidrología). Los supuestos de los métodos USLE y SCS deberán ser entendidos completamente cuando se use este modelo para fines de predicción. Jakubauskas (1992) hace una revisión de este modelo.

##### ***ANSWRS - Modelo de Simulación de Respuesta de Cuencas Hidrográficas de Fuente Indeterminada de Areas***

ANSWRS es un modelo de cuenca fluvial distribuido que es similar al modelo AGNPS. El modelo usa el USLE para predecir el componente de tierras altas para la erosión bruta y un conjunto de ecuaciones de estado estacionario para simular el transporte de sedimento a través de la cuenca. Jakubauskas (1992) hace una revisión de este modelo. Los modelos ANSWRS y AGNPS están diseñados para evaluar la erosión y planificar estrategias de control en áreas de cultivo intenso.

### ***WEPP - Modelo Hidrológico del Proyecto de Predicción de Erosión Hídrica***

WEPP está diseñado para usar las propiedades físicas del suelo y datos meteorológicos y de la vegetación para simular la escorrentía superficial, la evaporación del suelo, la transpiración de las plantas, el flujo no saturado y el drenaje superficial y de la superficie subyacente. El modelo usa la ecuación de infiltración de Green y Ampt para estimar la tasa y el volumen del exceso de precipitación pluvial. El exceso de precipitación se encausa pendiente abajo para estimar el hidrógrafo de flujo terrestre usando el método de onda cinemática. En el WEPP, la escorrentía superficial se usa para calcular la erosión en surcos y la capacidad de transporte de sedimento de la escorrentía. La ecuación de infiltración está vinculada con los componentes de evapotranspiración, drenaje y percolación para mantener un balance de agua diario y continuo para una cuenca hidrográfica.

### ***GSTARS - Modelo Generalizado de Tubos de Corriente para Simulación de Ríos Aluviales***

GSTARS es un modelo generalizado semi-bidimensional de dirección de agua y sedimento. El modelo es capaz de computar el deslave /deposición aluvial a través de condiciones de flujo subcríticas, supercríticas y una combinación de ambas involucrando saltos hidráulicos. El programa puede ser usado como un modelo de cama fija o cama móvil para dirigir el agua y el sedimento a través de los canales aluviales. Puede crearse un modelo bidimensional con la selección de un tubo de corriente única. Al seleccionar tubos de corrientes múltiples, pueden simularse cambios en las geometrías transversales en dirección lateral.

### ***HEC-6 - Modelo de Deslave y Deposición***

HEC-6 está diseñado para evaluar el comportamiento de la sedimentación a largo plazo en ríos y reservorios. El programa simula el transporte del sedimento en una corriente y puede determinar el volumen y la ubicación de los depósitos de sedimento. Puede analizar operaciones de dragado en corrientes, reservorios de poca profundidad y los efectos del deslave y la deposición en corrientes y ríos, además de la caída y elevación de material de lecho móvil durante varios ciclos de flujo. El programa está diseñado principalmente para analizar el transporte de sedimento y los efectos geomorfológicos en ríos y corrientes. No es apropiado para analizar la erosión bruta o la producción de sedimento de cuencas hidrográficas.

### ***Sedimot-II- Modelo 1 de Hidrología y Sedimentología***

Sedimot-II está diseñado para generar y dirigir los hidrógrafos y cargas de sedimento a través de sub-áreas, tramos y reservorios múltiples. También puede ser utilizado para evaluar la efectividad de estanques de detención de sedimento y filtros de hierbas. El programa puede predecir la concentración pico de sedimento de un evento de flujo, la eficiencia de la trampa de una cuenca de retención de sedimento, la descarga de la carga de sedimento, la concentración pico de sedimento del efluente y la concentración pico de sedimentación del efluente.

### ***SEDCAD+ 2***

SEDCAD+ tiene capacidades de diseño asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés), para el diseño y evaluación de aguas lluvias, erosión y prácticas de manejo para control del sedimento. El software combina el modelado hidrológico y de producción de sedimento con capacidades de CAD para diseñar y evaluar el desempeño de las cuencas de detención de sedimento, canales, filtros de hierbas, presas de detención de roca porosa, conductos y estanques de inmersión. Además, el programa proporciona determinaciones de volúmenes de tierra, áreas y volúmenes de corte /relleno. El programa utiliza algoritmos de MUSLE y RUSLE para calcular la producción de sedimento de cuencas hidrográficas. El software se ha utilizado como parte del Sistema de Procesamiento de Información Técnica (SIPS, por sus siglas en inglés) de la Oficina de Minería Superficial. TIPS es una serie de programas integrados para

obtener un software automatizado para respaldar una gama completa de aplicaciones de ingeniería, hidrológicas y científicas requeridas.

### **PONDPACK 1**

PONDPACK está diseñado para ofrecer capacidades de CAD para el diseño y evaluación de estanques de detención de aguas lluvias. El programa ofrece análisis de requisitos de almacenamiento de la detención, calcula una tabla de clasificación de volúmenes para configuración de estanques, orienta a los hidrógrafos para diferentes frecuencias de retorno y ofrece datos de dirección para hidrógrafos de flujo de entrada y salida para la comparación de diseños de estanques alternativos.

#### 4.4.3. Aplicación de Sistemas de Detección Remota e Información Geográfica

Las investigaciones recientes han evaluado el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los datos obtenidos de satélites para las predicciones de potencial de erosión a gran escala. Ejemplos de esto son los estudios de MacLean (1997) y DeRoo y otros, (1989); otras referencias se encuentran al final de este apéndice. En general, los sistemas de SIG pueden utilizarse para obtener datos espaciales para tipos de suelo, tipos de cubierta vegetativa, aspecto, pendientes, longitudes de pendientes y otras variables que son insumos requeridos para modelos de cuenca geográfica a gran escala. Estos datos pueden ser incorporados o estimados usando datos detectados remotamente obtenidos de imágenes SPOT o LANDSAT. Los datos modelados también pueden presentarse y analizarse usando un sistema SIG, tal como lo demuestran los estudios a los que se hace referencia anteriormente, los cuales incorporaron datos espaciales a modelos de cuencas fluviales a gran escala que evaluaron el potencial de erosión y predicción usando el USLE. En general, estos estudios mostraron que podría utilizarse un sistema SIG para manejar, proporcionar y evaluar grandes cantidades de datos espaciales juntamente con el modelado de la erosión. Sin embargo, estos estudios indicaron que la exactitud y la validación del modelo eran deficientes debido a que no estaban disponibles o tuvieron que asumirse los datos específicos del sitio. DeRoo y otros (1989) sugirieron que la exactitud del modelo es extremadamente sensible a la "falta" de datos de entrada "detallados" tales como capacidades de infiltración, humedad del suelo antecedente e información de la intensidad de la precipitación pluvial para sitios específicos. MacLean (1997) indicó que la confianza en los resultados generados usando el SIG era baja. Estos estudios indican que en los sitios de minas podrían usarse sistemas grandes y espacialmente integrados para la caracterización básica y análisis de impactos. Sin embargo, los hidrólogos de minas y otros científicos deben estar conscientes de que la información específica con respecto a tipos de suelos, análisis del tamaño de partículas de suelo, tipos de vegetación, pendientes, longitud de las pendientes e hidrología de la subcuenca, es requerida para producir análisis exactos de la erosión y la sedimentación. Debe tenerse precaución al integrar bases de datos espaciales con el modelado de predicción en casos donde los datos específicos del sitio son inadecuados.

## **5 REPRESENTATIVIDAD DE LOS DATOS**

La representatividad de los datos y conceptos estadísticos relativos al muestreo y el desarrollo de objetivos de calidad de los datos se discuten en detalle en el Apéndice A, Hidrología. En general, los principios asociados con lo adecuado de las muestras, técnicas estadísticas y el desarrollo de programas de Aseguramiento de la Calidad para la erosión y la sedimentación son similares a aquellos asociados con las medidas hidrológicas. En el presente documento no se repite una discusión detallada de estos conceptos; al lector se le refiere al Apéndice A para una discusión de las técnicas estadísticas y parámetros importantes a considerar en el desarrollo de diseños de muestreo adecuados. Varios conceptos relativos a la medida de la erosión y la sedimentación deberán ser considerados en el

desarrollo de Objetivos de Calidad de Datos y programas de muestreo. Los puntos siguientes presentan conceptos específicos que deberán aplicarse o notarse en el desarrollo de programas para el monitoreo de la erosión y la sedimentación en sitios de minas:

- Los procesos de erosión bruta, producción de sedimento y deposición de sedimento en corrientes depende de la frecuencia y probabilidad de los eventos hidrológicos, tanto estacionalmente o sobre una base de evento individual. Las cantidades de erosión, transporte y deposición de sedimento varían estacionalmente y en respuesta a los eventos individuales de precipitación-escorrentía de frecuencias diferentes. Por esta razón, los programas de caracterización y monitoreo en los sitios de minas deben estar diseñados para evaluar la erosión y la producción de sedimento con respecto a la frecuencia de eventos de lluvia así como para dar cuenta de las variaciones climáticas estacionales y anuales. De forma similar, los programas de caracterización y monitoreo para evaluar las cargas suspendidas en corrientes deben tomar en cuenta las medidas de descarga de corriente. Los análisis de impacto solamente pueden conducirse si se desarrollan las relaciones adecuadas entre la precipitación y la escorrentía, el flujo de la corriente y la carga de sedimento.
- La efectividad y la exactitud con las que los modelos matemáticos y ecuaciones empíricas predicen la erosión bruta, la producción de sedimento y la deposición de sedimento dependen de la calidad de los datos específicos del sitio recolectados para caracterizar los suelos, los tipos de vegetación, las pendientes, las longitudes de pendientes y otros parámetros de cuencas o subcuencas hidrográficas. De importancia específica es que las muestras recolectadas para determinar las distribuciones de tamaño de partículas (es decir, textura) de cada tipo de suelo proveen una población estadísticamente adecuada. También es esencial el muestreo adecuado para caracterizar la cubierta vegetativa y otros factores de rugosidad de la superficie que controlan la velocidad del desprendimiento de suelo y flujo del agua.
- El uso de datos espaciales y análisis de SIG deberá ser fomentado para evaluar y predecir los impactos potenciales sobre una base de cuenca hidrográfica. Estos análisis pueden usarse para desarrollar mapas y obtener análisis espaciales de áreas susceptibles a la erosión. Sin embargo, tal como se discute en la Sección 4.4.3 la predicción exacta de la erosión y la sedimentación a gran escala depende de que se tengan datos del sitio específico caracterizado.

## **6 METODOS PARA MITIGAR LA EROSION Y LA SEDIMENTACION**

Las Mejores Prácticas de Manejo (MPMs) son programas de actividades, prohibiciones de prácticas, procedimientos de mantenimiento y otras prácticas de manejo que controlan problemas efectiva y económicamente sin alterar la calidad del medio ambiente. La erosión y la sedimentación pueden ser controladas efectivamente empleando un sistema de MPMs que tengan como objetivo cada etapa del proceso de erosión. Fundamentalmente, el enfoque implica la minimización de las fuentes potenciales de sedimento desde el principio. Con el fin de lograr esto, las MPMs están diseñadas para minimizar el grado y duración de alteración de la tierra y para proteger las superficies de tierra una vez que estén expuestas. Las MPMs también están diseñadas para controlar la cantidad y velocidad de escorrentía y su capacidad de transportar sedimento desviando los flujos entrantes e impidiendo los flujos generados internamente. Las MPMs también incluyen el uso de dispositivos de captura de sedimento para retener sedimento en el sitio del proyecto. Los tipos de MPMs que se discuten en este apéndice incluyen procedimientos de estabilización de superficie, procedimientos de control y medidas de transporte de escorrentía, procedimientos de protección de salidas, trampas y barreras de sedimento y procedimientos de protección de corrientes. La Tabla H-1 presenta un resumen por tipo de categoría que se usa en los sitios de minas. Las Secciones 6.1.1 hasta la 6.1.5 presentan breves descripciones de

estas MPMs. Muchas de las MPMs son complementarias y se usan juntas como parte de un programa de control de la erosión. El uso de Cuencas de Detención de Sedimento es una MPM importante en sitios de minas para capturar, manejar y controlar la sedimentación. La Sección 6.1.6 describe las cuencas de detención y discute parámetros de diseño importantes para estas cuencas en sitios de minas.

**Tabla H-1. MPMs de Minería para el Control de la Erosión y la Sedimentación**

<i>Categoría</i>	<i>Mejor Práctica de Manejo</i>
Estabilización de Superficies	Control del Polvo Recubrimiento vegetal Pedraplén Siembra de Césped Hacer la superficie irregular Acceso temporal de grava a la construcción Siembra de semilla temporal y permanente Colocación de tierra vegetal
Medidas de Control y Transporte de Escorrentía	Canal recubierto con césped Canal endurecido Canal pavimentado (tolva) Desvío de la escorrentía Drenaje de pendiente temporal
Protección de Salidas	Esparcidor de nivel Estructura de estabilización de salidas Trampas y Barreras de Sedimento, Barrera de Arbustos Presa de detención Estructura de estabilización de nivel Cuenca de sedimento / presa de roca Trampa de sedimento Protección temporal de bloque y grava para entrada de la descarga Protección temporal con tela para la entrada de la descarga Protección temporal con tierra para la entrada de la descarga Franjas de filtro con vegetación
Protección de Corrientes	Presa de detención Estructura de estabilización de nivel Estabilización de ribera de corriente Cruce temporal de corriente
Fuente: Grupo de Calidad Hídrica de NCSU (1998)	

## 6.1 CATEGORIAS DE MEJORES PRACTICAS DE MANEJO (MPMS)

La siguiente discusión de Mejores Prácticas de Manejo es una adaptación del Grupo de Calidad Hídrica de NCSU (1998).

### 6.1.1. Medidas de Estabilización de la Superficie

El **Control del Polvo** es la manipulación de las áreas de construcción a través de medidas específicas para evitar la pérdida de suelo como polvo. Las medidas de control efectivas incluyen el riego, colocación de recubrimiento vegetal, aspersión o aplicación de materiales geotextiles. Estas medidas están diseñadas para minimizar la contaminación del agua de la escorrentía con el polvo transportado por el aire. Estas prácticas son especialmente efectivas en regiones con un clima seco o en las estaciones más secas.

La **Colocación de Recubrimiento Vegetal** es la protección de superficies vegetativas con un manto de residuos de plantas o material sintético aplicado a la superficie del suelo para minimizar la energía del impacto de las gotas de lluvia, aumentar la rugosidad de la superficie y reducir la velocidad de la escorrentía. Estas prácticas están diseñadas para promover el establecimiento vegetativo, reducir la evaporación, aislar el suelo y suprimir el crecimiento de maleza. Así como para brindar protección inmediata de los peligros ambientales, el recubrimiento vegetal también se usa como una matriz para esparcir semillas de plantas.

El **Pedraplén** es una pared de retención de piedra graduada con una base de manto de filtro de grava, arena y grava o material sintético diseñado para proteger y estabilizar áreas que están susceptibles a la erosión, infiltración o estructura de suelo deficiente. El pedraplén se usa en áreas donde la vegetación no puede establecerse para reducir la erosión suficientemente o para evitarla. Esto incluye pendientes y bases de canal, entradas y salidas de estructuras de aguas lluvias, drenajes de pendiente, riberas de corriente y costas.

La **Siembra de Césped** es la cubierta continua de áreas expuestas con rollos de césped para obtener una estabilización permanente. Este procedimiento es especialmente útil en áreas con una inclinación pronunciada, donde no se puede sembrar semilla. Al igual que con el recubrimiento vegetal, el césped promueve el crecimiento de vegetación, minimiza la energía del impacto de las gotas de lluvia, aumenta la rugosidad de la superficie y reduce la velocidad de la escorrentía.

El **Acceso Temporal de Grava a la Construcción** es un área o plataforma de grava sobre la cual los vehículos pueden descargar su lodo y sedimento. Al contar con esa área, la erosión de la escorrentía superficial, el transporte hacia vías públicas y la acumulación de polvo pueden evitarse. Esta MPM está diseñada para captar fuentes de sedimento potencialmente expuestas para que puedan ser manejadas y controladas posteriormente.

La **Siembra de Semilla Temporal y Permanente** implica plantar áreas con céspedes anuales de rápido crecimiento, pequeños granos o legumbres para dar estabilidad a áreas alteradas. Las áreas se siembran temporalmente si los suelos no van a llevarse a una pendiente definitiva por más de aproximadamente un mes. La siembra permanente se establece en áreas que serán cubiertas con crecimiento vegetativo por más de dos años. Esta MPM establece una cubierta vegetativa de crecimiento relativamente rápido.

La **Colocación de Tierra Vegetal** es la aplicación de tierra suelta, rica y biológicamente activa en áreas con pendientes levemente inclinadas. A menudo, las instalaciones acumularán la tierra vegetal para su uso futuro en el sitio. Para garantizar que no ocurra la contaminación de la escorrentía, deben utilizarse barreras de sedimento y siembra de semilla temporal.

### 6.1.2. Medidas de Control y Transporte de Escorrentía

El **Canal Recubierto con Césped** es un conducto seco sembrado con césped. Los canales de césped se usan para conducir escorrentía de aguas lluvias. Para que este sistema funcione apropiadamente, el césped debe estar establecido y enraizado antes de introducir los flujos. El recubrimiento de los canales es necesario si los flujos de diseño van a exceder de 2 pies cúbicos por segundo. Un canal de césped incrementa la tensión de corte dentro del canal, reduce las velocidades de flujo y promueve la deposición de sedimentos en las aguas lluvias. El canal mismo también está protegido de la erosión del lecho y los lados.

Los **Canales Endurecidos** son ductos o zanjas recubiertos con material estructural tal como terraplén o pavimento. Estos canales están diseñados para el transporte, transferencia y eliminación segura de aguas lluvias excesivas. Estos canales a menudo se usan en lugares con pendientes muy pronunciadas, flujo prolongado, potencial de daño por tráfico, suelos erosionables o velocidad de diseño que excede de 5 pies cúbicos.

Los **Canales Pavimentados** son conductos recubiertos con concreto que se fijan en el suelo. Los canales se usan para transportar agua hacia abajo en una pendiente relativamente pronunciada sin causar erosión. Este sistema deberá tener una característica adicional de disipación de la energía para reducir la erosión o el deslave a la salida. Los canales también deberán ser diseñados con un desvío de la entrada que dirija los flujos extremos lejos del canal.

Los **Desvíos de Escorrentía** son estructuras temporales o permanentes que canalizan, desvían o capturan la escorrentía y la transportan a áreas donde puede ser usada o liberada sin erosión o daños por inundación. Los tipos de estructuras utilizados para este fin incluyen superficies escalonadas para redirigir el flujo laminar, diques o bermas que fuerzan la escorrentía superficial alrededor de un área protegida y el transporte de aguas lluvias que interceptan, recolectan y redirigen la escorrentía. El desvío temporal puede construirse colocando diques de materiales de desecho o grava en el extremo descendente de un canal excavado o bajío. Los desvíos permanentes que se construyen para dividir áreas de drenaje específicas cuando se esperan flujos de escorrentía más grandes, se dimensionan para capturar y transportar una magnitud específica de aguas lluvias de diseño.

Los **Drenajes de Pendiente Temporales** son estructuras temporales de tubos o conductos flexibles que transportan escorrentía desde arriba hacia debajo de una pendiente de corte o relleno. Conjuntamente con los desvíos, estos drenajes se usan para transportar la escorrentía concentrada lejos de una pendiente de corte o relleno hasta que se puedan establecer medidas más permanentes tales como la estabilización con vegetación.

### 6.1.3. Protección de Salidas

**Esparcidores de Nivel** El terreno del área de recepción debe estar uniformemente inclinado, el borde la salida nivelado y la tierra no será susceptible a la erosión. Para evitar la formación de un barranco, estructuras endurecidas, setos firmes de césped o alfombras resistentes a la erosión deberán incorporarse al diseño. Este tipo de salida a menudo se usa para desvíos de escorrentía.

Las **Estructuras de Estabilización de Salidas** son salidas que reducen la velocidad del flujo de salida y disipan la energía del flujo. Estos tipos de estructura se usan en la salida de un canal o conducto donde

La velocidad de descarga excede la del área de recepción. Los diseños más comunes son plataformas recubiertas de pedraplén, cuencas de pedraplén o estanques de inmersión.

#### 6.1.4. Trampas y Barreras de Sedimento

Las **Barreras de Arbustos** son barreras de sedimento temporales que se construyen para formar una berma a través o al pie de una pendiente susceptible a erosión en surcos o entre surcos. Pueden consistir de ramas, maleza, enredaderas, alfombras de raíces u otros materiales despejados.

Las **Presas de Detención** son estructuras temporales, de emergencia o permanentes construidas a través de vías de drenaje que no sean corrientes vivas donde se usan para restringir la velocidad del flujo y reducir la erosión de canal. En su aplicación permanente, estas presas acumulan sedimento gradualmente hasta que están totalmente llenas. En ese punto, una superficie de nivel o delta se convierte en una inclinación no erosionable por la que el agua cae en cascada a una presa a través de un vertedero hacia una plataforma endurecida. Otras alternativas para proteger el fondo de un canal deberán ser evaluadas antes de seleccionar la presa de detención en una base temporal. Las presas pueden ser porosas o no porosas. Las presas porosas disminuirán la altura del flujo sobre el vertedero al liberar parte del flujo a través de la estructura real.

Las **Estructuras de Estabilización de Pendientes** están diseñadas para reducir la pendiente del canal en canales naturales o construidos para prevenir la erosión de dicho canal causada por una pendiente muy pronunciada o altas velocidades de flujo. Este tipo de estructura incluye estructuras de caída vertical, tolvas de concreto o pedraplén, gaviones o estructuras de tubería descendente. En áreas donde existen grandes flujos de agua, se recomiendan tolvas de concreto o vertederos de caída vertical construidos con concreto reforzado o el apilamiento de láminas con plataformas de concreto. Para áreas con flujos pequeños se deberá usar vertederos metálicos o estructuras de tubería prefabricadas para la caída.

Las **Cuencas de Detención de Sedimentos** pueden ser del tipo de estanque permanente o con auto-desagüe (es decir, paso de flujo total). Están diseñadas principalmente para permitir el estancamiento de la escorrentía o flujos a fin de que los suelos erosionados y sedimentos puedan asentarse y ser capturados antes de que puedan entrar a las corrientes u otros cuerpos de agua. El diseño y uso de estas cuencas es tal vez la MPM más importante que se aplica para controlar la erosión en los sitios de minas. La Sección 6.2 presenta una discusión detallada de las consideraciones importantes de diseño y manejo para Cuencas de Detención de Sedimento.

Los **Cercos de Sedimento (Cercos de Limo)/Barreras de Pacas de Paja** son medidas temporales utilizadas para controlar la pérdida de sedimento al reducir la velocidad de los flujos laminares. Consisten de tela de filtro enterrada al fondo, estirada y soportada por postes o pacas de paja sembradas en el suelo. Es necesario contar con salidas de rebalse y suficiente área de almacenaje para controlar el estancamiento temporal. Las Trampas de Sedimento son pequeñas cuencas temporales de estancamiento formadas por un dique o excavación. Estas son estructuras menos permanentes que las cuencas de detención de sedimento. Las salidas de los canales de desvío, los desagües de pendientes u otros medios de transporte de escorrentía que descargan agua con sedimento a menudo usan este sistema. Las trampas de sedimento deberán estar diseñadas para minimizar el potencial de omisión, incluir características tales como protección de diques y áreas no erosivas de bordeado de emergencia y permitir el mantenimiento periódico.

Las **Protecciones Temporales de Bloque y Grava para Entrada** son barreras de control hechas de bloque de concreto y grava alrededor de una entrada de desagüe de aguas lluvias. Estas estructuras filtran el sedimento de las aguas lluvias que ingresan por la entrada antes de que los suelos se hayan estabilizado a la vez que permiten el uso de la entrada para transportar las aguas lluvias.

Las **Protecciones Temporales Excavadas para la Entrada de la Descarga** son áreas excavadas temporales alrededor de un desagüe o cuneta de entrada de aguas lluvias diseñada para atrapar sedimento. Al atrapar el sedimento antes de que llegue a la entrada, la entrada permanente puede usarse antes de que se estabilicen los suelos en el área. Este sistema requiere un mantenimiento frecuente y puede usarse en combinación con otras medidas temporales.

Las **Protecciones Temporales con Tela para la Entrada de la Descarga** son piezas de tela que se colocan alrededor de la entrada de la descarga, de forma temporal durante las actividades de construcción con el fin de proteger los desagües de aguas lluvias. Esta práctica puede usarse en combinación con otros dispositivos de protección temporal de entradas.

La **Protección Temporal con Tierra para la Entrada de la Descarga** es un filtro de sedimento de grama y tierra alrededor de una entrada de descarga del desagüe de aguas lluvias. Esta se usa cuando los suelos en el área se han estabilizado y es apropiada para los engramados de edificios grandes.

Las **Franjas de Filtro con Vegetación (VFS)**, por sus siglas en inglés) son áreas naturales o sembradas con vegetación y de baja inclinación, que consisten de laderas relativamente planas que filtran los sólidos del flujo laminar de la tierra. Las especies de plantas densas, herbáceas y resistentes a la erosión son apropiadas para poblar estas franjas. La efectividad de las VFSs se incrementa si no hay flujos canalizados; sin embargo, los factores principales que influyen la eficiencia de la remoción son el tipo de vegetación y la condición, la tasa de infiltración del suelo y la profundidad y tiempo de transporte del flujo. Los esparcidores de nivel frecuentemente se usan para promover la distribución pareja de la escorrentía a través de la VFS.

#### 6.1.5. Protección de Corrientes

Las presas de detención, las estructuras de estabilización de pendientes y las técnicas de estabilización de riberas de corrientes también son MPMs que se usan para la protección de corrientes. El **Cruce Temporal de Corriente** es una MPM de protección de corrientes adicional. Estos cruces pueden ser en la forma de un puente, vado o estructura temporal instalada a través de una corriente o curso de agua para ser usado a corto plazo por los vehículos de construcción o equipo pesado. Donde sea posible, se deberá construir puentes en lugar de otros tipos de cruces de corriente porque causan el menor daño a los lechos, riberas y planicies de inundación circundantes, presentan la menor obstrucción para el flujo y tienen el menor potencial de incremento de erosión.

Los cruces de alcantarilla son los más comunes y son la forma más destructiva de cruces. Las alcantarillas generalmente causan impactos significativos al lecho de una corriente e incrementan el potencial de deslave de canal. Los conductos arqueados, profundos y de bajo espaciamiento ofrecen la simplicidad de un cruce de alcantarilla y minimizan los impactos en el lecho de la corriente. Estos cruces pueden ser colocados sobre la parte superior de los canales de corriente sin alterar el lecho de la corriente en el cruce. Los vados son cortes en las riberas con tela de filtro sostenida por piedras. Se usan en áreas pronunciadas sujetas a inundaciones repentinas, pero deberán usarse únicamente donde los cruces son infrecuentes y los lechos son bajos. Otra técnica que puede aplicarse es dimensionar una alcantarilla

principal para manejar flujos normales de las riberas. Alcantarillas adicionales se colocan a lo largo de la alcantarilla principal a una base de elevación más alta. Las alcantarillas adicionales dirigen los flujos de inundación que exceden la capacidad de la alcantarilla principal y que normalmente se saldrían a una planicie de inundación. La ventaja de este diseño es que las alcantarillas sobredimensionadas a menudo pueden causar una canalización, incrementos en la velocidad del flujo y deslave del canal aguas abajo. Un diseño de alcantarillas múltiples reduce estos efectos al dimensionar la alcantarilla principal para manejar flujos de corriente normales. Todos los cruces de corriente deberán ser ubicados de forma permanente para prevenir rebalses y minimizar el potencial de erosión.

#### 6.1.6. Cuenas de Detención de Sedimento

Las cuencas de detención de sedimento se usan comúnmente para prevenir o controlar la deposición de sedimento en corrientes y cuerpos de agua (Barfield y otros, 1981). Las cuencas de detención están diseñadas para capturar la escorrentía o aguas lluvias transportadas y reducir la velocidad del agua para permitir que los sedimentos se asienten. Los flujos de aguas lluvias eventualmente pasan a través de una estructura de afluencia dejando sedimento (es decir, sólidos que se van a asentar) en la cuenca.

Las cuencas de detención deben estar diseñadas para responder por grandes volúmenes de almacenamiento, incluyendo:

- 1) un volumen de almacenamiento de sedimento ( $V_s$ );
- 2) un volumen de almacenamiento para el almacenamiento de detención ( $V_d$ );
- 3) y un volumen de almacenamiento de inundación final ( $V_f$ ).

El almacenamiento de diseño para  $V_s$  depende de la carga y volumen de sedimento que se esperaría para un período de diseño específico. El período de diseño puede ser la vida de la mina o un período más corto en el cual los sedimentos acumulados son dragados o removidos periódicamente de la cuenca de detención. Los estimados para  $V_s$  se hacen usando métodos o modelos para predecir las producciones de sedimento que se espera que entren en la cuenca (vea la Sección 4.2). En general, el USLE o el MUSLE se usan para calcular la carga de sedimento a una cuenca de detención, ya sea sobre una base de aguas lluvias anuales o de diseño.  $V_d$  es el volumen de almacenamiento que se requiere para detener y retener el volumen de escorrentía de aguas lluvias de diseño durante el tiempo suficiente para permitir que el sedimento se asiente. Se usa una variedad de métodos para calcular el volumen de escorrentía de aguas lluvias ( $V_f$ ) (vea el Apéndice A, *Hidrología*).  $V_f$  es el volumen de almacenamiento de inundación final o alojamiento libre que se agrega como contingencia para evitar el rebalse y falla de la presa durante eventos extremos que exceden la capacidad de diseño.

Las cuencas de detención de sedimento están diseñadas para maximizar la eficiencia de la trampa con el fin de minimizar la liberación de cargas suspendidas aguas abajo en sitios de minas. La eficiencia de la trampa se define como la relación entre la masa de sedimento que fluye hacia una cuenca y la masa de sedimento que fluye desde la cuenca. Barfield y otros (1981) señalan varios parámetros que afectan el desempeño y la eficiencia de la trampa de una cuenca:

- Distribución del tamaño de las partículas de sedimentos
- Tiempo de almacenamiento de la detención
- Forma del reservorio, cantidad de almacenamiento muerto y turbulencia
- Química del agua
- El uso de floculantes

Ya que las cuencas de detención de sedimento usualmente son estructuras de paso de flujo, las eficiencias de las trampas se optimizan estableciendo criterios o metas de diseño que maximicen la captura de todos los sólidos que se vayan a sedimentar para las aguas lluvias de diseño dadas (es decir, frecuencia de la lluvia). En los sitios de minas es práctica común diseñar cuencas de detención de sedimento basadas en el evento de precipitación de 24 horas para 10 años. Este diseño estándar se basa en los criterios para exención por descarga de exceso de aguas lluvias en sitios de minas.

Los sedimentos de distribución del tamaño de partículas que fluyen hacia una cuenca de detención es el único factor más importante que afecta la eficiencia de la trampa (Barfield y otros, 1981) ya que el tamaño de las partículas está directamente relacionado con la velocidad de sedimentación. Asumiendo un flujo de estado estacionario por un reservorio, una disminución de tamaño de partícula o agregado requiere una longitud de flujo incrementada para permitir que la partícula se sedimente. Por esta razón, la caracterización exacta de las distribuciones del tamaño de las partículas de sedimentos potencialmente entrantes es crítica para el diseño y manejo del estanque.

El tiempo de almacenamiento de la detención es el tiempo promedio de volumen ponderado que un volumen de flujo estará detenido en un reservorio. El tiempo de detención de una cuenca de sedimentación es una función de la forma de la cuenca, la longitud de la cuenca y el diseño de la estructura de salida. El diseño de la estructura de salida de flujo determina las características de la hidrografía de la salida de flujo y sus relaciones con la hidrografía de la entrada de flujo.

La forma de la cuenca influye grandemente sobre cuán efectivamente se usa el volumen de almacenamiento de la cuenca para la sedimentación. La forma de la cuenca determina la longitud del paso del flujo, la velocidad del flujo, las áreas de turbulencia dentro de la cuenca y si existen áreas de almacenamiento muerto. Pequeñas zonas localizadas de turbulencia dentro de la cuenca pueden inhibir la sedimentación de partículas debido a las velocidades de flujo incrementadas localmente. Las áreas de almacenamiento muerto son zonas dentro de la cuenca que se bordean, y por lo tanto, son inefectivas en el proceso de sedimentación. La EPA (1976) sugiere que el volumen de almacenamiento muerto puede minimizarse manteniendo una relación de 2:1 entre la longitud del reservorio (es decir, la longitud del paso del flujo) y el ancho del reservorio.

La química del agua también afecta la sedimentación de partículas y la eficiencia de las trampas. En general, la fuerza iónica del agua es un factor primario que afecta la floculación o dispersión de las partículas. La floculación de partículas a agregados más grandes y más gruesos generalmente se incrementa con el aumento en fuerza iónica. Sin embargo, los tipos de cationes presentes también afectan este proceso. Debido a que son bivalentes, los cationes de calcio y magnesio tienden a ser muy efectivos en incrementar la floculación. Los efectos de la fuerza iónica en la floculación y la dispersión pueden estar específicamente relacionados, por lo tanto, a las concentraciones relativas de estos cationes en solución. El Porcentaje de Sodio Intercambiable (ESP, por sus siglas en inglés) y la Proporción de Absorción de Sodio (SAR, por sus siglas en inglés) son parámetros útiles que deberán ser examinados cuando se evalúen los efectos de la química del agua (Barfield y otros, 1981).

Los floculantes, los cuales son compuestos que mejoran la agregación de partículas, a menudo se usan para ayudar al desempeño de una cuenca de detención, y en algunos casos, para garantizar que se cumplan los estándares de calidad del agua en la salida de la cuenca. Los floculantes crean partículas más grandes que tienen mayores velocidades de sedimentación. Pueden ser particularmente útiles cuando una gran proporción de sedimento arrastrado son materiales de barro, limo fino, o coloidales. Las partículas coloidales permanecen en suspensión y no se sedimentarán aún bajo condiciones de

inactividad. Barfield y otros (1981) presentan una discusión detallada sobre la química del agua, la floculación y el diseño de programas para mejorar la sedimentación usando floculantes en cuencas de detención de sedimento.

El CAD y el software de modelado usualmente se emplean para diseñar cuencas de detención de sedimento. En particular, SEDCAD+, PONDPACK y SEDIMOT II, descritos en la Sección 4.3.2, se usan específicamente para aplicar medidas hidrológicas y de erosión al diseño de cuencas de detención de sedimento. Usando estos tipos de software, un hidrólogo puede diseñar repetitivamente cuencas de detención para optimizar el tamaño y forma de la cuenca, el tiempo de almacenamiento de la detención y el tipo de estructura de la salida del flujo requerido para cumplir con los criterios de diseño. Estos modelos proveen análisis de los hidrógrafos de entrada y salida del flujo y sedígrafos de entrada y salida del flujo. Se efectúan análisis para obtener estimados de la eficiencia de las trampas, la masa de sólidos sedimentables capturados y la masa de los sólidos suspendidos no retenidos por la cuenca. Las cuencas diseñadas usando paquetes de software dependen de datos de entrada exactos para las variables hidrológicas y de suelo. En particular, la información exacta con respecto a los tipos de suelo y distribuciones del tamaño de las partículas (textura) son necesarios para un diseño exacto.

## 6.5 PRACTICAS DE CONTROL INNOVADORAS

La mayoría de MPMs de control de la erosión y del sedimento han sido prácticas estándar durante muchos años. Tal como se discute en la Sección 6.1, las MPMs estándar incluyen medidas de estabilización de la superficie, desvíos y canales y trampas y barreras de sedimento. Sin embargo, algunas MPMs innovadoras incluyen variaciones de estas prácticas que ofrecen controles particularmente efectivos. Estas prácticas incluyen:

- El diseño y construcción de humedales artificiales para proveer filtración natural y permitir la deposición del sedimento. Los humedales artificiales o contruidos pueden remover efectivamente los sólidos suspendidos, los particulados y los metales adheridos a los sedimentos mediante procesos físicos de reducción de la velocidad, filtración por la vegetación y precipitación química a medida que el agua fluye por los humedales.
- El uso de geotextiles para la estabilización de suelos y mantas y alfombras para el control de la erosión. Los geotextiles pueden estar hechos de materiales naturales o sintéticos y se usan para estabilizar el suelo de forma temporal o permanente. Los geotextiles sintéticos son fabricados con materiales no biodegradables y generalmente se clasifican ya sea como Alfombras de Refuerzo de Césped (TRMs, por sus siglas en inglés) o Alfombras para el Control de la Erosión o Revegetación (ECRMs, por sus siglas en inglés). Las TRMs son redes de polímero tridimensionales o monofilamentos que forman una alfombra para proteger las semillas e incrementar la germinación. Las ECRMs están compuestas de monofilamentos unidos por fusión al calor o cosidas entre las redes. Sirven como un recubrimiento vegetal permanente.
- Técnicas de estabilización biotécnica que usan capas de arbustos vivos para ayudar a estabilizar las laderas. La estabilización biotécnica puede controlar o prevenir la erosión de la superficie y las fallas de pendientes en masa. Esta técnica implica el uso de ramas y tallos cortados de especies tales como sauce, aliso y álamo. Los arbustos vivos se incorporan al suelo en un patrón cruzado para que las raíces y ramas se desarrollen eventualmente. La estabilización biotécnica es más efectiva cuando los arbustos se cortan y se utilizan durante períodos de inactividad.

## 7 RESUMEN

Las actividades de minería tienen el potencial de exponer grandes áreas de tierra y roca a los procesos de la erosión. Los pozos de extracción, los tanques de relave, la roca estéril y las pilas de almacenamiento de minerales agotados y otras instalaciones son fuentes potenciales de sedimentos que pueden ser transportados y depositados en corrientes y otros cuerpos de agua. Sin embargo, si son planificadas y manejadas apropiadamente, los impactos adversos en la calidad del agua y los recursos acuáticos pueden ser minimizados o prevenidos. Para prevenir los impactos potenciales, es necesario considerar el manejo del agua y sedimentos desde el comienzo de cualquier plan de minería.

El desarrollo de un plan efectivo para el control de la erosión debe comenzar con una caracterización básica exacta de los potenciales de erosión y sedimento en una base de cuenca hidrográfica. El conocimiento exacto de las condiciones existentes es necesario para diseñar e implementar programas efectivos de control de la erosión y para permitir el monitoreo exacto de los impactos. La caracterización básica depende de programas de muestreo que determinen adecuadamente los tipos de suelo existentes y sus distribuciones de los tamaños de las partículas, los tipos de vegetación existentes y los valores de cobertura, las pendientes y las longitudes de las pendientes así como las relaciones entre los drenajes y los canales de corriente existentes. Los programas para caracterizar la calidad del agua básica deben tomar en cuenta las variaciones en el flujo de las corrientes. Esto incluye variaciones que ocurren en una base de aguas lluvias así como en una base estacional o anual. El desarrollo de programas de monitoreo que detecten con exactitud o evalúen los impactos y controlen la efectividad depende de que se tenga el conocimiento exacto de las tasas y patrones de erosión natural y degradación.

La elección de los métodos para predecir la erosión bruta y la producción de sedimento de áreas naturales o alteradas puede depender del tipo de datos de entrada requeridos. Es muy importante que el hidrólogo de minas entienda todos los supuestos inherentes en un modelo o método cuando lleve a cabo los análisis para predecir producciones de sedimento o diseñar controles de la erosión. Los análisis exactos con los programas de software y modelos disponibles requieren un muestreo específico y exacto del sitio para los datos de entrada. Los parámetros de la vegetación, los tipos de suelo y las distribuciones de los tamaños de las partículas del suelo son, tal vez, los parámetros más importantes que se ingresan a los modelos de predicción y programas CAD.

## 8 REFERENCIAS

### 8.1 REFERENCIAS CITADAS

Barfield, B.J., Warner, R.C., and Haan, C.T., 1981. *Applied Hydrology and Sedimentology for Disturbed Lands*, Oklahoma Technical Press, Stillwater, OK, 603 pp.

DeRoo, A.P.J., Hazelhoff, L., and Burrough, P.A., 1989. Soil Erosion Modeling Using Answers and Geographical Information Systems, *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 14, pp. 517-532.

Foster, G., 1985. Processes of Soil Erosion by Water. In: Follett, R. and Stewart, B., eds., *Soil Erosion and Crop Productivity*, American Society of Agronomy, Inc., pp. 137-162.

Goldman, S.J., Jackson, K. and Bursztynsky, T.A., 1986. *Erosion & Sediment Control Handbook*, McGraw-Hill Book Company, New York, W87-08686.

Jakubauskas, M.E., J.L. Whistler and M.E. Dillworth, 1992. Classifying Remotely Sensed Data for Use in an Agricultural Nonpoint-Source Pollution Model, *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 47, no. 2, pp. 179-183.

Kachanoski, R.G., Miller, M.H., Protz, R.D., D.A. Lobb, and Gregorich, E.G., 1992. *SWEEP Report #38: Management of Farm Field Variability. I: Quantification of Soil Loss in Complex Topography. II: Soil Erosion Processes on Shoulder Slope Landscape Positions*, <http://res.agr.ca/lond/pmrc/sweep/rep38.html#EvaluationSummary>.

MacLean, R., 1997. *Modeling Soil Erosion and Sediment Loading in St. Lucia*, Thesis, department of Geography, Kingston University. Kingston Upon Thames, Surrey, United Kingdom. DISS.BGIS/97/M/24.

McCool, D.K., L.C. Brown, G.R. Foster, C.K. Mutchler, and L.D. Meyer, 1987. Revised Slope Steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *ASAE Transaction* 30(5).

Musgrave, G.W., 1947. Quantitative Evaluation of Factors in Water Erosion, A First Approximation, *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 2, no. 3, pp. 133-138.

NCSU Water Quality Group, 1998. *Watersheds: Mining and Acid Mine Drainage*, North Carolina State University, Department of Biological and Agricultural Engineering, Raleigh North Carolina.

Rosgen, D.L., 1994. A Classification of Natural Rivers., *Catena*, vol. 22, pp. 169-199.

U.S. Environmental Protection Agency, 1976. *Effectiveness of Surface Mine Sedimentation Ponds*, U.S. Environmental Protection Agency Report EPA-600/2-87-117, Washington, D.C.

U.S. Geological Survey, 1960. *Manual of Hydrology*. USGS Water Supply Paper W1541. U.S. Geological Survey, Reston, VA.

Williams, J.R., 1975. Sediment Yield Prediction with Universal Equation Using Runoff Energy Factor, U.S. Department of Agriculture Report USDA-ADS S-40, Washington, D.C. Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., 1965. Rainfall Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 282, Washington, D.C.

## 8.2 REFERENCIAS ADICIONALES

Barfield, B.J., Moore, I.D., and Williams, R.G., 1979. Sediment Yield in Surface Mined Watersheds, *Proceedings: Symposium on Surface Mine Hydrology, Sedimentology and Reclamation*, University of Kentucky, Lexington, Kentucky, December 1979, pp. 83-92.

Barfield, B.J. and Moore, I.D., 1980. *Modeling Erosion on Long Steep Slopes*, Office of Water Resources Technology, Project No. R4052.

Brune, G.M., 1953. Trap Efficiency of Reservoirs, *Transactions American Geophysical Union*, vol. 34, no. 3, pp. 407-418.

Chen, C., 1975. Design of Sediment Retention Basins, *Proceedings: National Symposium on Urban Hydrology and Sediment Control*, UK BU 109, College of Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.

Curtis, D.C. and McCuen, R.H., 1977. Design Efficiency of Storm Water Detention Basins, *Proceedings: American Society of Civil Engineers*, vol. 103 (WR1), pp. 125-141.

Curtis, W.R., 1971. Strip Mining, Erosion, and Sedimentation, *Transactions: American Society of Agricultural Engineers*, vol. 14, no. 3, pp. 434-436.

Fogel, M.M., Hekman, L.H., and Ducstein, L., 1977. A Stochastic Sediment Yield Model using the Modified Universal Soil Loss Equation. In: *Soil Erosion: Prediction and Control*, Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa.

Graf, W.H., 1971. *Hydraulics of Sediment Transport*, McGraw-Hill, New York. Hill, R.D., 1976. Sedimentation Ponds - A Critical Review, *Proceedings: Sixth Symposium on Coal Mine Drainage Research*, Louisville, Kentucky.

Kao, T.Y., 1975. Hydraulic Design of Storm Water Detention Basins, *Proceedings: National Symposium on Urban Hydrology and Sediment Control*, UK BU 109, College of Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.

Lantieri, D., Dallemand, J.F., Biscaia, R., Sohn, S., and Potter, R.O., 1996. Erosion Mapping Using High-Resolution Satellite Data and Geographic Information System, Pilot Study in Brazil, *RSC Series No. 56*, FAO, Rome 1990, 150 pp.

McCool, D.K., Papendick, R.I., and Brooks, F.L., 1976. The Universal Soil Loss Equation as Adapted to the Pacific Northwest, *Proceedings: 3rd Federal Inter-Agency Sedimentation Conference*, Water Resources Council, Washington, D.C.

Miller, C.R., 1953. *Determination of the Unit Weight of Sediment for Use in Sediment Volume Computation*, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, Colorado.

Morgan, R., 1986. *Soil Erosion and Conservation*, Longman Scientific and Technical. Neibling, W.H. and Foster, G.R., 1977. Estimating Deposition and Sediment Yield from Overland Flow Processes, *Proceedings: 1977 International Symposium on Urban Hydrology, Hydraulics and Sediment Control*, UK BU 114, College of Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.

Risse, L.M., Nearing, M.A., Nics, A.D., and Laflen, J.M., 1993. Error Assessment in the Universal Soil Loss Equation, *Soil Science Society of America Journal*, vol. 57, pp. 825- 833.

U.S. Environmental Protection Agency, 1976. Erosion and Sediment Control-Surface Mining in the Eastern U.S., Vol. I and II, U.S. Environmental Protection Agency Report EPA- 615/2-76-006, Washington, D.C.

Ward, A.D., Barfield, B.J. and Tapp, J.S., 1979a. Sizing Reservoirs for Sediment Control from Surface Mined Lands, *Proceedings: 1979 Symposium on Surface Mine Hydrology, Sedimentology and Reclamation*, College of Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.

Ward, A.D., Haan, C.T., and Barfield, B.J., 1979b. Prediction of Sediment Basin Performance, Transactions American Society of Agricultural Engineers, vol. 22, no. 1, pp.121-136.

Ward, A.D., Haan, C.T., and Barfield, B.J., 1980. The Design of Sediment Basins, Transactions American Society of Agricultural Engineers, vol. 23, no. 2, pp. 351-356.

Williams, J.R., 1976. Sediment Yield Prediction with Universal Equation Using Runoff Energy Factor. In: Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service Publication ARS-S-40, Washington, D.C.

Williams, J.R., 1977. Sediment Delivery Ratios Determined with Sediment and Runoff Models, Erosion and Solid Matter Transport in Inland Water Symposium Proceedings IAHS-No. 122, pp.168-179.

Williams, J.R., 1979. A Sediment Graph Model Based on an Instantaneous Sediment Graph, Water Resources Research, vol. 14, no. 4, pp. 659-664.

Williams, J.R. and Brendt, A.D., 1972. Sediment Yield Computed with Universal Equation, Proceedings: American Society of Civil Engineers, 98(HY12), pp. 2087-2098.

Wilson, B.N., Barfield, B.J., Warner, R.C., and Moore, I.D., 1981. SEDIMOT II: A Design Hydrology and Sedimentology Model for Surface Mine Lands, Proceedings: 1981

Symposium on Surface Mine Hydrology, Sedimentology, and Reclamation, College of Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.

Wischmeier, W.H., 1959. A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil Loss Equation, Soil Science Society of American Proceedings, vol. 23, pp. 246-249.

## ANEXO D-2

### REGLAS DE ORO PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN

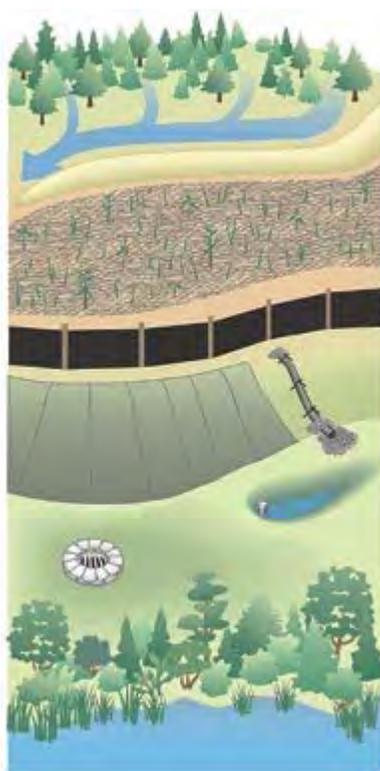
(Extracto de la Guía de Campo de Kentucky para Prevención de la Erosión y Control de la Sedimentación)

TETRA TECH fundado por La División de Aguas de Kentucky (KDOW, por su sigla en inglés), la Sección de Fuentes Nonpoint y la División de Conservación de Kentucky (KDOC) mediante una donación de USEPA

<http://www.epa.gov/region8/water/stormwater/pdf/Kentucky%20Erosion%20prevention%20field%20guide.pdf>

El siguiente anexo presenta ilustraciones y fotografías de las Mejores Prácticas de Gestión para el Control de la Erosión y la Sedimentación. Esta información se extrajo de la Guía de Campo de Kentucky para Prevención de la Erosión y Control de la Sedimentación financiada por US EPA. En el CD-ROM adjunto a estos principios fundamentales se encuentra la guía completa. El propósito del presente anexo es presentar un enfoque práctico para el manejo de escorrentías y el control de la erosión y sedimentación en el sitio de una mina.

### REGLAS BASICAS



**Preservar la Vegetación existente**

**Desviar las escorrentías de las tierras altas alrededor del suelo expuesto**

**Sembrar/esparcir desechos orgánicos/ cubrir el suelo descubierto inmediatamente**

**Utilizar barreras de sedimento para atrapar la tierra que va en las escorrentías**

**Proteja las pendientes y canales de formar erosión por barrancos**

**Instalar trampas de sedimentos y lagunas de asentamientos**

**Preservar la vegetación cerca de todas las aguas**

### NECESIDAD DE MEDIDAS DE CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTACION

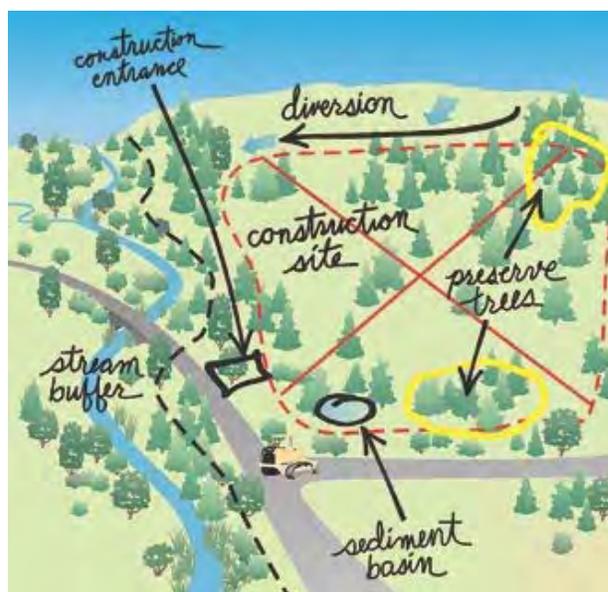
Angulo de la Pendiente	Tipo de Suelo		
	Cienoso	Barroso	Arenoso
Muy empinado (2:1 o más)	Muy Alto	Alto	Alto
Empinado (2:1-4:1)	Muy Alto	Alto	Moderado
Moderado (5:1-10:1)	Alto	Moderado	Moderado
Poco (10:1-20:1)	Moderado	Moderado	Bajo

**PRIORIZACION DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTACION**

PRACTICA	COSTO	EFFECTIVIDAD
Limitación del área afectada trabajando escalonadamente	\$	*****
Protección de las áreas afectas con capas vegetativas y volviendo a sembrar vegetación	\$\$	****
Instalación de desviaciones alrededor de las áreas afectadas	\$\$\$	***
Remoción de los sedimentos deteniendo todo el drenaje del sitio	\$\$\$\$	**
Otros controles estructurales para contener el drenaje cargado de sedimentos	\$\$\$\$\$	*

**PLANIFICAR ANTICIPADAMENTE**

Identificar las áreas de drenaje y planificar las cunetas y canales para el drenaje, desviaciones, canales engramados, trampas/lagunas de sedimentación, barreras de sedimentos en las zonas inferiores de la pendiente, y construcción de piedra e instalar antes de iniciar la excavación.

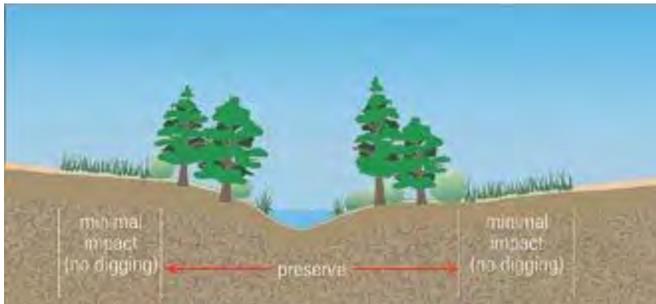


**DESVIAR LAS ESCORRENTIAS ALREDEDOR DE EXCAVACIONES Y DISTURBIOS**

Muros de Contención y cunetas para desviar escorrentías de las tierras altas sin árboles (limpias) alrededor de los sitios de construcción reducen los problemas de erosión y sedimentación. Muros de contención y cunetas sembradas después de la construcción



*Las cunetas de desviación deben estar por lo menos cubiertas con grama o pasto, y mantas, y si la pendiente es superior a 10:1*



#### **AMORTIGUADORES DE VEGETACION**

*Las zonas de amortiguación con vegetación en la parte superior o inferior del sitio de trabajo son siempre una ventaja.*

*Pueden atrapar los sedimentos antes de que se laven en las corrientes y evitar la erosión de las riberas.*

*Los canales con vegetación ayudan a mover el agua de las tierras altas a través o a lo largo del sitio, manteniendo el agua limpia (sin lodo). No alterar la vegetación existente a lo largo de las riberas, y dejar un amortiguador de pasto alto y arbustos entre los árboles en las riberas de los ríos (riachuelos) y áreas afectadas.*

*Buena construcción, siembra y estabilización del muro de contención de desviación. Nótese que la cuneta de desviación está cubierta de pasto en la parte más plana de la pendiente y que tiene piedras en la parte más empinada*



**COBERTURA DEL SUELO VS. PROTECCION DE LA EROSION**

Cobertura del suelo	Reducción de la erosión
Cobertura vegetal (paja o heno) 1.2 toneladas por 0.4 hectárea 1 tonelada por 0.4 hectárea 2 toneladas por 0.4 hectárea	75 por ciento 87 por ciento 98 por ciento
Hierba (semilla o césped) 40 por ciento de cobertura 60 por ciento de cobertura 90 por ciento de cobertura	90 por ciento 96 por ciento 99 por ciento
Matorrales y arbustos 25 por ciento de cobertura 75 por ciento de cobertura	60 por ciento 72 por ciento
Arboles 25 por ciento de cobertura 75 por ciento de cobertura	58 por ciento 64 por ciento
Mantas de control de erosión	95 – 99 por ciento

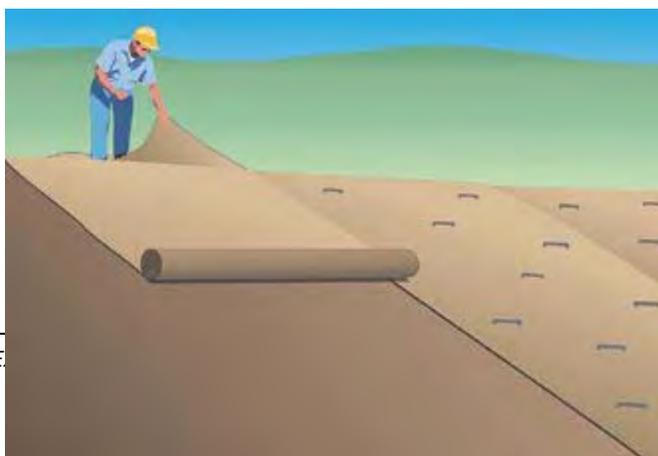
Preparar el suelo sin vegetación alguna por el arado de discos a través de la pendiente, revolver la tierra o labrar si el suelo ha sido sellado o tiene una corteza formada por la lluvia. El sembrero debe estar seco con la tierra suelta a una profundidad de 3 a 6 pulgadas.

Para pendientes con una empanación superior a 4:1, pasar un tractor u otro vehículo de cadenas (oruga) por arriba y debajo de las pendientes antes de sembrar para crear surcos para poner y mantener las semillas. Revolver la tierra de las pendientes después de la siembra de ser posible, cubrir las semillas con mantas de control de erosión o cuadros de césped si las pendientes son de 2:1 o más. Aplicar más semillas en las cunetas y muros de contención.



*En las áreas sembradas (lado izquierdo) virtualmente se elimina la erosión y la pérdida de sedimentos. En las pendientes sin siembras se forman rápidamente riachuelos o sumideros locales (derecha).*

**INSTALACION DE MANTAS (GEOFABRICA)**



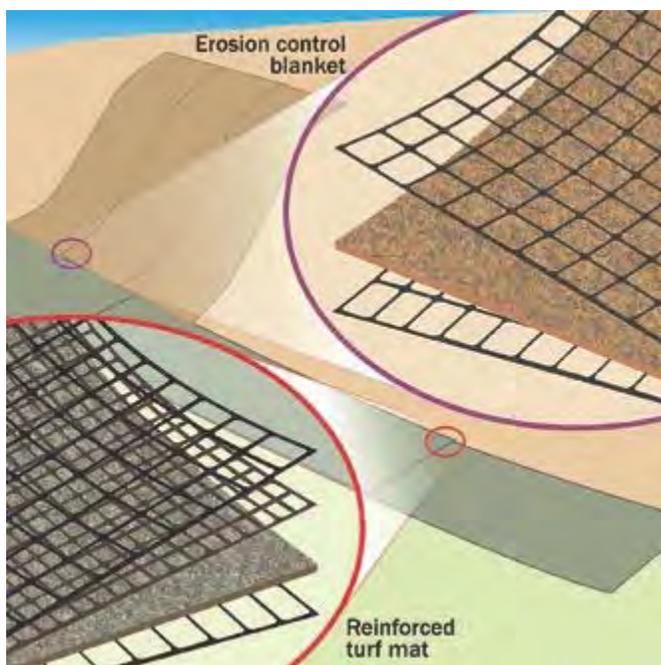
*Instalar las mantas y colchonetas verticalmente a lo largo de las pendientes. Desenrollar desde la parte superior de la*

colina, engrapar a medida que se desenrolla. No estire las mantas.

Las mantas de control de erosión son más delgadas y generalmente se degradan más rápido que los colchones de refuerzo de césped. Verificar la información del producto del fabricante para ver la tasa de degradación (duración), límites de pendiente e instalación.

Recuerde aplicar las semillas, el fertilizante y la cal antes de cubrir con la manta o colchones.

Las mantas se colocan a lo largo de las riberas de los riachuelos o en otras pendientes pequeñas se pueden colocar horizontalmente. Instalar las mantas de forma vertical en pendientes más largas. Asegurar un traslape de 15 cm como mínimo.

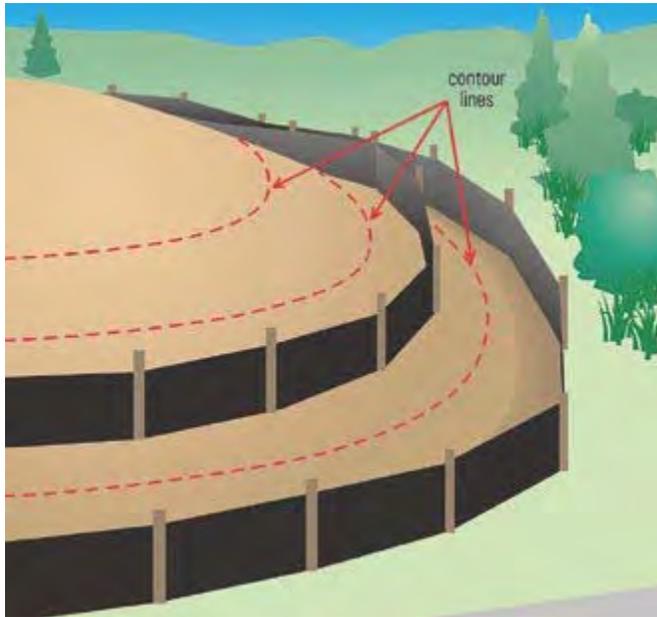


### INSTALACION DE LAS MANTAS

CONDICIONES DEL SITIO	NOTAS PARA LA INSTALACIÓN DE LAS MANTAS
<p>Cunetas y canales (de flujo alto Alinear con parte inferior de la cuneta)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graduar, hacer discos y preparar el semillero.</li> <li>• Sembrar, colocar cal y fertilizar área primero</li> <li>• Instalar horizontalmente (a lo largo de la pendiente).</li> <li>• Empezar en parte inferior de la cuneta.</li> <li>• Engrapado manta en línea central primero.</li> <li>• Engrapado y enterrar parte superior en zanja de 8" de profundidad.</li> <li>• las grapas en la parte superior deben estar a una distancia de 12".</li> <li>• Las capas de la parte superior de la colina se traslapan con las capas inferiores.</li> <li>• La sobre posición de los lados deberá ser de 6"-8".</li> <li>• Las grapas de los lados y del centro = 24" de distancia entre una otra.</li> <li>• Engrapado bajo el nivel del flujo cada 12".</li> <li>• Engrapado a través de ambas mantas en la sobre posición</li> </ul>
<p>Pendientes largas, incluyendo áreas superiores a los niveles del flujo de la cuneta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graduar, hacer discos y preparar el semillero.</li> <li>• Sembrar, colocar cal y fertilizar área primero</li> <li>• instalar verticalmente (arriba y abajo de la colina)</li> <li>• Desenrollar desde arriba de la colina, de ser posible.</li> <li>• Engrapado manta en línea central primero.</li> <li>• Engrapado y enterrar parte superior a 8" de profundidad en la zanja.</li> <li>• Las grapas en la parte superior deben estar a una distancia de 12".</li> <li>• Las grapas de los lados y del centro = 24" de distancia entre una otra.</li> <li>• las capas de la parte superior de la colina se traslapan con las capas inferiores.</li> <li>• La sobre posición de los lados deberá ser de 6"-8".</li> <li>• Engrapado a través de ambas mantas en la sobre posición</li> </ul>

## BARRERAS DE SEDIMENTOS (Cercos de cieno y otros)

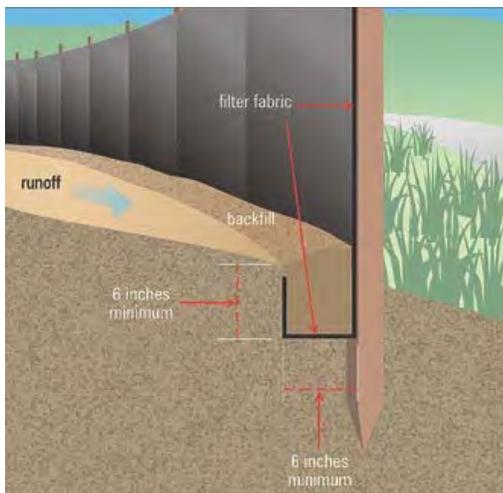
Las cercas para sedimentos arrastrados por el agua deben instalarse alrededor y abajo de las áreas de suelo sin vegetación.



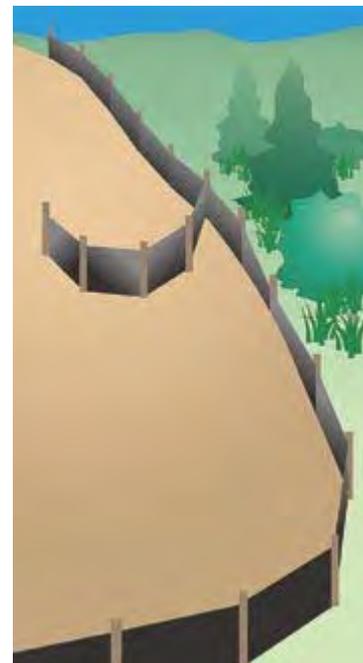
En pendientes largas, utilizar varias cercas de 20 a 26 metros de distancia. Remover sedimentos acumulados antes de que el mismo llegue a la mitad de la cerca.

Cada sección de 33 metros de la cerca para detener los sedimentos puede filtrar escorrentías de aproximadamente 0.6 hectáreas (unos 35 metros hacia arriba). Para instalar la cerca, seguir los siguientes pasos:

- Anotar la ubicación y extensión del área de suelo sin vegetación.
- Marcar la ubicación de la cerca para detener sedimentos justo abajo del área sin vegetación.
- Asegurarse que la cerca atraparé todas las corrientes del área.
- Cavar una zanja de 15 centímetros de profundo a lo largo de la pendiente.
- Desenrollar la cerca a lo largo de la zanja.
- Juntar el cercado enrollando a las estacas finales y pegando
- Asegurarse que las estacas estén en el lado afuera de la cerca hacia debajo de la colina
- Enterrar estacas contra el lado hacia abajo de la colina en la zanja.
- Enterrar las estacas de hasta 20 a 25 centímetros de la tela en zanja.
- Empujar la tela en la zanja, extender a lo largo de la parte inferior.
- Llenar la zanja con tierra y apisonar con una llana.

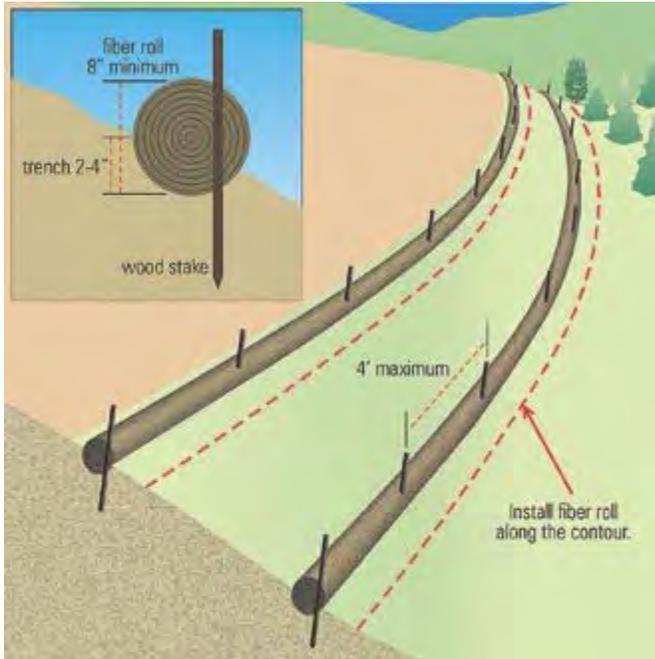


Las estacas van en el lado hacia abajo de la colina. Cavar la zanja primero, instalar la cerca en el lado hacia debajo de la colina, meter la tela en la zanja en el lado hacia arriba de la colina (lado hacia el área sin vegetación).



Utilizar ganchos (J-hook) para atrapar y estancar las escorrentías lodosas que corren a lo largo de la cerca hacia arriba de la colina. Doblar la parte final de la cerca hacia la parte superior de la colina para evitar que el agua siga de paso. Para corrientes más fuertes utilizar ganchos cada 17 a 50 metros.

Para cortar la corriente de las escorrentías se pueden utilizar rollos de fibras a lo largo de la pendiente.



Instalar en la curva de nivel y en zanjas pequeñas. Presionar los rollos firmemente dentro de las zanjas y colocar estacas para fijar bien.

Consulte las instrucciones del fabricante para conocer la vida o duración esperada del producto, límites de pendientes, etc. Como siempre, sembrar y poner vegetación a lo largo de la pendiente lo antes posible.

Instalar de forma apropiada múltiples cercas a lo largo de la pendiente. Doblar la parte final de la cerca hacia la parte superior de la colina para evitar que el agua siga de paso. Mantener las cercas hasta que el pasto se pegue bien y crezca en todas las áreas de la pendiente. Volver a sembrar las áreas sin

vegetación, lo antes posible. Remover o esparcir los sedimentos acumulados y quitar las cercas una vez que haya crecido el pasto.

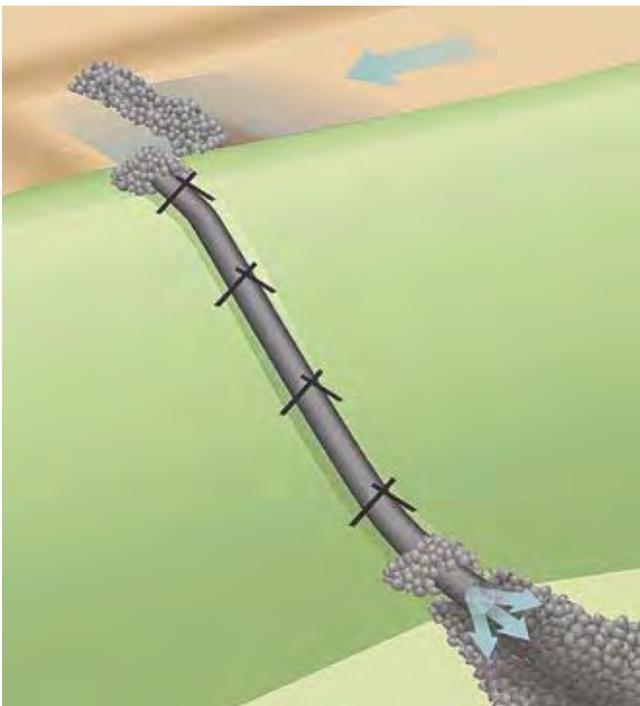
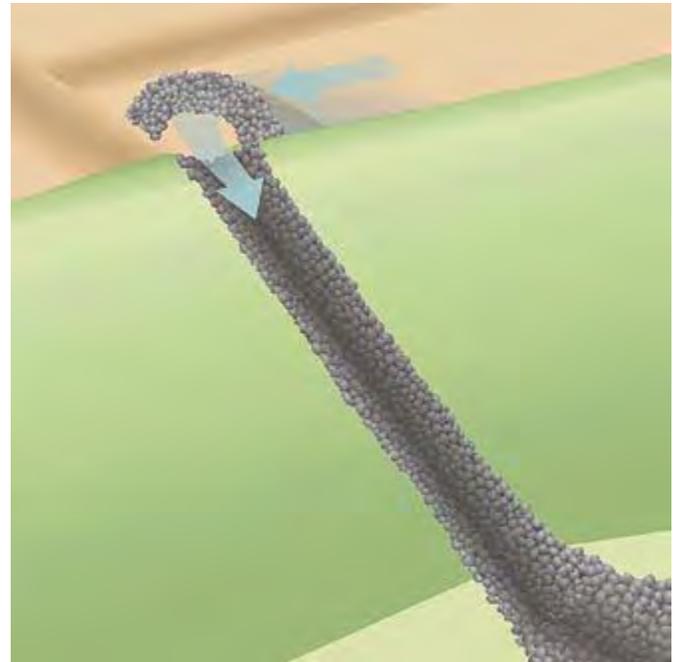
### PROTECCION DE LAS PENDIENTES PARA EVITAR BARRANCOS

Si el suelo es	La erosión será:
Compacto y liso	30 por ciento más
Tiene Sendas a lo largo de las pendientes	20 por ciento más
Tiene Sendas arriba y abajo de las pendientes	10 por ciento menos
Accidentado e irregular	10 por ciento menos
Accidentado y suelto hasta 12" de profundidad	20 por ciento menos

*Apisonar la tierra dejando líneas (oruga) arriba y abajo de la colina para mejorar la estabilidad.*



Drenaje hacia abajo temporal utilizando tubos de plástico. Fijar bien e Instalar donde deben transportarse corrientes fuertes hacia pendientes que pueden tener mucha erosión. Obsérvese el muro de contención de sedimentos fluviales frente a la entrada.



*Drenaje inferior temporal o permanente utilizando forro de geotextil y ripio  
Todos los drenajes en pendientes deben tener disipadores de corriente en la salida para*



*absorber descargas con mucha fuerza, y deben verificarse los sedimentos hasta que crezca el pasto*



Las pendientes empinadas y grandes necesitan mantas o colchones. Instale mantas y colchones arriba y debajo de las pendientes largas. Para los canales debajo de las pendientes, instalar horizontalmente. No olvidar sembrar, poner cal y fertilizar (de utilizarse) antes de instalar la manta.

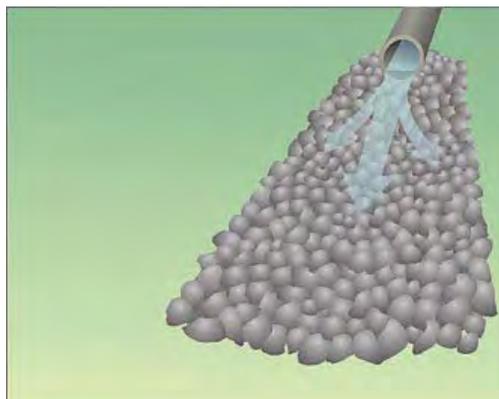
Otros métodos a considerar son quebrar las

pendientes muy grandes con terrazas, cunetas a lo largo de las líneas a nivel, pacas de heno y otros métodos.

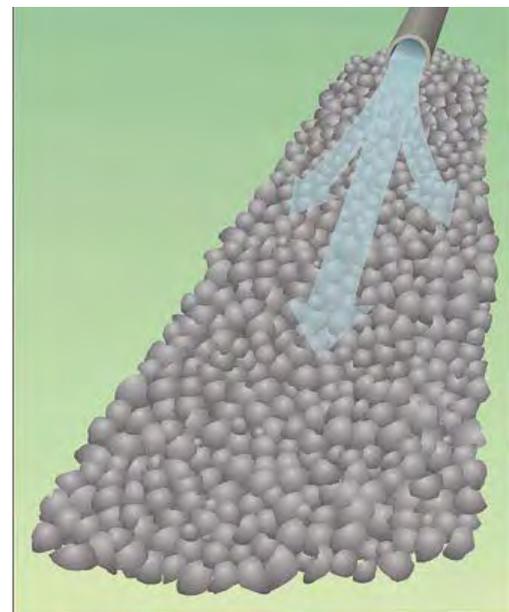


### PROTECCION DE LAS CUNETAS Y ENTRADAS/SALIDAS DE ALCANTARILLAS

*Muy buena aplicación de combinación de rocas para la tubería de entrada de la cuenca de la laguna. La combinación de rocas promueve mejor formación de la laguna, drenaje y asentamiento de los sedimentos.*



*Los disipadores de energía de flujo bajo son más cortos que los utilizados para salidas con flujos muy altos (abajo).*



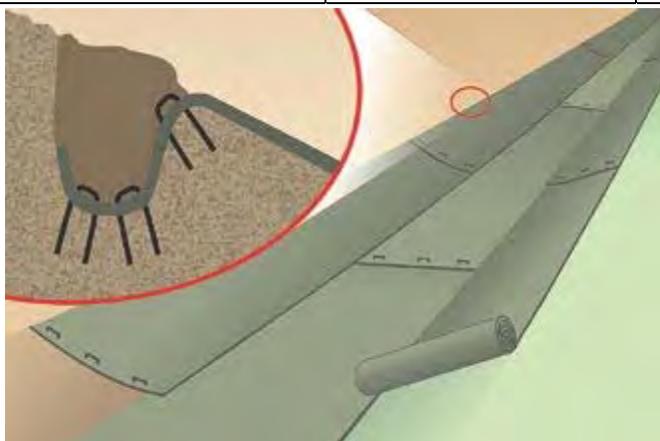


*Excelente emplazamiento y construcción de un estabilizador con rocas para disipar los flujos de la salida de la tubería. El área requiere que se siembre y una cobertura inerte.*

### ESTABILIZACIÓN DE CUNETAS DE DRENAJE

Enfoques de estabilización para cunetas de drenaje

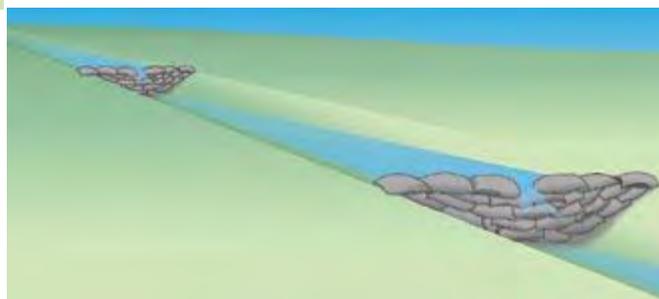
Pendiente de la cuneta	Tipo de Suelo en la Cuneta		
	Arenoso	Arena con rastros de Arcilla	Arcillosos
Empinada >10%	Concreto o ripio	Concreto o ripio	Ripio
Moderada 10%	Ripio con tela de filtro	Ripio o cobertura de Césped y siembras	Ripio o cobertura de Césped y siembras o
Poca 5%	Ripio o Cobertura de césped y siembras	Siembras y Cobertura de Césped	Siembras y Cobertura de Césped
En su mayoría Plana <3%	Siembras y mantas	Siembra y Cobertura inerte	Siembra y Cobertura inerte



*Colocar las mantas en la cuneta igual que se colocan las tejas, empezar en la parte más baja de la cuneta y trabajar hacia arriba. Las piezas de la parte superior de la colina se sobreponen con los de las secciones inferiores. Colocar las grapas en ambas capas en todas las orillas. Meter y aplanar las puntas en la parte superior de la pendiente. No estirar las mantas o coberturas.*

### Diques de contención

*Los Diques de Contención de sedimentos, bolsas llenas de piedras, o productos comerciales deben instalarse antes de que inicien las actividades de excavación o relleno en la parte superior de la*



colina. Ver tabla a continuación para el espaciamiento correcto entre los muros de contención para diferentes pendientes de de los canales. La punta de cierre de la bolsa se coloca del lado rio abajo.

### Espaciamiento entre los Diques en las Cunetas

Pendiente de los Diques	Espaciamiento entre diques de contención (metros)	Información Adicional
30%	3.2	<i>Calculado para muro de contención de 1 metro</i>
20%	5	
15%	7	
10%	12	<i>El centro del dique debería ser 150 centímetros más bajo que de los lados</i>
5%	17	
3%	33	
2%	50	<i>Utilice piedra de 15 a 25 cm, bolsas de piedras o productos comerciales</i>
1%	100	
0.5%	200	



Una buena instalación de muros de contención de piedra, temporales. Recuerde atar los lados del muro de contención a las riberas superiores. La sección media deberá ser más baja. Limpiar los sedimentos a medida que se acumula. Remover los muros de contención una vez que el sitio y los canales se encuentren estabilizados con vegetación.



Buena colocación y espaciado entre los muros de contención de rollos de fibra. Cuando la pendiente no excede un tres por ciento, pueden utilizarse rollos de fibra de coco y otros productos comerciales.

## FORRO DE LAS CUNETAS

*Cuneta forrada con piedra.*

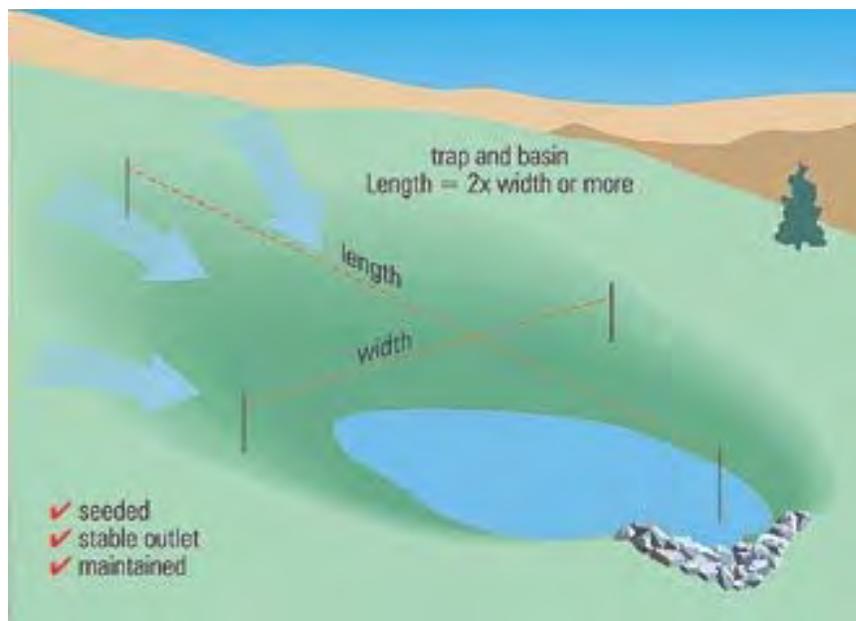


### Tamaño de las piedras para forros de las cunetas

Velocidad del arrastre	Diámetro promedio de la piedra
2 m/seg	12.5 cm
2.5 m/sgg	25.0 cm
3.3 m/seg	35.0 cm
4 m/seg	50.0 cm

### TRAMPAS Y LAGUNAS DE SEDIMENTACIÓN

En general las trampas de sedimentos se diseñan para el tratamiento de escorrentías de aproximadamente 1 a 5 acres. Las Lagunas de sedimentación son más grandes y sirven áreas de unos 5 a 10 acres. Las lagunas que drenan áreas superiores a los 10 acres requieren de un diseño de ingeniería, y a menudo, una vez finalizada la construcción funcionan como lagunas permanentes de tratamiento de aguas lluvias.



### Trampas de sedimentos

Toda depresión, pantano o sitio que se encuentra en un lugar bajo que recibe arrastres lodosos de áreas de suelos expuestos puede servir como trampa de sedimentos. A menudo, es mejor instalar varias trampas pequeñas en ubicaciones estratégicas que construir una sola Laguna grande. El enfoque más sencillo es cavar un agujero o construir un dique (muro de contención) de tierra o piedra donde se presentan arrastres concentrados. Esto ayudará a detener las escorrentías para que el sedimento se pueda asentar. La salida puede ser una depresión forrada de piedra en el muro de contención.

### Lagunas de sedimentación

Las Lagunas de sedimentación son un poco más grandes que las trampas, pero el enfoque de construcción es el mismo. Las Lagunas de sedimentación generalmente tienen más desagües de

protección debido a sus arrastres más grandes. La mayoría tiene tuberías de elevación y salida en vez de desagües de piedras para manejar mayores arrastres. Las Lagunas de sedimentación frecuentemente se diseñan para servir después como lagunas de tratamiento de aguas lluvias. De ser el caso, se requieren contratlos a largo plazo para la remoción y mantenimiento general de sedimentos. La construcción de una salida permanente y estable es fundamental para el desempeño a largo plazo.

### Consideraciones de tamaño y diseño

Para las lagunas y trampas se requiere un volumen de almacenaje mínimo de 130 metros cúbicos por 0.4 hectáreas de suelo expuesto drenado. Las trampas y lagunas se diseñan para que las trayectorias del arrastre, a través de la trampa o laguna sean tan largas como sea posible, con el fin de promover un mayor asentamiento de partículas de suelo. La longitud de las lagunas de sedimentación debe ser el doble del ancho o más de ser posible – entre mayor sea la trayectoria del arrastre a través de la laguna, mejor es.

Las pendientes laterales para la excavación o colocación de tierra para los muros de contención son 2:1 o más planas. Los muros se hacen de suelo barroso bien compactado, con una altura de 1.5 metros o menos. También puede utilizarse piedra bien mezclada como muro de contención para las trampas. Colocar un relleno de tierra para el muro o dique en capas de 15 cm y compactar. Toda la trampa o cuenca, incluyendo el área de la laguna, muros, salidas y área de descarga deben sembrarse inmediatamente después de la construcción. Se puede construir una salida de control del flujo haciendo un corte en el muro de contención y forrándolo de piedra. La piedra que se coloca en el corte debe ser lo suficientemente grande para manejar sobre flujos y la salida hacia debajo de la colina debe estabilizarse con piedra u otros disipadores de arrastre similares a una salida de alcantarilla. El sobre flujo deberá estar en una elevación de forma tal que el dique no se inunde. Dejar por lo menos 0.33 metros de espacio libre. Las salidas deberán diseñarse para promover que el paso de las capas de sedimentos se descarguen en áreas con vegetación, de ser posible. En el caso que la descarga caiga a una cuneta o canal, asegurarse de estabilizarla con vegetación o forrándola.

### PROTECCIÓN DE LOS RIACHUELOS Y RIVERAS DE LOS RIACHUELOS

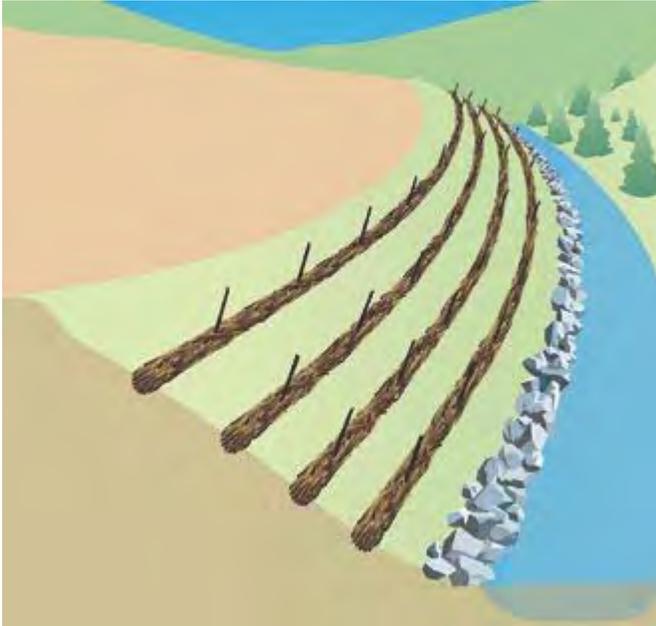
#### Atrasos Recomendados de actividades en los riachuelos

Pendiente de la Rivera	Tipo de suelo a lo largo de las Riveras		
	Arenoso	Arena con rastros de Arcilla	Arcilloso
Muy empinada (2:1 o más)	33 m	27 m	20 m
Empinada (4:1 o más)	27 m	20 m	13 m
Moderada (6:1 o más)	20 m	13 m	10 m
Casi plana (< 10:1)	13 m	10 m	6.5 m

#### Amortiguadores vegetales (barreras de vegetación)

Preservar, siempre que sea posible, la vegetación existente cerca de las aguas. Esta vegetación es la barrera de última posibilidad de capturar la escorrentía de sedimentos antes que llegue al río, lago,

riachuelo o humedales. En donde se haya removido la vegetación o no existe vegetación, sembrar árboles, arbustos y pastos nativos.



Estacas de madera dura viva enterradas a través de cañas o rollos, en zanjas en la pendiente, son una excelente protección del lecho del río. Proteger el pie de la pendiente con rollos o piedras adicionales.

### CRUCE DE LOS RIACHUELOS

Mantener el equipo lejos y fuera de los riachuelos. De ser necesario cruzar temporalmente los riachuelos, colocarlo donde cause menor daño los ríos o las riberas. Busque:

- Áreas inferiores con corrientes fuertes
- Riveras bajas o poca pendiente

- Vegetación tupida y estable en ambos lados

Utilice una o más alcantarillas, con el tamaño necesario para soportar lluvias de 24 horas de dos años.



Cubra las alcantarillas con por lo menos 27 centímetros de tierra y por lo menos 15 cm de piedra combinada. Debería extenderse una capa gruesa de 8.5 metros de largo y 15 cm de espesor a lo largo de la carretera a cada lado del cruce.

*El Buen uso de cercas, paja, piedras y otras prácticas para cruce temporal de corrientes. Cualquier trabajo en los canales de la corriente – como instalación de alcantarillas.*

## APENDICE E. GUIA GDAR (DRENAJE DE ROCA ACIDA)

### 1 INTRODUCCION

La Guía Global de Drenaje Ácido de Roca (GDAR) aborda la predicción, prevención y gestión del drenaje producido de la oxidación de los minerales de sulfuro, a menudo denominado “drenaje ácido de roca” (DAR), o “drenaje ácido o metalífero” (AMD), “agua de mina influenciada” (MIW), “drenaje salino” (SD), y “drenaje neutral de mina” (NMD).

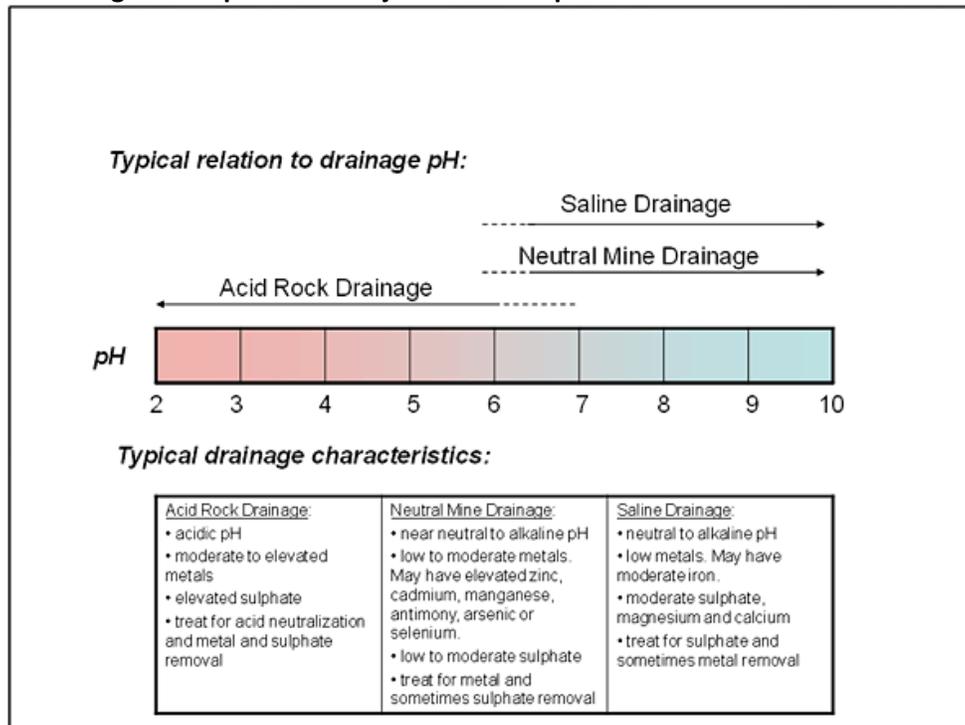
Este resumen ejecutivo sigue la estructura general de la Guía GDAR completa; es un resumen que contiene las mejores prácticas y tecnologías y que ha sido desarrollado bajo los auspicios de la Red Internacional para la Prevención del Acido (INAP) con el objeto de asistir a los actores del DAR, tales como los operadores de las minas, reguladores, comunidades y consultores, para lidiar con los problemas relacionados con la oxidación de los minerales del sulfuro. Se anima a los lectores a utilizar la Guía GDAR y sus referencias para mayores detalles del tema cubierto en este Resumen Ejecutivo. La Guía GDAR fue preparada con los insumos y asistencia de muchos individuos y organizaciones, cuyas contribuciones han sido reconocidas aquí.

El drenaje ácido de roca se forma por la oxidación natural de los minerales del sulfuro al quedar expuestos al agua. Las actividades como la excavación de roca con minerales de sulfuro, tales como en la minería de metales y carbón contribuyen a acelerar el proceso. El drenaje producido por el proceso de oxidación puede ser neutral a la acidez, con o sin metales pesados disueltos, pero siempre con contenido de sulfuro. Los resultados del DAR en una serie de reacciones y etapas proceden típicamente de condiciones de un pH casi neutro a un pH ácido. Cuando existen suficientes minerales base presentes para neutralizar el DAR, el drenaje de mina neutral o drenaje salino puede ser el resultado del proceso de oxidación. El NMD se caracteriza por la cantidad elevada de metales en una solución con un pH circumneutral, mientras que el SD contiene altos niveles de sulfuros a un pH neutro sin concentraciones de metales disueltos en cantidades significativas. La Figura 1 presenta los diferentes tipos de drenaje de manera esquemática.

Detener la formación de DAR, una vez que se ha iniciado resulta todo un desafío, debido a que si no se impide el proceso, éste continuará (y se puede acelerar) hasta que uno o más de los reactivos (minerales de sulfuro, oxígeno y agua) se agoten o se excluyan de la reacción. El proceso de formación del DAR puede continuar produciendo un drenaje de impacto por décadas o siglos después de cesado el procesamiento minero, como se ha ilustrado en este portal que data desde tiempos de la era Romana en España. (Figura 2).

El costo de remediar las minas huérfanas de los Estados Unidos de América se ha estimado en cientos de miles de millones de dólares. Las minas individuales pueden enfrentar responsabilidades legales de hasta cientos de millones de dólares para remediar y tratar el DAR después de cerrada la mina, cuando el proceso de oxidación del sulfuro no se maneja adecuadamente durante la vida útil de la mina.

**Figura 1: Tipos de Drenaje Producidos por la Oxidación de Sulfuros**



**Figura 2: Portal Romano con Drenaje Ácido de Roca – España**



La caracterización apropiada de la mina, la predicción de la calidad del drenaje, y la gestión de las colas de la mina pueden todas prevenir el DAR en la mayoría de los casos, y minimizar la formación del DAR en todos los casos. La prevención del DAR debe comenzar durante la exploración y continuar a lo largo del ciclo de vida de la mina. Por lo tanto, es cuestión de continuar con la planificación y gestión del DAR para poder prevenirlo con éxito.

Muchas minas no producen DAR debido a las características geoquímicas inherentes de sus escombros o colas mineras o a las condiciones climáticas extremadamente áridas. Adicionalmente, las minas han

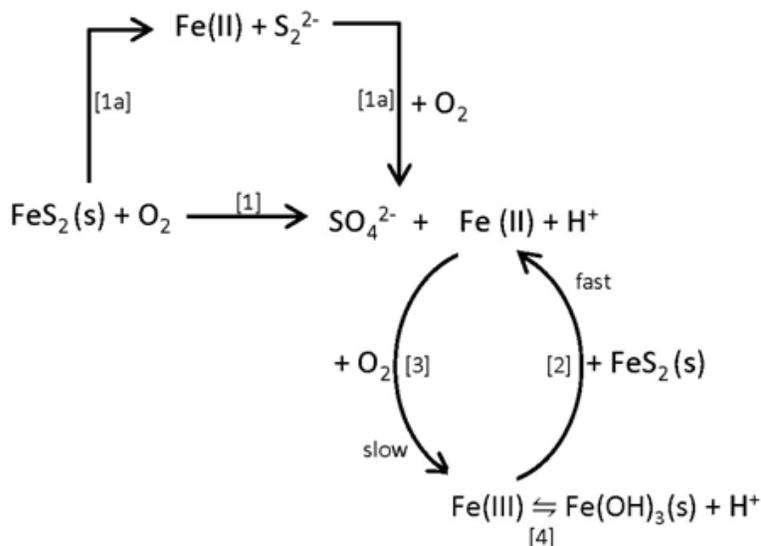
implementado medidas de prevención y programas de monitoreo con los cuales deberían poder evitar problemas significativos con el DAR.

Un enfoque global al manejo de los DAR reduce los riesgos ambientales y costos subsiguientes a la industria minera y al gobierno, además de reducir los impactos ambientales adversos, y consiguientemente promover el apoyo público a la minería. La medida y elementos particulares del enfoque al manejo del DAR adoptado e implementado en cada operación particular, se basará en factores específicos al sitio, y no estará limitado al potencial del proyecto para generar DARs.

## 2 FORMACION DE DRENAJE ACIDO DE ROCA

El proceso de oxidación de los minerales de sulfuro y la formación de DAR, NMD, y SD es muy complejo e involucra una multitud de procesos químicos y biológicos que pueden variar significativamente dependiendo de las condiciones ambientales, geológicas y climáticas (Nordstrom y Alpers, 1999). Los minerales del sulfuro en los depósitos de mena se forman bajo condiciones de reducción en la ausencia de oxígeno. Cuando los minerales de sulfuro se ven expuestos al oxígeno atmosférico o a las aguas oxigenadas por el efecto de la minería, procesamiento mineral, excavación, u otro proceso de trabajo minero, se pueden oxidar y desestabilizar. La Figura 3 presenta un modelo simplificado que describe la oxidación de la pirita, la cual es la culpable de la gran mayoría de los DARs (Stumm y Morgan, 1981). Las reacciones se han mostrado de manera esquemática y tal vez no representan los mecanismos exactos, pero la ilustración es una ayuda visual útil para comprender la oxidación del sulfuro.

**Figure 3: Model for the Oxidation of Pyrite (Stumm and Morgan, 1981).**



La reacción química que representa la oxidación de la pirita (reacción [1]) requiere de tres ingredientes básicos: pirita, oxígeno, y agua. Esta reacción puede ocurrir tanto de manera abiótica como biótica (o sea mediada a través de microorganismos). En el último caso, las bacterias tales como la *Acidithiobacillus ferrooxidans*, derivan su energía metabólica de oxidar el hierro ferroso a férrico, y pueden acelerar la velocidad de la reacción oxidante en muchas órdenes de magnitud comparadas con las tasas abióticas (Nordstrom, 2003). Además de la oxidación directa, la pirita puede disolverse y luego oxidarse (reacción [1a]).

Bajo la mayoría de circunstancias, el oxígeno atmosférico actúa como oxidante. Sin embargo, el hierro férrico acuoso, puede oxidar la pirita también, de acuerdo con la reacción [2]. Esta reacción es considerablemente más veloz (2 a 3 órdenes de magnitud) que la reacción con oxígeno y genera sustancialmente más acidez por molécula de pirita oxidada. Empero, esta reacción está limitada a las condiciones en que puedan ocurrir cantidades significativas de hierro férrico disuelto (o sea, condiciones ácidas: pH 4.5 y más bajas). La oxidación del hierro ferroso por el oxígeno (reacción [3]) se requiere para generar y llenar el hierro férrico, y se requieren condiciones ácidas para que éste último permanezca en solución y participe en el proceso de producción del DAR. Según se indicó en esta reacción, se necesita el oxígeno para generar el hierro férrico del hierro ferroso. Así mismo, la bacteria que puede catalizar esta reacción (principalmente los miembros del *Acidithiobacillus* genus) demandan oxígeno para la respiración celular aeróbica. Por lo tanto alguna cantidad nominal de oxígeno se necesita para que este proceso sea efectivo incluso cuando ha sido catalizado por una bacteria, y cuando los requerimientos de oxígeno son considerablemente menores que para la oxidación abiótica.

Un proceso de gran importancia ambiental relacionada con la generación de los DAR es el destino del hierro ferroso resultante de la reacción [1]. Se puede eliminar el hierro ferroso de la solución bajo condiciones ligeramente ácidas a alcalinas mediante la oxidación y la hidrólisis subsiguiente y la formación de hierro relativamente insoluble (reacción de hidróxidos [4]). En los casos en que se combinan las reacciones [1] y [4], como suele ser el caso cuando las condiciones no son ácidas (por ejemplo, pH > 4.5), la oxidación de la pirita produce dos veces la cantidad de acidez relativa a la reacción [1] como sigue:

$FeS_2 + 15/4O_2 + 7/2H_2O = Fe(OH)_3 + 2SO_4^{2-} + 4H^+$ , la cual es la reacción más comúnmente utilizada para describir la oxidación de la pirita.

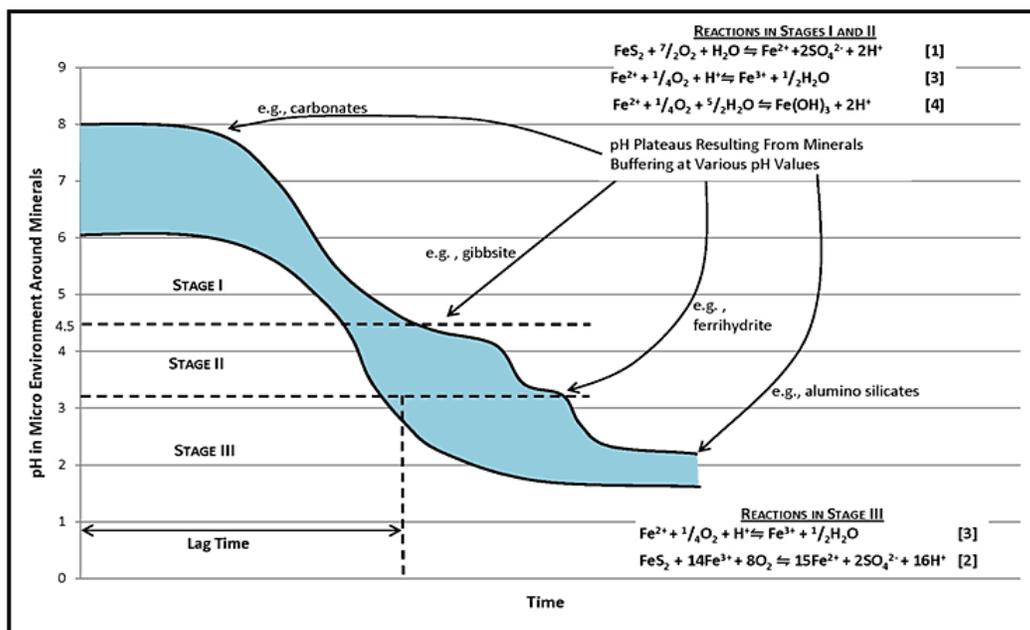
Aún cuando la pirita es en mucho el sulfuro dominante, responsable de la generación de acidez, los diferentes depósitos de mena contienen diferentes tipos de minerales de sulfuros. No todos estos minerales de sulfuro generan acidez al ser oxidados. Como regla general, los sulfuros de hierro (pirita, marcasita, pirrotina), sulfuros con relaciones moleculares metal/sulfuros de < 1, y las sales de sulfosales (por ejemplo enargita) generan ácido cuando reaccionan con el oxígeno y el agua. Los Sulfuros de metal con proporciones de metal/sulfuro = 1 (por ejemplo, esfalerita, galena, calcopirita) no tienden a producir acidez cuando el oxidante es el oxígeno. Sin embargo, cuando el oxidante es el hierro férrico acuoso, todos los sulfuros son capaces de generar acidez. Por lo tanto, el potencial de generación de ácido de un depósito de mena o de colas depende generalmente de la cantidad de sulfuro de hierro presente.

Las reacciones de neutralización también desempeñan un papel clave en la determinación de las características de composición del drenaje procedente de la oxidación de sulfuros. En cuanto a minerales de sulfuro, la reactividad, y en consecuencia la eficacia con que los minerales neutralizantes son capaces de amortiguar el ácido que se genera, puede variar ampliamente. La mayoría de los minerales de carbonato son capaces de disolverse rápidamente, lo que los convierte en buenos consumidores de ácido. Sin embargo, la hidrólisis de Fe o Mn disueltos tras la disolución de sus respectivos carbonatos y la precipitación de un mineral secundario puede generar acidez. Aunque por lo general más comunes que las fases de carbonatos, los minerales de aluminio tienden a ser menos reactivos y su amortiguamiento sólo puede tener éxito en la estabilización del pH cuando se han alcanzado condiciones ácidas. Los silicatos de calcio y magnesio se conocen como amortiguadores de los efluentes de minas a un pH neutral cuando las tasas de oxidación de sulfuro están muy bajas (Jambor, 2003).

La combinación de las reacciones de generación de ácido y neutralización ácida generalmente conducen a un desarrollo escalonado del DAR (Figura 4). Con el tiempo, disminuye el pH a lo largo de una serie de mesetas de pH regidas por la amortiguación de una serie de asociaciones minerales. El tiempo de latencia para la generación de ácido es una consideración muy importante en la prevención del DAR. Es mucho más eficaz (y generalmente mucho menos costoso en el largo plazo) controlar la generación de DAR en sus primeras etapas. El tiempo de retraso también tiene ramificaciones importantes para la interpretación de los resultados de las pruebas. Debido a que la primera etapa de la generación de DAR puede durar mucho tiempo, incluso para los materiales que eventualmente serán altamente generadores de ácido, es fundamental reconocer la etapa de oxidación a la hora de predecir el potencial de DAR. Los primeros resultados de las pruebas geoquímicas, por lo tanto, pueden no ser representativos de la estabilidad ambiental a largo plazo y de las descargas relacionadas. Sin embargo, los resultados de las primeras pruebas proporcionan datos valiosos para evaluar las condiciones futuras, tales como las tasas de consumo de los minerales neutralizantes disponibles.

Un corolario común de la oxidación de sulfuros es la lixiviación de metales (LM), dando lugar a la frecuente utilización de las siglas "DAR / LM" o "LM / DAR" para describir con mayor precisión la naturaleza de los vertidos ácidos de mina. Los metales principales y las trazas de metales en DAR, NMD, y SD se originan a partir de los sulfuros oxidantes y la disolución de minerales que consumen ácido. En el caso de Los DAR, el Fe y el Al son generalmente los metales disueltos principales, mientras que los metales traza como Cu, Pb, Zn, Cd, Mn, Co, y Ni también pueden alcanzar concentraciones elevadas. En las descargas de mina con un carácter más circumneutral, las concentraciones de metales traza tienden a ser menores debido a la formación de fases minerales secundarias y a una mayor adsorción. Sin embargo, ciertos parámetros permanecen en solución a medida que aumenta el pH, en particular, los metaloides As, Se, y Sb, así como metales traza (por ejemplo: Cd, Cr, Mn, Mo, y Zn).

Figura 4: Etapas en la Formación de DARs (INAP, 2009)

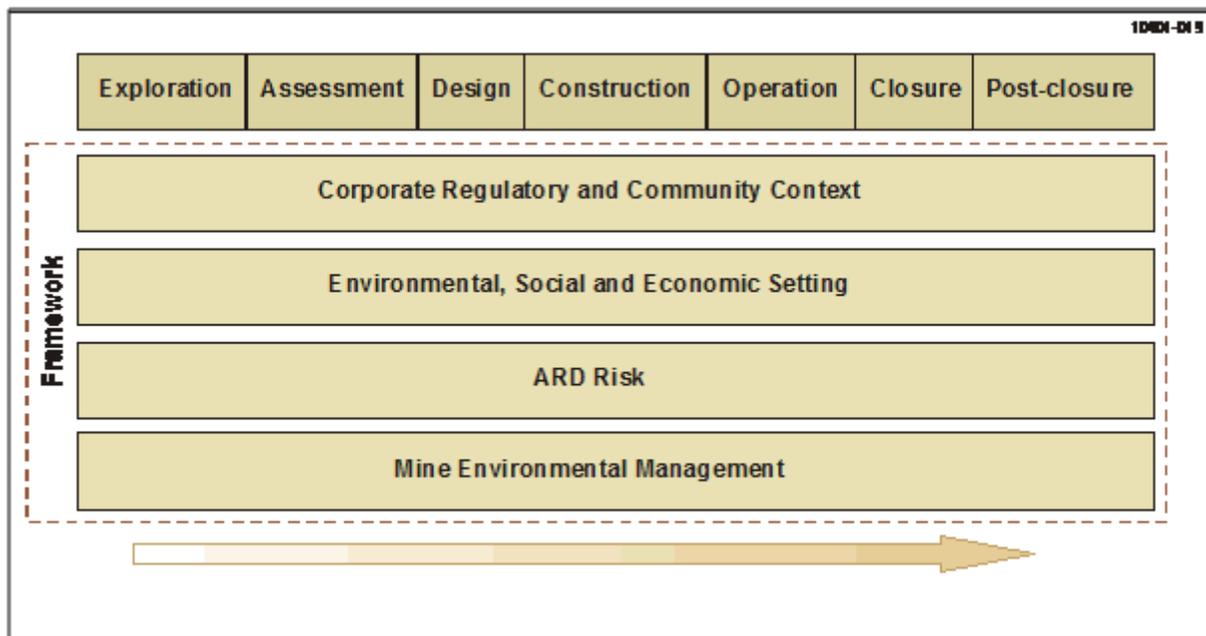


### 3 MARCO PARA LA GESTION DEL DRENAJE ACIDO DE ROCA

Los temas y enfoques para la prevención y gestión del DAR son los mismos en todo el mundo. Sin embargo, las técnicas específicas utilizadas para la predicción del DAR, la interpretación de los resultados de las pruebas de los DARs, y la administración del DAR puede variar en función del contexto local, regional o nacional y se deben adaptar al clima, la topografía y otras condiciones del sitio.

Por lo tanto, a pesar de las similitudes mundiales respecto a los DAR, no hay "un enfoque que calce a todos" para abordar la gestión de los mismos. La ubicación de cada mina es única y requiere una evaluación cuidadosamente considerada para encontrar una estrategia de gestión dentro del marco corporativo, normativo y social más amplio que se aplique al proyecto en cuestión. La configuración específica del sitio comprende la situación social, económica y ambiental en la que se encuentra la mina, mientras que el marco comprende las normas corporativas y reglamentarias vigentes además de los requisitos y expectativas específicas de la comunidad. Este marco se aplica durante el ciclo de vida completo de la mina y se ilustra conceptualmente en la Figura 5.

**Figura 5: Marco Conceptual de la Gestión del DAR (INAP, 2009)**



Todas las empresas mineras, independientemente de su tamaño, deben cumplir con la legislación nacional y los reglamentos relativos a los DAR de los países en que actúan. Se considera una buena práctica empresarial adherirse a la Guía Global del DAR, y en muchos casos, esta adhesión es una condición para financiamiento. Muchas compañías mineras han establecido claras directrices corporativas que representan la visión de la compañía respecto de las prioridades que deben abordarse y su interpretación de las mejores prácticas generalmente aceptadas relativas a los DARs. Es necesario tener cuidado para asegurar que se cumplan todos los reglamentos específicos de los países, ya que los lineamientos corporativos de los DAR no pueden ser un sustituto a las regulaciones del país.

Las empresas mineras operan dentro de las limitaciones de una "licencia social" que, idealmente, se basa en un amplio consenso con todos los interesados. Este consenso tiende a cubrir una amplia gama

de factores sociales, económicos, ambientales y elementos del gobierno (desarrollo sostenible). El DAR juega un papel importante en la licencia social de la mina debido al hecho de que el DAR tiende a ser una de las consecuencias ambientales más visibles de la minería. Los costos de cierre y la gestión del DAR posterior al cierre son cada vez más reconocidos como un componente fundamental de todas las propuestas y operaciones mineras de explotación. Alguna forma de garantía financiera es ahora un requisito en muchas jurisdicciones.

#### **4 CARACTERIZACION**

La generación, liberación, transporte y la atenuación de los DARs son procesos intrincados gobernados por una combinación de factores físicos, químicos y biológicos. Que el DAR se convierta en un problema ambiental depende en gran medida de las características de las fuentes, las vías y receptores implicados. Por lo tanto, la caracterización de estos aspectos es crucial para la predicción, prevención y gestión del DAR. Los programas de caracterización ambiental están diseñados para recopilar información suficiente que responda a las siguientes preguntas:

1. Es probable que se produzca un DAR? ¿Qué tipo de drenaje se espera (DAR / NMD / SD)?
2. ¿Cuáles son las fuentes del DAR? ¿Cuánto DAR se generará y cuándo?
3. ¿Cuáles son las vías de transporte significativas que llevarán los contaminantes al medio receptor?
4. ¿Cuáles son los impactos ambientales previstos por la liberación de los DARs al medio ambiente
5. ¿Qué puede hacerse para prevenir o mitigar o administrar los DARs?

Las características geológicas y mineralógicas del cuerpo mineral y la roca huésped son los principales controles al tipo de drenaje que se generará como consecuencia de la minería. Posteriormente, las características climatológicas e hidrológicas / hidrogeológicas del sitio definen la forma en que el drenaje de la mina y sus componentes serán transportados a través del medio receptor o receptores. Para evaluar estos temas, se requiere la pericia de múltiples disciplinas como: geología, mineralogía, hidrología, hidrogeología, geoquímica, (micro) biología, la meteorología, y la ingeniería.

Las características geológicas de los yacimientos minerales ejercen controles importantes y previsible sobre la firma medioambiental de las zonas mineralizadas (Plumlee, 1999). Por lo tanto, una evaluación preliminar del potencial del DAR debe hacerse basándose en el análisis de datos geológicos recogidos durante la exploración. La caracterización de línea base de las concentraciones de metales en diversos medios ambientales (es decir, agua, suelos, vegetación y biota) también pueden proporcionar una indicación del potencial para el DAR y sirve para documentar las concentraciones de metales potencialmente mucho más elevadas. Durante el desarrollo y operación de la mina, la evaluación inicial sobre el potencial del DAR se refina a través de los datos de caracterización detallados sobre la estabilidad del medio ambiente, los residuos y materiales de mineral. La magnitud y la ubicación de las descargas de las minas al medio ambiente también se identifican durante el desarrollo de la mina. Las investigaciones meteorológicas, hidrológicas e hidrogeológicas se llevan a cabo para caracterizar el grado y dirección del movimiento del agua dentro de la cuenca de la mina al evaluar las vías de transporte para los componentes de interés. Así mismo, se identifican los receptores biológicos potenciales dentro de los límites de las cuencas hidrográficas. Como consecuencia, durante la vida de la mina, el enfoque del programa de caracterización de los DAR se desarrolla a partir de las condiciones de base, hasta la predicción de la liberación de drenajes, el transporte, vigilancia y monitoreo de las condiciones ambientales y sus impactos.

Pese a las diferencias inherentes en cada mina (por ejemplo, en función del tipo de producto básico, el clima, la fase de la mina, el marco normativo), el enfoque general para la caracterización del sitio es similar:

- Definir la cantidad y calidad del drenaje potencialmente generado por diferentes fuentes
- Identificar las vías superficiales y las aguas subterráneas por las que el drenaje transportará contaminantes desde la fuente hasta el medio receptor
- Identificar los receptores que pueden ser afectados por la exposición al drenaje. Definir el riesgo de esta exposición.

Las figuras 6 y 7 presentan la cronología de un programa de caracterización del DAR e identifican las actividades de recolección de datos normalmente ejecutados durante cada fase de la mina. La mayor parte del esfuerzo de caracterización ocurre previo a los trabajos de minería, o sea durante la planificación, evaluación y diseño de la mina (a veces referida colectivamente como la fase de desarrollo). Además, se identifican los posibles impactos ambientales y se incorporan las medidas de prevención y mitigación adecuadas, destinadas a minimizar los impactos ambientales. Durante la puesta en marcha / fase de construcción y operación, se produce una transición de la caracterización del sitio al monitoreo, el cual continúa a lo largo de la clausura o cierre y la fase de post-cierre. El seguimiento continuo ayuda a comprender mejor el lugar de la mina y permite ajustar las medidas correctivas, pudiendo resultar en menores gastos de cierre y en una mejor gestión del riesgo.

Figura 6: Visión general del programa de caracterización de los DAR por fase de la mina (INAP, 2009)

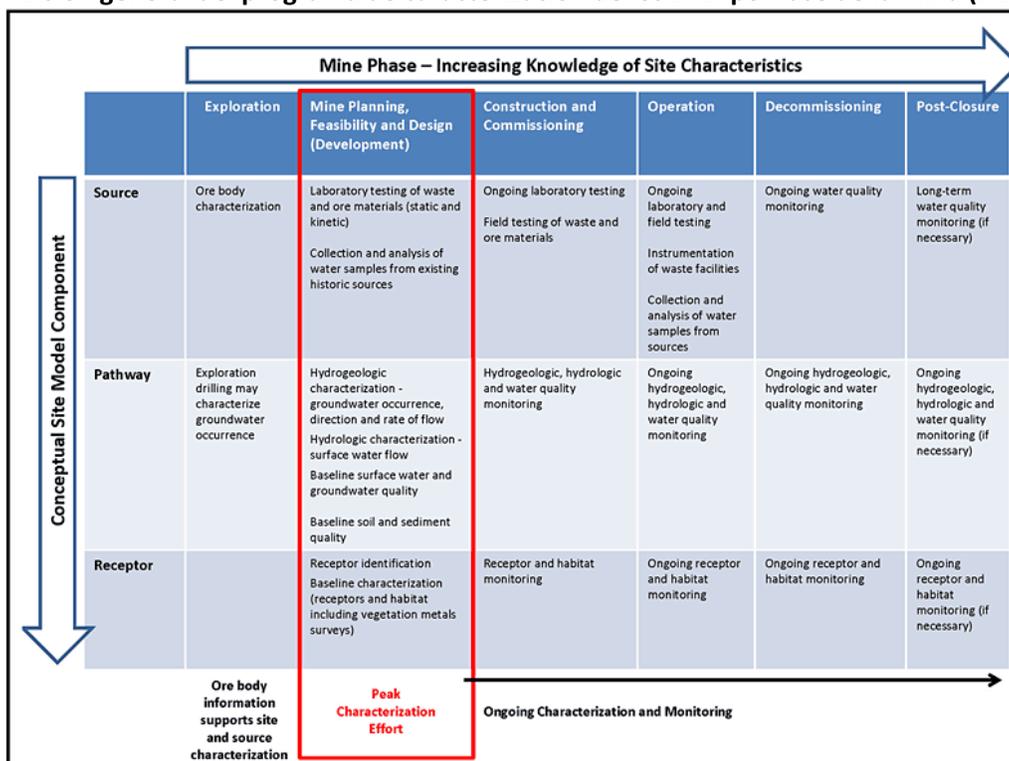


Figura 7: Programa de Caracterización de los DAR para Materiales de Fuente Individual en Cada Etapa de la Mina (INAP, 2009)

Mine Phase – Increasing Knowledge of Source Material Characterization							
	Exploration	Mine Planning, (Pre-) Feasibility and Design	Construction and Commissioning	Operation	Decommissioning	Post-Closure (Care and Maintenance)	
Waste or Facility Type – Potential ARD / NMD / SD Sources	<b>Waste Rock</b>	Drill core descriptions and assay data (petrology and mineralogy)  Block model (quantity of ore and waste)	Laboratory testing of drill core samples – sample selection targets waste <sup>(4)</sup>	Ongoing laboratory testing of drill core or development rock samples <sup>(4)</sup>  Field leach testing (barrels, test pads)	Ongoing laboratory testing <sup>(4)</sup>  Ongoing field leach testing  Collection and analysis of runoff and seepage samples from waste rock facility	Collection and analysis of runoff and seepage samples from waste rock facility	Collection and analysis of runoff and seepage samples from waste rock facility (if necessary)
	<b>Tailings</b>	Review of any historical data	Laboratory testing of pilot plant tailings <sup>(4)</sup>  Analysis of pilot testing supernatant.	Ongoing laboratory testing of pilot plant tailings <sup>(4)</sup>	Ongoing laboratory testing of tailings discharge <sup>(4)</sup>  Collection and analysis of supernatant and seepage samples from TSF	Collection and analysis of supernatant and seepage samples from TSF	Collection and analysis of supernatant and seepage samples from TSF (if necessary)
	<b>Ore</b>		Laboratory testing of drill core samples <sup>(4)</sup>		Ongoing laboratory testing <sup>(4)</sup>	If ore stockpiles exist, collection and analysis of runoff and seepage samples	
	<b>Pit</b>		Laboratory testing of drill core samples – sample selection targets pit walls <sup>(4)</sup>		Field scale leach testing (e.g., wall washing) Collection and analysis of water samples (i.e., runoff, sumps)	Collection and analysis of pit water and pit inflow(s) water samples	Collection and analysis of pit water samples (if necessary)
	<b>Under-ground Workings</b>		Laboratory testing of drill core samples – sample selection targets mine walls <sup>(4)</sup>		Collection and analysis of water samples (i.e., sumps, dewatering wells)	Collection and analysis of mine pool water samples	Collection and analysis of mine pool water samples (if necessary)

<sup>(4)</sup> Typical laboratory testing components: particle size, whole rock analysis, mineralogy, ABA, static and kinetic leach testing.

## 5 PREDICCIÓN

Uno de los principales objetivos de la caracterización del sitio es la predicción del potencial para la formación de DAR y la química del drenaje. Debido a que la predicción está directamente vinculada a la planificación de la mina, en particular con respecto a la gestión del agua y desechos, el esfuerzo de caracterización debe ser gradual en cada etapa de la planificación general del proyecto. Al inicio la caracterización tiende a ser genérica y por lo general evita los supuestos sobre el futuro de la ingeniería / diseño de la mina, mientras que a medida que avanza el proyecto la caracterización y modelización deben tener en cuenta e integrarse a las especificaciones de ingeniería / diseño de la mina. Podría ser necesaria la iteración ya que la evaluación del potencial del DAR puede dar lugar a la constatación de la necesidad de una nueva evaluación general del plan de la mina. La integración de la caracterización y el esfuerzo de predicción durante la operación de la mina es un elemento clave para el éxito en la gestión de los DAR.

La predicción exacta de los vertidos futuros de la mina requiere la comprensión de la toma de muestras, pruebas y procedimientos analíticos utilizados, la consideración de las características físicas y condiciones geoquímicas futuras, así como la identidad, ubicación y reactividad de los minerales contribuyentes. Todos los sitios en donde están ubicadas las minas son únicos por motivos relacionados con la geología, geoquímica, el clima, los productos básicos, el método de transformación, los

reglamentos y las partes interesadas específicos a cada uno de ellos. Por lo tanto, los programas de predicción deben adaptarse a la mina en cuestión. Además, los objetivos de un programa de predicción pueden ser variables. Por ejemplo, pueden incluir la definición de las necesidades de tratamiento de agua, selección de los métodos de mitigación, la evaluación del impacto de la calidad del agua, o la determinación de las cantidades de bonos de recuperación.

Las predicciones sobre la calidad del drenaje se hacen en un sentido cualitativo y cuantitativo. Las predicciones cualitativas se centran en evaluar si se pueden desarrollar condiciones ácidas en los desechos de las minas, con la correspondiente liberación de metales y acidez al drenaje de la mina. Cuando las predicciones cualitativas indican una alta probabilidad de generación del DAR, la atención se dirige a la revisión de alternativas para prevenir el DAR y el programa de predicción se reorienta al diseño y evaluación de estas alternativas.

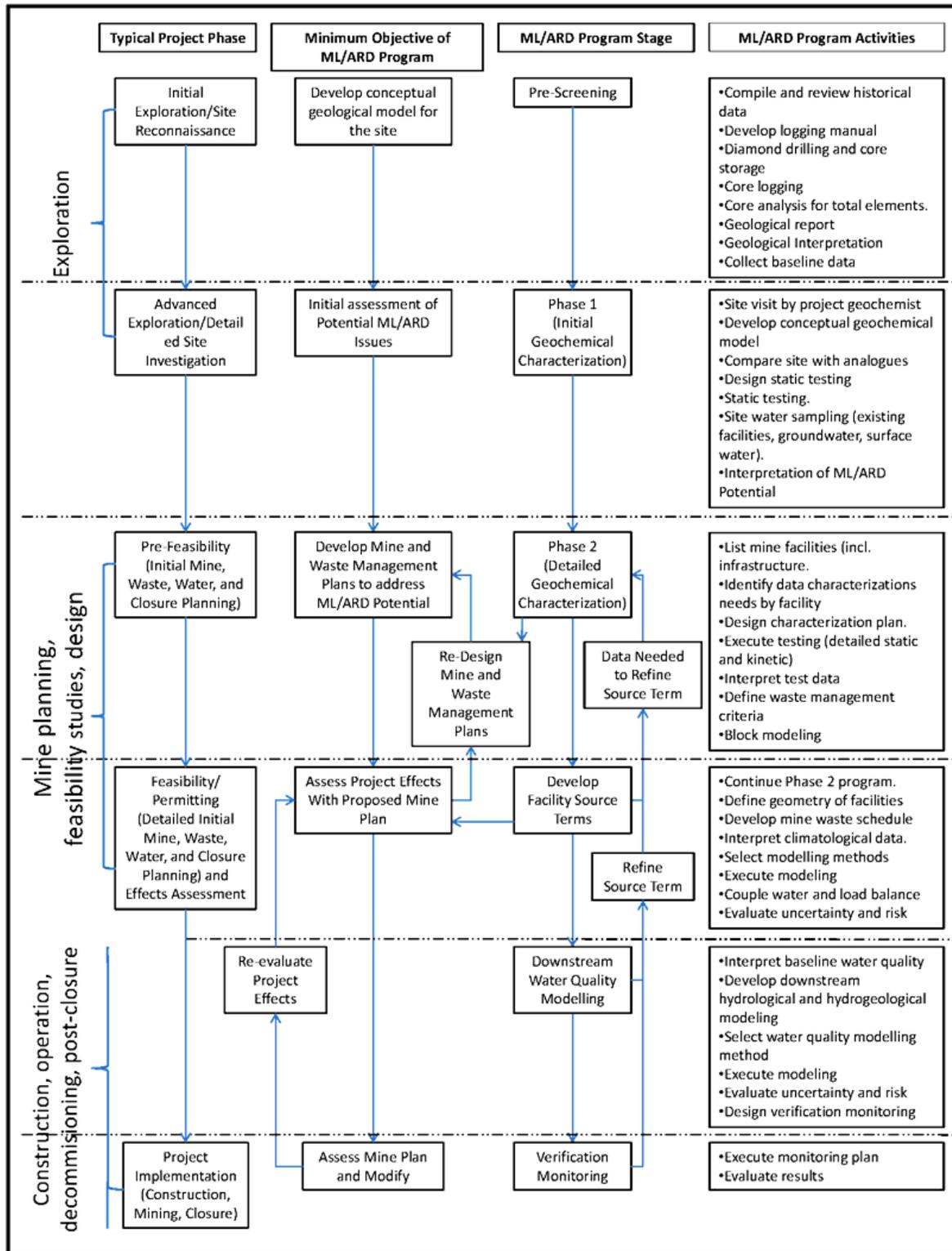
Se han logrado avances significativos en la comprensión del DAR en las últimas décadas, con avances paralelos en la predicción de la calidad de agua de mina y el uso de técnicas de prevención. Sin embargo, la predicción cuantitativa de la calidad del agua de mina puede ser un reto debido a la amplia gama de reacciones implicadas y los periodos potencialmente muy largos en que se producen estas reacciones. A pesar de estas incertidumbres, se han desarrollado predicciones cuantitativas utilizando criterios realistas (sin dejar de reconocer las limitaciones asociadas) las cuales han demostrado ser de gran valor para la identificación de opciones en la gestión del DAR y evaluación de sus posibles impactos ambientales.

La predicción de la calidad del agua de mina se basa generalmente en una o más de las siguientes:

- 1 Prueba de lixiviación de los residuos en el laboratorio
- 2 Prueba de lixiviación de los residuos en condiciones de campo
- 3 Caracterización Geológica, hidrológica, química y mineralógica de los materiales de desecho
- 4 Modelos Geoquímicos y otros

Los sitios con una operación análoga o los sitios históricos también son valiosos para la predicción del DAR, especialmente aquellos que han sido completamente caracterizadas y monitoreadas. El desarrollo de modelos geo-ambientales es uno de los ejemplos más prominentes de la metodología "analógica". Los modelos geo-ambientales, que son construcciones que interpretan las características ambientales de un yacimiento mineral dentro de un contexto geológico, proporcionan una manera muy útil para interpretar y resumir las firmas ambientales de la minería y de los yacimientos de minerales en un contexto geológico sistemático, que se puede aplicar para anticipar posibles problemas ambientales futuros en las minas, en las minas en operación y en sitios de interés comercial (Plumlee et al., 1999). Un enfoque genérico global para la predicción del DAR se ilustra en la Figura 8.

Figura 8: Estudio General del Enfoque de Predicción del DAR (INAP, 2009)



## 6 PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

El principio fundamental de prevención de los DARs consiste en aplicar un proceso de planificación y diseño para prevenir, inhibir, retardar o detener los procesos hidrológicos, químicos, físicos o microbiológicos que dan lugar a los impactos a los recursos hídricos. La prevención debe ocurrir en, o lo más cerca posible, al punto donde se origina el deterioro de la calidad del agua (es decir, la reducción de fuentes), o mediante la aplicación de medidas para prevenir o retrasar el transporte del DAR en el recurso hídrico (es decir, el reciclaje, tratamiento y / o la eliminación segura). Este principio es de aplicación universal, pero los métodos de aplicación son específicos al sitio en particular.

La prevención es una estrategia proactiva que evita la necesidad de aplicar el enfoque reactivo a la mitigación. Para un caso de DAR existente que afecte negativamente al medio ambiente, la mitigación por lo general será el curso de acción inicial. A pesar de esta acción inicial, se consideran medidas de prevención subsiguientes, a menudo con el objetivo de reducir la carga contaminante futura, y reducir así la necesidad continua de controles de mitigación. La integración de la prevención y el esfuerzo de mitigación en la operación de la mina es un elemento clave para el éxito de la gestión de los DAR.

Antes de identificar las medidas para evaluar la prevención y mitigación, se deben identificar los objetivos estratégicos. Este proceso debe considerar la evaluación de:

- Los riesgos cuantificables a los sistemas ecológicos, la salud humana, y otros receptores;
- Los criterios de calidad del agua de descarga específicos al sitio;
- Capital, costos de operación y mantenimiento de las medidas de mitigación o de prevención;
- Logística de las operaciones y mantenimiento a largo plazo, y
- Modos de longevidad y fallas anticipados requeridos.

Uno de los objetivos típicos para el control de los DARs es el de satisfacer los criterios ambientales mediante la técnica más rentable. La selección de la tecnología debe considerar las predicciones sobre la química de las aguas residuales, ventajas y desventajas de las opciones de tratamiento, el riesgo para los receptores, y el contexto normativo en relación con los vertidos de las minas.

Una planificación basada en riesgos y un enfoque en las formas de diseño constituyen la base de la prevención y mitigación. Esta solución se aplica durante todo el ciclo de vida de la mina, pero principalmente en las fases de evaluación y diseño. El proceso basado en riesgos pretende cuantificar los impactos a largo plazo de las alternativas y en utilizar este conocimiento para seleccionar la opción que tenga la combinación más deseable de atributos (por ejemplo, protección, aceptación reglamentaria, aprobación de la comunidad y costo). Las medidas de mitigación implementadas como parte de una eficaz estrategia de control deberían exigir un mínimo de intervención y administración activa.

La prevención es la clave para evitar una mitigación onerosa. El objetivo principal es la aplicación de métodos que reduzcan al mínimo las tasas de reacción del sulfuro, la lixiviación de metales y la migración posterior de los productos resultantes de la oxidación de sulfuros. Estos métodos implican:

- Reducir al mínimo el suministro de oxígeno
- Reducir al mínimo la infiltración del agua y la lixiviación
- Reducir al mínimo, eliminar o aislar los minerales de sulfuro

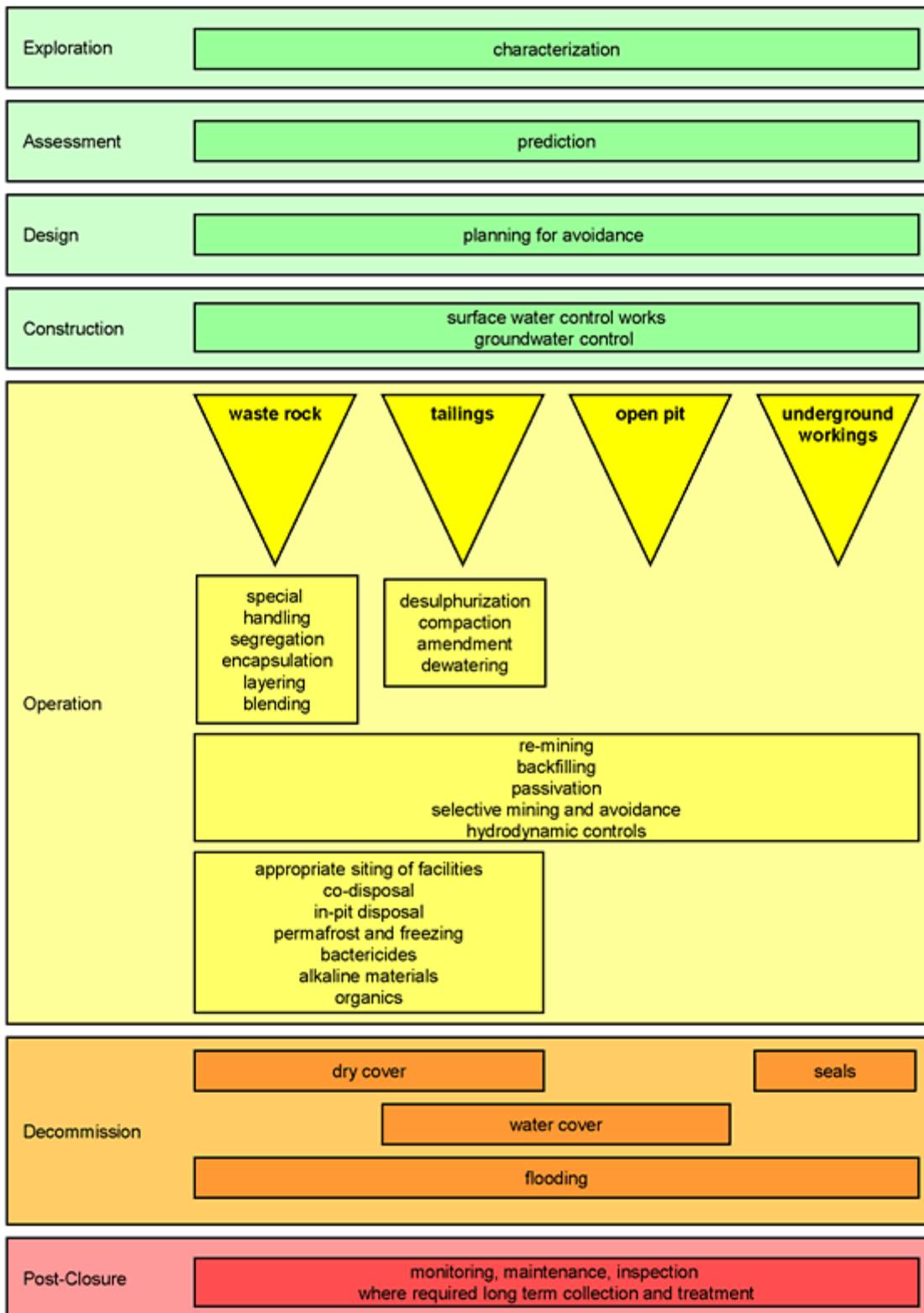
- Controlar el pH de la solución del agua intersticial
- Control de las bacterias y los procesos biogeoquímicos

Los factores que influyen en la selección de los métodos anteriores incluyen:

- 1 Geoquímica de los materiales de origen y el potencial de los materiales de origen para producir los DARs;
- 2 Tipo y características físicas y de la fuente, incluyendo el flujo de agua y el transporte de oxígeno; fase de desarrollo de la mina (hay más opciones disponibles en las primeras etapas);
- 3 Fase de oxidación (hay más opciones disponibles en las primeras etapas cuando el pH esta cerca del neutro y los productos de oxidación todavía no se han acumulado de forma significativa);
- 4 Tiempo en que la medida de control debe ser efectiva;
- 5 Condiciones del sitio (es decir, ubicación, topografía y los vacíos mineros disponibles, clima, geología, hidrología y la hidrogeología, la disponibilidad de materiales y la vegetación), y
- 6 Criterios de calidad del agua para los vertidos; la aceptación de los riesgos por las empresas y otras partes interesadas.

Puede ser necesaria una o más de una medida, o una combinación de medidas, para alcanzar el objetivo deseado. La figura 9 proporciona una visión genérica de las medidas de prevención del DAR más comunes y de las medidas de mitigación disponibles en las diferentes etapas del ciclo de vida de la mina.

**Figura 9: Estudio General de las Medidas de Prevención y Mitigación del DAR (INAP, 2009)**



## **7 TRATAMIENTO DEL DRENAJE ACIDO DE ROCA**

Una minería sostenible requiere de la mitigación, gestión y control de los impactos al medio ambiente causados por la minería. Los impactos de la minería sobre los recursos hídricos pueden ser de largo plazo y persistir en esta situación posteriormente al cierre. El tratamiento del drenaje de las minas puede ser un componente en la gestión global del agua de la mina en apoyo a la vida completa de la explotación minera. Los objetivos para el tratamiento de drenajes de las minas son variados. Podría ser deseable o necesaria la recuperación y reutilización del agua de la mina durante las operaciones de explotación minera para el procesamiento de menas y minerales, transporte de materiales, uso operativo (supresión de polvo, enfriamiento de la mina, el riego de las tierras recuperadas), etc. El tratamiento del drenaje de las minas, en este caso, tiene por objeto modificar la calidad de agua para que sea apta para el uso previsto dentro o fuera del sitio de la mina.

Otro de los objetivos del tratamiento del agua de mina es la protección a la salud humana y a la ecología en los casos en que personas o receptores ecológicos puedan entrar en contacto con el agua de la mina afectada por el uso directo o indirecto. El drenaje de la mina puede actuar como medio de transporte para una gama de contaminantes, que pueden tener repercusiones sobre los recursos hídricos dentro y fuera de las instalaciones de la mina. El tratamiento de las aguas eliminaría los contaminantes contenidos en el drenaje de la mina para evitar o mitigar los impactos ambientales.

En la gran mayoría de las jurisdicciones, todo vertido de drenaje de la mina a una corriente pública o a un acuífero debe ser aprobado por las autoridades reguladoras pertinentes, aun cuando los requisitos reglamentarios establecen cierta calidad para los vertidos de las minas o para el vertido de cargas de contaminantes asociados. Aun cuando en los países en desarrollo podrían no haber normas para la calidad de vertidos, generalmente aplican las normas de calidad internacionalmente aceptadas conforme a lo estipulado por los financiadores del proyecto y las políticas corporativas de la empresa. El enfoque para la selección de un método de tratamiento para el drenaje de la mina se basa en la comprensión profunda de los sistemas integrados de agua de mina y los circuitos y objetivos específicos que deben obtenerse. El enfoque adoptado para el tratamiento del desagüe de las minas se verá influido por una serie de consideraciones.

Antes de seleccionar el proceso de tratamiento, se debe preparar una declaración clara y una comprensión de los objetivos del tratamiento. Siempre se debe evaluar y utilizar el tratamiento de los drenajes de la mina dentro del contexto de un sistema integrado de agua de mina. El tratamiento tendrá un impacto en el flujo y en el perfil de calidad del sistema de agua, por lo que un sistema de tratamiento se debe seleccionar en función del flujo de agua de la mina, la calidad del agua, el costo y el uso final del agua.

La caracterización del drenaje de la mina en términos del flujo y las características químicas debe incluir la debida consideración a los cambios temporales y de temporada. Los datos respecto del flujo son especialmente importantes ya que esta información es necesaria para dimensionar el tamaño de cualquier sistema de tratamiento. De particular importancia son la precipitación extrema y el derretimiento de la nieve que requieren un dimensionamiento adecuado de los estanques de recolección y las tuberías y diques relacionados. Las propiedades químicas clave del drenaje de mina se refieren a la acidez o alcalinidad, al contenido de sulfuros, salinidad, contenido de metales, y la presencia de compuestos específicos asociados a las operaciones mineras, tales como el cianuro, amoníaco, nitrato, arsénico, selenio, molibdeno y radionucleidos. También hay un número de componentes del drenaje de minas (por ejemplo, dureza, sulfatos, sílice), que pueden no ser de

preocupación reglamentaria o ambiental en todas las jurisdicciones, pero que podrían afectar la selección de una tecnología de tratamiento de agua sobre otra. La manipulación y eliminación de los residuos de la planta de tratamiento, y residuos como lodos y salmueras y sus características químicas también deben constituir un factor en las decisiones sobre un tratamiento.

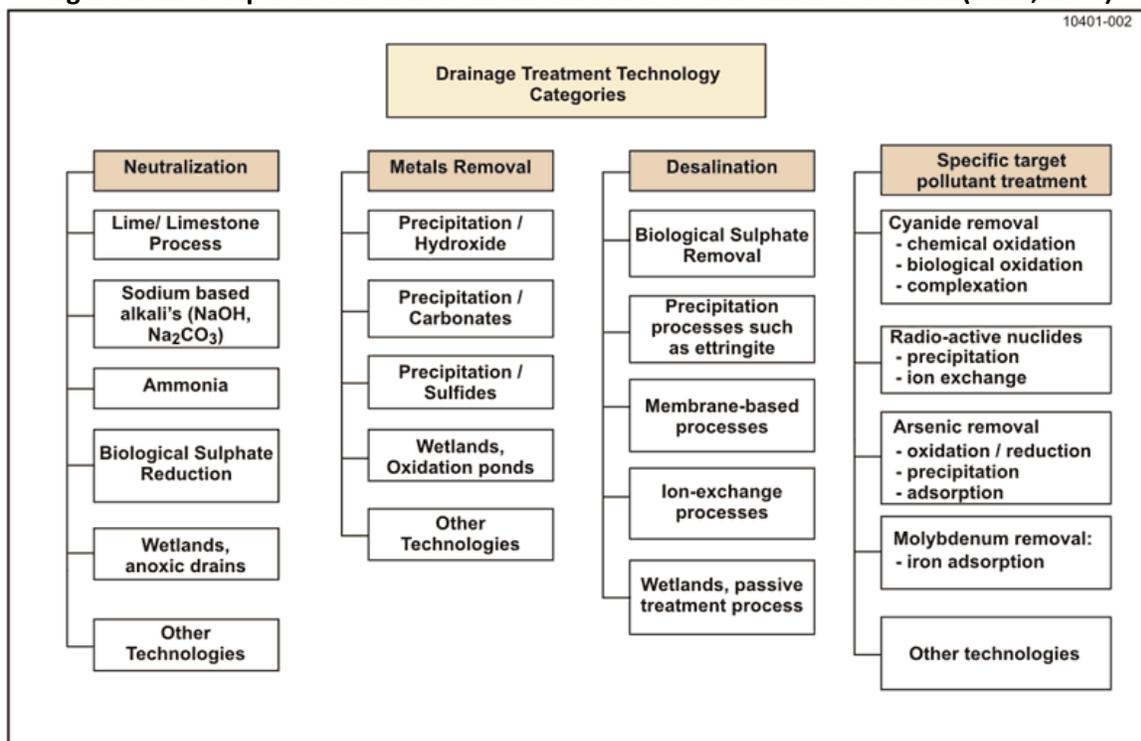
Una planta para el tratamiento del drenaje de la mina debe tener la flexibilidad suficiente para tratar con el aumento / disminución de las corrientes de agua, el cambio en las calidades del agua y los requisitos reglamentarios durante el transcurso de la vida de la mina. Esto puede dictar una implementación gradual y el diseño y construcción modulares. Además, la fase posterior al cierre puede imponer limitaciones específicas al funcionamiento continuo y mantenimiento de una instalación de tratamiento.

Las consideraciones prácticas relacionadas con las características del sitio de la mina que influirán en la construcción, operación y mantenimiento de una instalación de tratamiento de drenaje de mina, son las siguientes:

- Diseño y topografía de la mina
- Espacio
- Clima
- Fuentes de drenaje minero que alimentan la instalación de tratamiento
- Ubicación de los usuarios de aguas tratadas

La Figura 10 presenta una gama genérica de las alternativas de tratamiento del DAR.

**Figura 10: Descripción Genérica de las Alternativas de Tratamiento del DAR (INAP, 2009)**

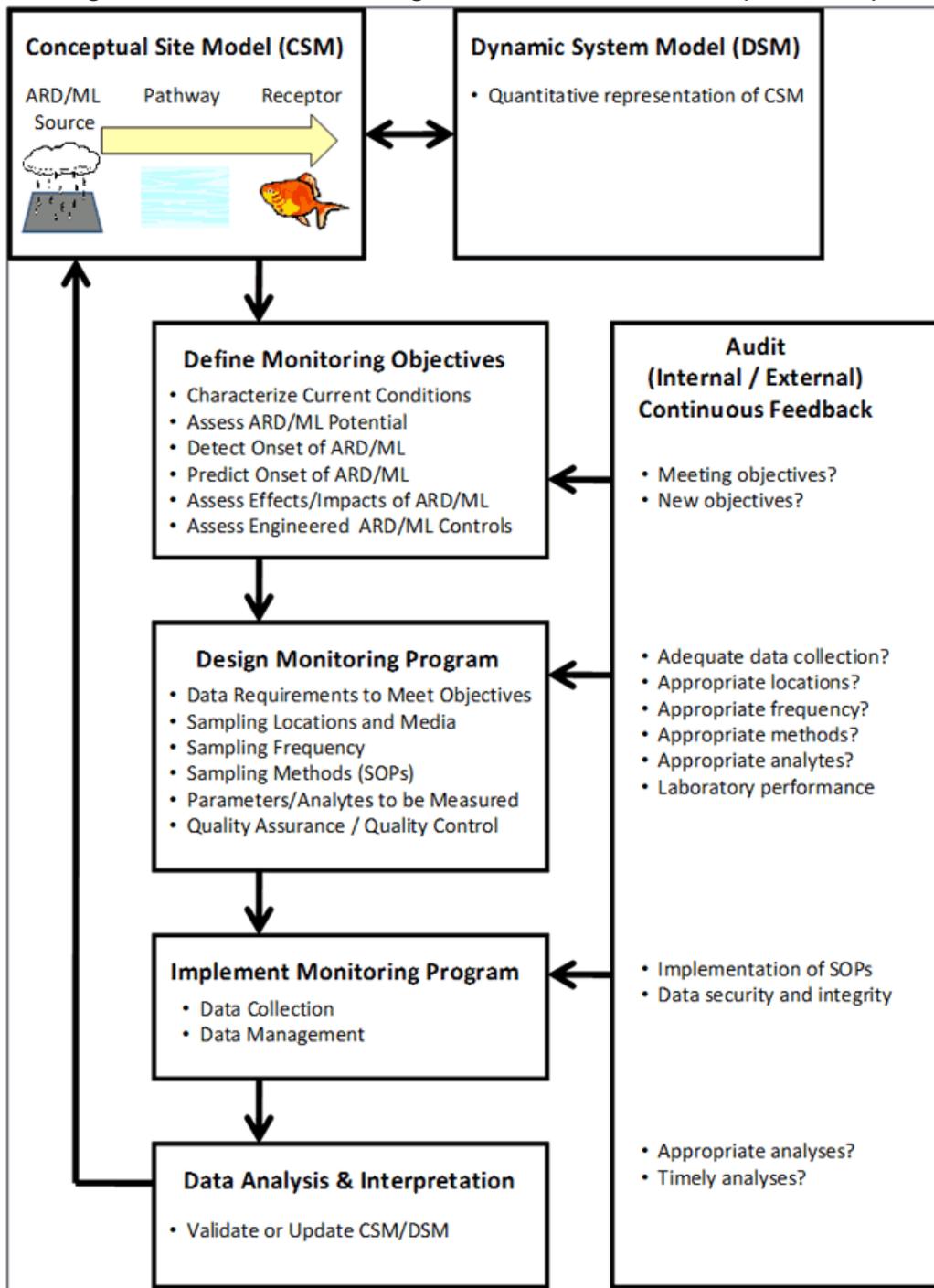


## **8 MONITOREO DEL DRENAJE ACIDO DE ROCA**

El monitoreo es el proceso de rutinaria, sistemática y deliberadamente recopilar información para ser utilizada en la toma de decisiones de gestión-. El monitoreo del sitio de la mina tiene como objetivo identificar y caracterizar los cambios ambientales por las actividades mineras para evaluar las condiciones en el sitio y los posibles impactos a los receptores. El monitoreo consiste de observaciones indirectas (por ejemplo, registro de información sobre el medio ambiente) y de la investigación (por ejemplo, estudios como los ensayos de toxicidad cuando las condiciones ambientales están controladas). El monitoreo es fundamental en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de los DAR, por ejemplo, cuando se requiera se debe evaluar la eficacia de las medidas de mitigación y la aplicación posterior de los ajustes a esas medidas de mitigación.

El desarrollo de un programa de monitoreo del DAR inicia con la revisión del plan de la mina, la ubicación geográfica y las características geológicas. El plan de la mina proporciona información sobre la ubicación y la tamaño de la superficie de la mina, así como de las perturbaciones del subsuelo, el procesamiento y molienda del mineral, las áreas de eliminación de las colas, los lugares de vertido de efluentes, las extracciones de aguas subterráneas y las derivaciones de aguas superficiales. Esta información se utiliza para identificar las posibles fuentes del DAR, las posibles vías para liberar los DARs al medioambiente receptor, y los receptores que pueden verse afectados por estas emisiones y las actividades de mitigación que podrían ser necesarias. A menudo se requiere un enfoque de cuenca para el seguimiento del DAR (incluidas las aguas subterráneas) debido a que la extensión espacial de un programa de monitoreo debe incluir todos estos componentes. El seguimiento tiene lugar en todas las etapas del desarrollo del proyecto, desde la etapa pre-operativa hasta la etapa posterior al cierre. Sin embargo, durante la vida útil de una mina cambian los objetivos, componentes y la intensidad de las actividades de seguimiento. En la Figura 11 se presenta el desarrollo y los componentes de un programa genérico de monitoreo de los DARs.

Figura 11: Desarrollo de un Programa de Monitoreo del DAR (INAP, 2009)



## 9 EVALUACION DEL DESEMPEÑO Y GESTION DEL DRENAJE ACIDO DE ROCA

La gestión de los DAR y la evaluación de su desempeño se describen generalmente en el plan de gestión ambiental del sitio o sino en el plan de gestión de los DAR específico al sitio. El plan de gestión del DAR representa la integración de los conceptos y tecnologías descritas anteriormente en este capítulo.

También hace referencia al proceso de diseño de ingeniería y a los sistemas de gestión operacional empleados por las compañías mineras.

La necesidad de un plan de gestión del DAR formal suele surgir como resultado de una caracterización de los DAR, el programa de predicción o por los resultados del monitoreo del sitio. El desarrollo, evaluación y mejora continua del plan de gestión del DAR es constante a lo largo de la vida de la mina. El desarrollo, ejecución y evaluación del plan de gestión DAR normalmente sigue la secuencia de los pasos que se ilustran en la Figura 12. Como se muestra en esta figura, el desarrollo del plan de gestión DAR inicia con el establecimiento de metas y objetivos claros. Estos podrían incluir la prevención del DAR o lograr el cumplimiento con los criterios específicos de calidad del agua. La idea es prever el entorno biofísico, registros reglamentarios y jurídicos, requerimientos de la comunidad y corporativos y las consideraciones financieras. Los programas de caracterización y predicción identifican la magnitud potencial del DAR y sientan las bases para la selección y diseño de tecnologías de mitigación y prevención adecuadas. El proceso de diseño incluye una serie de pasos iterativos en que se evalúan las tecnologías de control del DAR y luego se combinan en un sistema robusto de gestión y control (es decir, el plan de gestión DAR) para el sitio específico. Se puede utilizar el diseño inicial de la mina para desarrollar el plan de gestión DAR necesario para la evaluación ambiental (EA). El diseño final suele desarrollarse en paralelo con los permisos del proyecto.

El plan de gestión DAR identifica los materiales y colas de la mina que requieren un manejo especial. La evaluación y gestión de riesgos están incluidas en el plan para perfeccionar las estrategias y las medidas de ejecución. Para ser eficaz, el plan de gestión DAR debe integrarse plenamente con el plan de la mina. Los controles operativos tales como los procedimientos operativos estándar (SOP), los indicadores clave de rendimiento (KPI) y los programas de garantía de calidad / control de calidad (QA / QC) se deben establecer para orientar su aplicación. El plan de gestión DAR identifica los roles, responsabilidades y deberes del personal de las minas de explotación. Los sistemas de gestión de datos, análisis y presentación de informes se incluyen para seguir el progreso del plan.

En el siguiente paso, se lleva a cabo el monitoreo con el fin de comparar el rendimiento de campo contra los objetivos de diseño y los objetivos del plan de gestión. Se revisan o validan los supuestos planteados en los programas de caracterización, predicción y en el diseño de la prevención y medidas de mitigación. Se evalúan los "aprendizajes" extraídos del seguimiento y evaluación y se incorporan al plan como parte de una mejora continua.

Se comprueba la rendición de cuentas en la aplicación del plan de gestión para garantizar que todos los responsables están cumpliendo con los requisitos estipulados en el plan. Se deben realizar las revisiones o auditorías internas y externas para evaluar el rendimiento del personal, sistemas de gestión, y los componentes técnicos para ofrecer perspectivas adicionales en cuanto a la aplicación del plan de gestión DAR. Se requiere efectuar una revisión por sitio y por gestión corporativa de todo el plan para garantizar que el plan se sigue adhiriendo a las políticas corporativas y del sitio. En esta etapa se puede llevar a cabo una evaluación de riesgos y de gestión adicionales para evaluar los efectos de los cambios en las condiciones o en el plan. Finalmente, los resultados se evalúan contra las metas. Si se alcanzan los objetivos, la evaluación del desempeño y la supervisión continúa durante toda la vida de la mina, actualizándola periódicamente contra los objetivos. Si los objetivos no se cumplen, entonces es obligatorio hacer un re-diseño y una re-evaluación del plan de gestión y una evaluación del desempeño y de los sistemas de monitoreo para la prevención y mitigación del DAR. Este esfuerzo adicional también podría requerir una mayor caracterización y predicción del DAR.

El proceso descrito en la Figura 12 resultada en la mejora continua del plan de gestión DAR y de su aplicación, y ofrece la posibilidad de modificaciones al plan de la mina. Si el plan de gestión DAR inicial es sólido, se puede adaptar más fácilmente a los cambios en el plan de la mina.

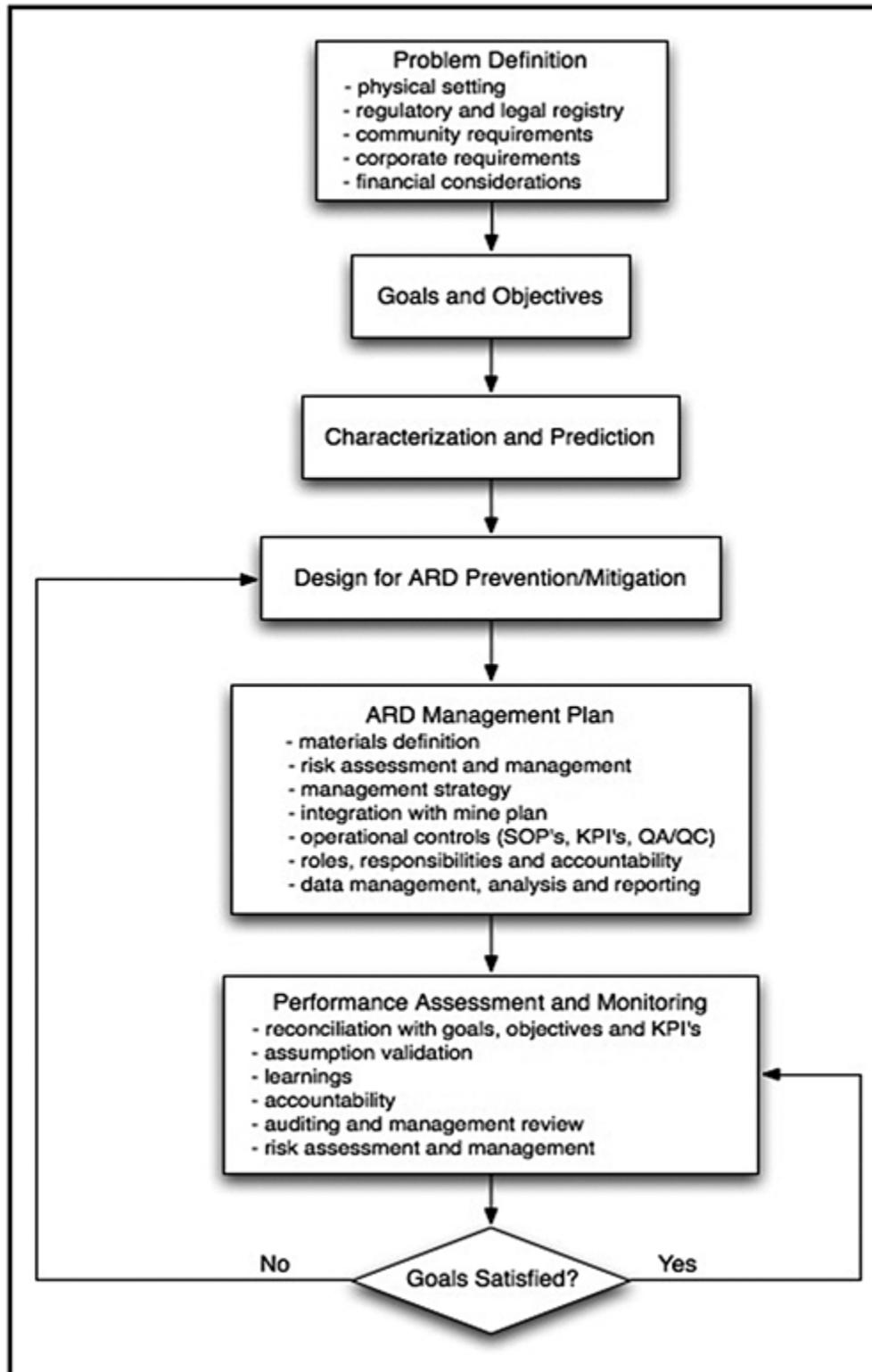
La implementación del plan de gestión DAR se basa en una jerarquía de las herramientas de gestión. Las políticas corporativas ayudan a definir los estándares corporativos o del sitio que conllevan a los procedimientos normalizados de operación y a los KPIs específicos para el sitio y los operadores de guía en la aplicación del plan de gestión DAR. Cuando no existen políticas o normas empresariales los proyectos y las acciones se deben basar en las mejores prácticas de la industria.

## **10 COMUNICACION Y CONSULTA SOBRE EL DRENAJE ACIDO DE ROCA**

En las últimas décadas ha mejorado dramáticamente el nivel de conocimiento acerca de cómo se genera el DAR y cómo se mitiga en la industria minera, la academia y las agencias reguladoras. Sin embargo, para que este conocimiento sea significativo para la amplia gama de partes interesadas que están generalmente involucradas en proyectos mineros, es necesario que se traduzca en un formato que pueda ser fácilmente comprendido. Esta consulta debe transmitir las predicciones sobre la calidad del drenaje futuro y la eficacia de los planes de mitigación, su grado de seguridad y medidas de contingencia para hacer frente a esa incertidumbre. Un diálogo abierto sobre lo que se conoce, y lo que se puede predecir con distintos niveles de confianza, ayuda a fomentar la comprensión y la confianza, y en última instancia resulta en un mejor plan de gestión DAR.

La comunicación y consulta con las partes interesadas acerca de los problemas del DAR es esencial para la licencia social de operación de la empresa. Debido a la naturaleza altamente visible del DAR, se requiere personal muy calificado y medidas especiales para comunicarse con eficacia, además de la participación de representantes de todas las disciplinas técnicas pertinentes en una empresa minera.

Figura 12: Flujograma de la Evaluación del Desempeño y Revisión de la Gestión DAR (INAP, 2009)



## 11 RESUMEN

El drenaje ácido de roca es uno de los problemas ambientales más graves que enfrenta la industria minera. Antes de iniciar un proyecto minero se debe evaluar a profundidad la probabilidad del DAR en la mina y después a lo largo de la vida de la mina de manera continua. En consonancia con los principios de sostenibilidad, las estrategias para hacer frente al DAR deben centrarse en la prevención o minimización y no en el control o tratamiento. Estas estrategias se formulan dentro de un plan de gestión DAR, que se desarrollará en las primeras fases del proyecto, junto con los requisitos de seguimiento para evaluar el desempeño. La integración del plan de gestión DAR con el plan de operación de la mina es fundamental para prevenir el DAR con éxito. Aun cuando las principales prácticas de gestión del DAR siguen evolucionando, tienden a ser específicas al sitio y por lo tanto requieren conocimientos especializados.

## 12 REFERENCIAS

International Network for Acid Prevention (INAP), 2009. The Global Acid Rock Drainage Guide. <http://www.address> to be determined.

Jambor, J.L. 2003. Mine-Waste Mineralogy and Mineralogical Perspectives of Acid-Base Accounting. In: Environmental Aspects of Mine Wastes (Eds.: Jambor, J.L., D.W. Blowes, and A.I.M. Ritchie). Short Course Series Volume 31. Mineralogical Association of Canada.

Nordstrom, D.K. 2003. Effects of Microbiological and Geochemical Interactions in Mine Drainage. In: Environmental Aspects of Mine Wastes (Eds. Jambor, J.L., D.W. Blowes, and A.I.M. Ritchie). Short Course Series Volume 31. Mineralogical Association of Canada.

Nordstrom, D.K., and Alpers, C.N. 1999. Geochemistry of Acid Mine Waters. In: The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Part A: Processes, Techniques and Health Issues (Eds.: Plumlee, G.S., and M.J. Logsdon). Reviews in Economic Geology Vol 6A. Society of Economic Geologists, Inc.

Plumlee, G.S. 1999. The Environmental Geology of Mineral Deposits. In: The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Part A: Processes, Techniques and Health Issues (Eds.: Plumlee, G.S., and M.J. Logsdon). Reviews in Economic Geology Vol 6A. Society of Economic Geologists, Inc.

Plumlee, G.S., K.S., Smith, M.R., Montour, W.H. Ficklin, and Mosier. E.L. 1999. Geologic Controls on the Composition of Natural Waters and Mine Waters Draining Diverse Mineral-Deposit Types. In: The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Part B: Case Studies and Research Topics (Eds.: Filipek, L.H. and G.S. Plumlee). Reviews in Economic Geology Vol 6B. Society of Economic Geologists, Inc.

Stumm, W. and Morgan, J.J. 1981. Aquatic Chemistry. Second Edition. New York: John Wiley & Sons.

## APENDICE F. PLAN DE MUESTREO Y ANALISIS

### GUIA Y PLANTILLA

VERSION 2, SERVICIO PRIVADO DE ANALISIS UTILIZADO  
R9QA/002.1  
Abril, 2000

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos  
REGION 9

[http://ndep.nv.gov/BCA/file/reid\\_sap.pdf](http://ndep.nv.gov/BCA/file/reid_sap.pdf)

Esta guía de Plan de Muestreo y Análisis (SAP) se basa en la guía de la USEPA como podemos ver en [http://ndep.nv.gov/BCA/file/reid\\_sap.pdf](http://ndep.nv.gov/BCA/file/reid_sap.pdf). Su intención es ayudar a organizar los documentos referentes a los requerimientos de procedimientos y análisis para la base y monitoreo rutinario de las muestras de aguas superficiales y profundas, suelo y muestras biológicas. Originalmente se desarrolló para caracterizar el suelo contaminado pero fue modificado aquí para llevar a cabo el muestreo de análisis de laboratorio, y control de calidad/ seguridad de la calidad para la evaluación de pre minería, minería y las condiciones biológicas e hidrológicas pos minería. Esta guía se debe utilizar como plantilla. Nos proporciona instrucciones detalladas ítem por ítem para crear un SAP e incluye un texto ilustrativo que se puede utilizar con o sin modificaciones.

### 1 INTRODUCCION

[Esta sección debe incluir una descripción breve del proyecto, incluyendo la historia, el problema a investigar, el campo del esfuerzo de muestreo, y todos los tipos de análisis requeridos. Posteriormente se detallarán estos temas, así que, no incluyan una discusión detallada aquí.]

#### Nombre de Sitio o Área de Muestreo

[Proporcione el nombre más común del sitio o área de muestreo.]

#### Ubicación del Sitio o Área de Muestreo

[Proporcione una descripción general de la región, o distrito en la cual se ubica el sitio o área de muestreo. Posteriormente en la Sección 2 se debe proporcionar la información detallada de la ubicación del sitio de muestreo.]

#### Organización Responsable

[Proporcione una descripción de la organización que realiza el muestreo.]

#### Organización del Proyecto

[Proporcione el nombre y número(s) de teléfono de las persona(s) y/o contratista (s) trabajando en el proyecto de muestreo según como esta enumerado en la tabla. La tabla se puede modificar para incluir títulos o posiciones apropiadas para cada proyecto específico. Elimine el personal o los títulos no apropiados al proyecto.]

**Título/ Nombre de Responsable y Teléfono**

**Gerente de Proyecto**

**Personal**

**Gerente de Control Calidad**

**Contratista (Nombre de la Compañía)**

**Contratista de Personal**

**1.4 Declaración de un Problema Específico**

[Cuando describa el problema, incluya información histórica como también reciente, información que sea relevante. Enumere y brevemente resuma cualquier reclamo de parte de los ciudadanos, las inspecciones realizadas por las agencias públicas y la información existente. Si es posible incluya las fuentes de información.]

**2 ANTECEDENTES**

Esta sección proporciona una visión general de la ubicación y los problemas aparentes asociados al sitio o área de muestreo, previa a su investigación. [Proporcione una descripción breve del sitio o área de muestreo, incluyendo los químicos utilizados en el sitio, la historia del sitio, operaciones o actividades pasadas y presentes que hayan contribuido a la posible contaminación, etc.]

**2.1 DESCRIPCION DEL SITIO O AREA DE MUESTREO [COMPLETAR LOS ESPACIOS EN BLANCO.]**

[Se deben proporcionar dos mapas del área: el primero (Figura 2.1), en un escala mayor, debe ubicar el área dentro de su región geográfica; el segundo (Figura 2.2), en una escala menor, debe marcar el sitio o área de muestreo dentro del área local. Se pueden proporcionar mapas adicionales, si es necesario, para mayor claridad. Los mapas deben incluir una flecha apuntando al norte y una flecha apuntando al flujo del agua (si es apropiado), edificios presentes o edificios históricos, el área a ser explotada, área de permiso, área a ser perturbada, etc. Si la información de longitud y latitud está disponible por favor proporciónela, Ej. Sistema de Posición Global (GPS). Las ubicaciones del muestreo pueden observarse en la Figura 2.2.]. El texto ilustrativo es el que se muestra a continuación:

El sitio o área de muestreo ocupa \_\_\_\_\_ [Ej.: hectáreas o metros cuadrados] en un \_\_\_\_\_ [Ej.: área urbana, comercial, industrial, residencial, agrícola o no desarrollada]. El sitio o área de muestreo linda al norte con \_\_\_\_\_, en el oeste con \_\_\_\_\_, al sur con \_\_\_\_\_, y al este con \_\_\_\_\_. La ubicación específica del sitio o área de muestreo se muestra en la Figura 2.2.

---

---

---

---

---

**El Segundo párrafo (o párrafos) deben describir estructuras históricas y actuales, y deben ser consistentes con lo que se muestra en la Figura 2.2.**

**2.2 HISTORIA OPERACIONAL**

[Si aplica, describa específicamente (o sea, utilice varios párrafos) las actividades pasadas y presentes del sitio o área de muestreo. La discusión puede incluir la siguiente información:

- Una descripción del propietario(s) y/ o operador (es) del sitio o área cerca del sitio, la cuenca de interés, el área de muestreo, etc. (plantee esta información en orden cronológico);
- Una descripción de las operaciones y actividades pasadas y actuales que hubieran contribuido a la posible contaminación del sitio;
- Una descripción del proceso realizado durante la operación (es) y las sustancias en detrimento del medio ambiente utilizadas durante el proceso;
- La descripción de cualquier práctica pasada o presente de manejo de desechos.
- Si existe un sitio de desecho donde se generen desechos dañinos debido a uno o más de los procesos descritos anteriormente, ¿adónde están, cómo y dónde están almacenados en el sitio o área de muestreo? Y finalmente ¿cómo los desechan? En caso de ser un ecosistema, ¿cuáles fuentes de punto y difusas podrían haber afectado al río, arroyo, lago o cuenca?

### 2.3 INVESTIGACIONES PREVIAS / INVOLUCRAMIENTO REGULATORIO

[Si aplica] [Resuma todos los esfuerzos de muestreo en el sitio o área de muestreo. Incluya la fecha(s) de muestreo; nombre de la parte o partes que llevaron a cabo el muestreo; si son locales, regionales, o agencias gubernamentales; la justificación para el muestreo; el tipo de medio muestreado (Ej. suelo, sedimento, agua); los métodos de laboratorio que fueron utilizados; y una discusión de lo que se sabe sobre la calidad y usabilidad de la información. Los resúmenes que se deben presentar en las subdivisiones de acuerdo al medio que ha sido tomado para las muestras (Ej., suelo, agua, etc.) y cronológicamente dentro de cada medio. Se deben adjuntar los informes o tablas de resumen o incluir un apéndice, si es necesario.]

### 2.4 INFORMACION GEOLOGICA

[Únicamente muestreos de agua subterránea][Proporcione una descripción de la hidrogeología del área. Indique la dirección del flujo de agua subterránea, si se conoce.]

### 2.5 IMPACTO AMBIENTAL Y/O HUMANO

[Discuta lo que se sabe de los impactos probables y reales que el problema ambiental pueda causar a la salud humana al medio ambiente.]

## 3 OBEJTIVOS DE LA CALIDAD DE DATOS DEL PROYECTO

*Los objetivos de calidad de los datos (OCD) son una declaración cualitativa y cuantitativa para establecer el criterio de calidad de la información y desarrollar los diseños para recolectar la información.*

### 3.1 TAREA DEL PROYECTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

[Describa los propósitos de la investigación ambiental en términos cualitativos y como se utilizará la información. Generalmente, esta información es breve y genérica. Incluye todas las medidas hechas en una base analítica específica independientemente del medio que se va a muestrear (suelo, sedimento, agua, etc.). Esta discusión debe relacionar como este esfuerzo de muestreo apoyará las decisiones específicas descritas en la Sección 3.2.]

### 3.2 OBJETIVOS DE CALIDAD DE LOS DATOS (OCD)

*Los objetivos de calidad de los datos (OCD) son los criterios cuantitativos y cualitativos que establecen el nivel de incertidumbre asociado a un conjunto de datos. Esta sección debe describir las decisiones que se toman con base en la información y criterios proporcionados.*

**[Discutir los Objetivos de Calidad de los Datos, niveles de acción, y decisiones con base en los datos aquí proporcionados.]**

### 3.3 INDICADORES DE CALIDAD DE LOS DATOS (ICD)

*Los indicadores de Calidad de los Datos (exactos, precisos, completos, representativos, comparativos, y métodos de detección de límites) se refiere al criterio de control de calidad establecido por varios aspectos de la recolección de datos, muestreo, o actividad de análisis. Al definir el ICD específicamente para el proyecto, se define el nivel de incertidumbre asociado con cada medida. Las definiciones de los diferentes términos se proporcionan a continuación:*

- *Exactitud es el grado de acuerdo con una medida de valor conocido o verdadero. Para determinar la exactitud, se compara un valor de laboratorio o de campo con una concentración conocida o verdadera. La exactitud se determina mediante indicadores QC como por ejemplo: fortificaciones de la matriz, fortificaciones de reemplazo, muestras de control de laboratorio (fortificaciones ciegas) y muestras de desempeño.*
- *La precisión es el grado de acuerdo mutuo en medio o entre medidas independientes de una propiedad similar (usualmente) reportada como una desviación estándar [SD] o una diferencia porcentual relativa [DPR]. Este indicador se relaciona al análisis de duplicados de las muestras tanto de laboratorio como de campo. Un DPR de <20% para agua y un <35% para suelo, dependiendo del químico analizado en ese momento, es generalmente aceptable. Normalmente la precisión de campo se evalúa mediante muestras ubicadas, duplicados de campo o divisiones de campo y la precisión de laboratorio se evalúa mediante duplicados de laboratorio, duplicados de fortalecimiento de la matriz, o los duplicados de muestras de control del laboratorio.*
- *La integridad se expresa como el porcentaje de información válida utilizable realmente obtenida en comparación con la cantidad que se esperaba obtener. Debido a una variedad de circunstancias, a veces no todas las muestras programadas para ser recolectadas se pueden recolectar o la información de las muestras no se puede utilizar (por ejemplo, las muestras perdidas, botellas quebradas, fallas en el equipo, equivocaciones del laboratorio, etc.). El porcentaje mínimo de análisis completado como se ha definido en esta sección depende de cuanta información se necesita para la toma de decisiones. Generalmente, la meta de los completos sube entre menos sea el número de muestras tomadas por evento o entre más críticos sean los datos para la toma de decisiones. Una meta de entre un 75 a 95% es lo normal.*
- *Representatividad es la expresión del grado al cual los datos correcta y precisamente representan la característica de una condición ambiental o poblacional. Se relaciona tanto al área de interés como al método de toma de las muestras individual. La idea de representación se debe incorporar a la discusión del diseño de la muestra. La representación se asegura mejor a través de un diseño de muestreo estadístico global, pero se reconoce que éste está usualmente fuera del ámbito de muchos eventos únicos. La mayor parte de los SAP únicos se deben enfocar en asuntos relacionados con los muestreos críticos y en el porqué ciertas áreas se incluyen o no y los pasos tomados para evitar falsos positivos o falsos negativos.*
- *La comparabilidad expresa la confianza con la que un conjunto de datos se puede comparar a otros. El uso de los métodos de la EPA o “Métodos Estándar” o de otra fuente reconocida permite que la información sea comparada facilitando la evaluación de tendencias o cambios en un sitio, un río, agua subterránea, etc. La comparabilidad también se refiere a los informes en unidades comparativas a manera de simplificar las comparaciones directas (Ej., esto evita la*

*comparación de mg/L para el nitrato reportado como nitrógeno a mg/L de nitrato reportados como nitrato, o discusiones de ppm vs. mg/L).*

- *Los límites de detección (usualmente expresados como método de límites de detección para todos los analitos o compuestos de interés) se deben incluir en esta sección para cualquier análisis solicitado. Estos límites deben relacionar cualquier decisión que se tome como resultado del esfuerzo de recolección de datos. Un elemento crítico que se debe abordar es como estos límites se relacionan a cualquier nivel regulatorio o de acción que se pueda aplicar.*

*Las Tablas ICD están disponibles de la oficina de CC para los métodos más rutinarios solicitados. Estas tablas se pueden anexar al SAP y se pueden referenciar en esta sección. Si una organización o su contratista o laboratorio desean utilizar límites o criterios de aceptación diferentes, la tabla se debe modificar de manera concordante. Los POEs se deben incluir para los métodos no cubiertos por las tablas ICD o se pueden entregar en lugar de las tablas. Debido a limitaciones de recursos generalmente sólo se evalúan los aspectos ICD de estos POEs.*

**[Proporcione o haga referencia a las tablas ICD aquí]**

### **3.4 REVISION Y VALIDACION DE DATOS**

*En esta sección se debe discutir la revisión de los datos, incluyendo cuáles organizaciones o individuos serán responsables de los aspectos de revisión de datos y lo que la revisión incluye.*

**[Discuta la revisión y validación de datos aquí, incluyendo las organizaciones o individuos responsables de los aspectos de revisión de datos y lo que incluye la revisión. Esta sección también deberá hablar sobre cómo se designará, indicará o de otra manera manejará la información que no satisface los objetivos de calidad de datos. También se necesita mencionar las posibles acciones correctivas asociadas con el rechazo de datos, tal y como el re-análisis, el re-muestreo, o no tomar acción pero monitorear los datos más de cerca el próximo trimestre, etc.]**

### **3.5 MANEJO DE DATOS**

**[Proporcione una lista con los pasos a tomar para asegurar que los datos se transfieran correctamente de la recolección al análisis y a la generación de informes. Discutir las medidas a tomar para revisar los procesos de recolección de datos, incluyendo notas de campo u hojas de datos de campo; para obtener y revisar informes de laboratorio completos; y revisar los datos del sistema de entrada, incluyendo su uso en informes. Se aceptan listas de verificación.]**

### **3.6 SUPERVISION DE LA EVALUACION**

**[Describa los procedimientos que se utilizarán para implementar el Programa de CC. Esto incluirá la supervisión del Gerente de Control de Calidad o de la persona asignada a las tareas de CC. Indique que tan seguido tomará lugar la revisión de CC de los diferentes aspectos del proyecto, incluyendo auditorías de campo y procedimientos de laboratorio, utilice muestras de desempeño, revisión de laboratorio y datos de campo, etc. Describa que autoridad tiene el Gerente de CC o la persona asignada las tareas de CC para asegurar que el campo identificado y los problemas analíticos sean corregidos y el mecanismo por medio del cual se logrará esto.]**

## **4 JUSTIFICACION DEL MUESTREO**

*Para cada evento de muestreo, el SAP debe describir las ubicaciones del muestreo, y los analitos de interés en cada ubicación. La justificación se debe proporcionar para cada una de las opciones. Las*

*siguientes secciones se sub dividen en una base de medio específico entre el suelo, sedimento, agua, y medios biológicos. Otros medios se deben añadir según sean necesarios. Esta sección es crucial para la aprobación del plan y debe estar estrechamente relacionada a los OCD discutidos anteriormente.*

#### **4.1 MUESTREO DE SUELOS**

[Proporcione una visión general del evento de muestreo del suelo. Presente la justificación para elegir cada ubicación de muestreo en el sitio o área de muestreo y la profundidad en la que cada muestra debe ser tomada, si es relevante. Si las decisiones se tomarán en el campo, incluya los detalles sobre los criterios que se utilizarán para tomar estas decisiones (es decir, el árbol de decisión a seguir). Enliste los analitos de interés en cada ubicación y proporcione un fundamento explicando por qué se eligió el químico específico o grupos de químicos (Ej. metales trazas etc.). Incluya la ubicación de los sitios de muestreo en la Figura 2.2 o su equivalente.]

#### **4.2 MUESTREO DE SEDIMENTOS**

[Proporcione una visión general del evento de muestreo de sedimentos. Presente la justificación para elegir cada ubicación de muestreo en el sitio o área de muestreo y la profundidad en la que cada muestra debe ser tomada del río o lago, si es relevante. Si las decisiones se tomarán en el campo, incluya los detalles sobre los criterios que se utilizarán para tomar estas decisiones (es decir, el árbol de decisión a seguir). Enliste los analitos de interés en cada ubicación y proporcione un fundamento explicando por qué se eligió el químico específico o grupos de químicos (Ej. metales trazas etc.). Incluya la ubicación de los sitios de muestreo en la Figura 2.2 o su equivalente.]

#### **4.3 MUESTREO DEL AGUA**

[Proporcione una visión general del evento de muestreo de agua. Para las aguas subterráneas, pozos describa el objeto del muestreo o de cómo las muestras se recogieron (por ejemplo, el hidro punzón), incluyendo la profundidad a la que las muestras deben ser tomadas. Para las aguas superficiales describa la profundidad y naturaleza de las muestras recolectadas (aguas de movimiento rápido o lento, atravesando corrientes, etc.) Presentar una justificación para la elección de cada punto de muestreo o del muestreo de campo. Si las decisiones se tomarán en el campo, incluya los detalles sobre los criterios que se utilizarán para tomar estas decisiones (es decir, el árbol de decisión a seguir). Enliste los analitos de interés en cada ubicación y proporcione un fundamento explicando por qué se eligió el químico específico o grupos de químicos (Ej. metales trazas etc.). Incluya la ubicación de los sitios de muestreo en la Figura 2.2 o su equivalente.]

#### **4.4 MUESTREO BIOLÓGICO**

[Proporcione una visión general del evento de muestreo de sedimentos. Presente la justificación para elegir cada ubicación de muestreo en el sitio o área de muestreo incluidos los parámetros de interés en cada lugar. Si las decisiones se tomarán en el campo, incluya los detalles sobre los criterios que se utilizarán para tomar estas decisiones (es decir, el árbol de decisión a seguir).

##### **4.4.1. Muestra Biológica para el Análisis Químico**

[Para el muestreo donde la flora o la fauna se analizarán para detectar la presencia de una sustancia química (pescado recolectado para el análisis de los tejidos), explique por qué está incluido el producto químico o un grupo específico de productos químicos (por ejemplo, metales, plaguicidas organoclorados, etc.). Enliste los tipos de muestras que se deben recoger (Ej. Pez, por especie o tamaño, etc.) y explique cómo estos serán representativos. Incluya la ubicación del muestreo en la Figura 2.2 o equivalente.]

#### 4.4.2. Muestra Biológica para la Identificación de Especies y Evaluación de Hábitat

**[Si la finalidad del muestreo es recolectar insectos u otros invertebrados hay que hacer una evaluación del hábitat, se debe proporcionar una justificación para que el muestreo se lleve a cabo. Por ejemplo, ¿Cuáles especies les interesa y porqué? ]**

### 5 SOLICITUD DE ANALISIS

*En esta sección se debe discutir el apoyo analítico para el proyecto, en función de varios factores, incluyendo los análisis solicitados, los analitos de interés, plazos de entrega, recursos disponibles, laboratorios disponibles, etc. Si las muestras se envían a más de una organización, debe quedar claro a cuál laboratorio se envían cuáles muestras. Los análisis de campo para el pH, conductividad, turbidez, u otra prueba de campo se deben discutir en la sección de muestreo. Los análisis de campo) Ej. Los tests se deben debatir en esta sección de muestreo y diferenciarse de las muestras que se enviarán a un laboratorio fijo. Las pruebas de campo de detección (por ejemplo, las pruebas de inmuno ensayo) se deben discutir en la sección de muestreo, pero las pruebas de confirmación se debatirán aquí y se incluirán los totales en los cuadros.*

**[Complete la siguiente subsección narrativa sobre el análisis de cada matriz. Además, llene los cuadros del 5-1 hasta el 5-5, según el caso. Se debe completar cada cuadro a manera de ofrecer una lista de parámetros de análisis para cada tipo de muestra. Se incluirá información sobre los tipos de envases, los volúmenes de las muestras, conservantes, manejo especial, y tiempos de retención analítica para cada parámetro. Las muestras de Control de Calidad (CC) (vacías, duplicadas, divididas, y las muestras de control de calidad del laboratorio, véase la sección 10 para una mayor descripción) se deben indicar en la columna titulada "Designación Especial." El volumen adicional necesario para las muestras de laboratorio de control de calidad (para muestras de agua solamente) se deben señalar en la tabla. No es necesario utilizar las tablas, pero la información crítica sobre el número de muestras, matriz, análisis solicitados y la identificación de la muestra de control de calidad se debe proveer de alguna forma. Los análisis seleccionados deben ser coherentes con la discusión anterior sobre los ICD y los analitos de interés. La información ICD para los métodos se deben discutir en la sección 8 respecto de los requisitos de control de calidad.]**

#### 5.1 NARRATIVA DEL ANÁLISIS

**[Llene los espacios en blanco. Proporcione información para cada análisis solicitado. Elimine la siguiente información, según proceda. Incluya en esta sección cualquier solicitud especial, como el tiempo de devolución (2 semanas o menos), requisitos especiales de CC, o técnicas de preparación de las muestras modificadas.]**

#### 5.2 LABORATORIO ANALÍTICO

**[Se debe incluir en el SAP un Plan de CC del laboratorio o POEs de los métodos a realizar.]**

### 6 METODOS Y PROCEDIMIENTOS DE CAMPO

*En el párrafo de introducción general a esta sección se debe incluir una descripción de los métodos y procedimientos que se utilizarán para lograr los objetivos de muestreo; por ejemplo, "... recoger del suelo, muestras de sedimentos y de agua." Cabe señalar que el personal involucrado en el muestreo debe usar guantes limpios, desechables del tipo adecuado. La discusión de muestreo debe rastrear las muestras identificadas en la Sección 4.0 y la (s) Tabla (s) 5-1, 5-2, 5-3, o 5-4. Se debe incluir una declaración general refiriéndose a las secciones que contienen información sobre el seguimiento y envío*

*de muestras (punto 7). Es necesario proporcionar una descripción de los procedimientos de muestreo. Abajo se proporcionan ejemplos de los procedimientos, pero se pueden utilizar los procedimientos propios de la organización en su lugar. En ese caso, adjunte una copia de la aplicación de POE aplicable.*

## 6.1 EQUIPO DE CAMPO

### 6.3.1. Lista del Equipo Requerido

**[Haga una lista de todos los equipos que se utilizarán en el campo para tomar muestras, incluyendo equipos de descontaminación, si es necesario. Discuta la disponibilidad de equipos de respaldo y piezas de repuesto.]**

### 6.3.2. Calibración del Equipo de Campo

**[Describa los procedimientos mediante los cuales los equipos de campo se preparan para el muestreo, incluidas las normas de calibración utilizadas, la frecuencia de la calibración y las rutinas de mantenimiento. Indique dónde se guardarán los registros del mantenimiento y calibración del equipo para el proyecto.]**

## 6.2 REVISION DE CAMPO

*En algunos proyectos se puede utilizar una combinación de evaluación de campo utilizando un método menos preciso o sensible en conjunto con la confirmación de las muestras analizadas en un laboratorio fijo. En esta sección se describen estos métodos o referencias anexadas a los POE. Ejemplos de esto son los análisis de suelo, como los conjuntos de gas del suelo o el inmune ensayo.*

**[Describa cualquier método de revisión de campo a ser utilizado en este proyecto incluyendo las muestras que serán recolectadas, preparadas y analizadas en el campo. Incluya en un apéndice, según sea apropiado, los POE cubriendo estos métodos. También se deberá describir la confirmación de los resultados de la revisión. La importancia de la revisión de campo en la toma de decisión del sitio también deberá ser mencionada aquí si aun no ha sido discutida anteriormente.]**

## 6.3 SUELO

### 6.3.1. Muestreo de la Superficie de Suelo

**[Utilice esta sub sección para describir la recolección de muestras de la superficie de suelo que se recolectaran de 15 a 30 centímetros debajo de la superficie del suelo. Especifique el método (Ej. Llanas manuales) que se utilizarán para recolectar las muestras y utilice el texto a continuación o haga una referencia a la sección apropiada de los POE para las Muestras de Suelo.]**

**[Si se determina la ubicación exacta de la muestra de suelo en el campo, esta deberá ser descrita. Proporcione el criterio que se utilizará para determinar los puntos para el muestreo, tal y como accesibilidad, señales potenciales de contaminación (Ej. suelos teñidos, ubicación anterior donde se almacenaba el tanque de combustible, etc.), y características topográficas que podrían indicar la ubicación del sitio donde se eliminaban las sustancias peligrosas (Ej., depresiones que podrían indicar una excavación histórica).]**

Las ubicaciones exactas de los puntos de muestreo de suelos en el campo se determinarán con base en la accesibilidad, señales visible de contaminación potencial, (Ej. suelos teñidos), y características topográficas que pudieran indicar la eliminación de sustancias peligrosas (ej. depresiones que podrían indicar una excavación histórica). Los puntos para el muestreo de suelos serán registrados en la bitácora

una vez que el muestreo hubiese finalizado. Se registrará en la bitácora un dibujo de la ubicación del área de muestreo y también etiqüete cualquier otro punto de referencia física. Si posible, se darán las distancias de los puntos de referencia.

**[Si van a analizar muestras de suelo superficial para detectar (Compuestos no volátiles y otros analitos orgánicos, utilice este párrafo, de lo contrario bórrelo)]**

Las muestras de suelo se recolectarán como muestras al azar (muestras independientes, discretas) de una profundidad de 0 a \_\_\_ centímetros bajo tierra (bgs). Las muestras de suelo superficial serán recolectadas utilizando una paleta manual de acero inoxidable. Se recolectarán primero las muestras a ser analizadas para detectar compuestos orgánicos volátiles (ver a continuación). Las muestras a ser analizadas para detectar \_\_\_\_\_ [indique todos los métodos analíticos para muestras de suelo excepto para compuestos orgánicos volátiles] serán re-colectadas utilizando una paleta manual de acero inoxidable. Las muestras analizadas para detectar compuestos orgánicos volátiles se deben recoger primero y colocadas en una cubeta desechable para muestras y homogenizadas con una paleta. El material en la cubeta será transferido con una paleta de la cubeta al envase de muestreo apropiado. Los envases de muestreo se llenarán hasta arriba, evitando que pedazos de suelo queden atrapados en la tapadera antes de cerrarlos, para así prevenir la migración de contaminantes potenciales hacia o desde la muestra. Los recipientes de muestras se cerrarán una vez llenos, enfriados a 4°C si es adecuado, y procesados para su envío al laboratorio.

**[Si van a analizar muestras de suelo superficial para detectar otro compuesto que no sean (Compuestos volátiles, utilice este párrafo, de lo contrario bórrelo)]**

Las muestras de suelo se recolectarán como muestras al azar (muestras independientes, discretas) de una profundidad de 0 a \_\_\_ [centímetros o metros] bajo tierra (bgs). Las muestras de suelo superficial serán recolectadas utilizando una paleta manual de acero inoxidable. Las muestras analizadas se colocarán en una cubeta desechable para muestras y homogenizadas con una paleta. El material en la cubeta será transferido con una paleta de la cubeta al envase de muestreo apropiado. Los envases de muestreo se llenarán hasta arriba, evitando que pedazos de suelo queden atrapados en los hilos de la tapadera antes de cerrarlos, para así prevenir la migración de contaminantes potenciales hacia o desde la muestra. Los recipientes de muestras se cerrarán una vez llenos, enfriados si es adecuado, y procesados para su envío al laboratorio.

**[Si van a analizar muestras de suelo superficial para detectar otro compuesto que no sean (Compuestos volátiles, utilice este párrafo, de lo contrario bórrelo)]**

Las muestras de suelo para el análisis VOC se recogerán como muestras al azar (muestras discretas, e independientes) a una profundidad desde 0 hasta \_\_\_\_\_ [centímetros o metros] bajo la superficie del suelo (bgs). Las muestras de suelo superficial se recolectarán mediante un dispositivo de muestreo Encore de 5 gramos, y se recolectan en triplicado. Las muestras se sellan utilizando un muestreador Encor y una bolsa del tipo Zip Lock o si no se transfieren directamente del muestreador al vial VOA que contiene 10 mLs de metanol o una solución de bisulfato de sodio. Los recipientes de muestras se cerrarán una vez llenos, enfriados de inmediato a 4 grados C antes de envolverlos en plástico de burbujas y procesados para su envío al laboratorio.

### 6.3.2. Muestreo del Subsuelo

**[Utilice esta subsección para los muestreos del subsuelo que se recolectan a 30 cm o más por debajo de la superficie. Especifique el método (Ej. Perforadoras manuales) que será utilizado para llegar a la profundidad apropiada y luego indique la profundidad en la cual se van a recolectar las muestras y los métodos que se utilizarán para recolectar las mismas y luego transfiera las muestras a los envases apropiados o indique la sección apropiada para el POE de un Muestreo de Suelo.**

**Si se hace referencia a los POE, deberán incluirlos en un Apéndice.]**

Si se determina la ubicación exacta de los puntos de muestreo en el suelo al nivel de campo, se debe hacer notar. Se debe indicar el o los criterios que se utilizarán para determinar los sitios de muestreo, tales como la accesibilidad, los signos visibles de una probable contaminación (por ejemplo, los suelos manchados), y las características topográficas, que pueden indicar la localización de puntos de eliminación de sustancias peligrosas (por ejemplo, las depresiones que pueden indicar una excavación histórica). También debería haber un debate sobre posibles problemas, tales como el rechazo del subsuelo.

**[Incluya este párrafo primero si se va a determinar en el campo la ubicación exacta de los puntos de muestreo, de lo contrario bórrelo.]**

Las ubicaciones exactas de los puntos de muestreo de suelos en el campo se determinarán con base en la accesibilidad, señales visible de contaminación potencial, (Ej. suelos teñidos), y características topográficas que pudieran indicar la eliminación de sustancias peligrosas (ej. depresiones que podrían indicar una excavación histórica). Los puntos para el muestreo de suelos serán registrados en la bitácora una vez que el muestreo hubiese finalizado. Se registrará en la bitácora un dibujo de la ubicación del área de muestreo y también etiqúete cualquier otro punto de referencia física. Si posible, se darán las distancias de los puntos de referencia.

**[Si es necesario analizar muestras del subsuelo para detectar componentes volátiles, utilice este párrafo; de lo contrario bórrelo.]**

Las muestras que van a ser analizadas para detectar algún compuesto orgánico volátil serán recolectadas primero. Las muestras del sub suelo serán recolectadas al taladrar la profundidad de muestreo deseado utilizando \_\_\_\_\_ [cualquier método apropiado o disponible]. Una vez que se alcanza la profundidad del muestreo deseado, las muestras de suelo para el análisis VOC serán recolectadas como muestras independientes, discretas. Las muestras de suelo superficial se recolectarán mediante un dispositivo de muestreo Encore de 5 gramos, y se recolectan en triplicado. Las muestras se sellan utilizando un muestreador Encor y una bolsa del tipo Zip Lock o si no se transfieren directamente del muestreador al vial VOA que contiene 10 mLs de metanol o una solución de bisulfato de sodio. Los recipientes de muestras se cerrarán una vez llenos, enfriados de inmediato a 4 grados C antes de envolverlos en plástico de burbujas y procesados para su envío al laboratorio [Si las muestras de suelo de la superficie están siendo recolectadas para otra algo más que el compuesto orgánico volátil, utilice este párrafo; de otra manera bórrelo.]

Las muestras del subsuelo será recolectadas taladrando hasta la profundidad deseada utilizando \_\_\_\_\_ [el método que sea apropiado o esté disponible]. Una vez que se alcance la profundidad de muestreo deseada, se insertará el \_\_\_\_\_ [dispositivo de accionamiento eléctrico o manual, como una pala, taladro de mano, Trier, barrena de tronco hueco, muestrador de cuchara dividida] en el agujero y se

utiliza para recoger la muestra. Las muestras serán transferidas del [\_\_\_\_\_ dispositivo de muestreo] y colocadas en una cubeta desechable para muestras y homogenizadas con una paleta.

El material en la cubeta será transferido con una paleta de la cubeta al envase de muestreo apropiado. Los envases de muestreo se llenarán hasta arriba, evitando que pedazos de suelo queden atrapados en la tapadera antes de cerrarlos, para así prevenir la migración de contaminantes potenciales hacia o desde la muestra. Los recipientes de muestras se cerrarán una vez llenos, sellados y enfriados si es adecuado, y procesados para su envío al laboratorio [Incluya esto como el último párrafo, independientemente de los análisis de muestras de suelo bajo la superficie.] El exceso de tierra sacada para la muestra se devuelve al agujero para rellenarlo de nuevo.

#### 6.4 MUESTREO DE SEDIMENTOS

**[Utilice esta subsección si se van a recolectar muestras de sedimento. Especifique el método (ej. dragado) que se utilizará para recolectar las muestras y a que profundidad serán recolectadas las mismas. Describa como las muestras serán homogenizadas y el método que se va a utilizar para transferir las muestras a los envase apropiados. Si se va a seguir un POE en lugar del texto proporcionado lo deberá referir e incluir en el apéndice].**

**[Se se van a determinar los puntos de muestreo exactos en el campo se debe hacer notar. Describa en dónde se recolectarán las muestras de sedimento, ej. partes de movimiento lento de corrientes, fondo de los lagos, etc.]**

Se van a determinar las ubicaciones exactas del muestreo de sedimentos en el campo, con base en \_\_\_\_\_ [Describe el criterio a ser utilizado para determinar los puntos de muestreo]. Se pondrá especial cuidado en obtener una muestra tan representativa como sea posible. La muestra se tomará de las zonas que pudieran recoger depósitos de sedimentos, tales como partes de movimiento lento de los arroyos o del fondo del lago a una profundidad mínima de 0,6 metros. Las muestras de sedimentos se recogerán de la parte inferior del pozo a una profundidad de \_\_\_\_\_ pulgadas utilizando un muestreo previamente limpiado \_\_\_\_\_.

[El último párrafo describe la homogenización del muestreo, lo que es especialmente importante si la muestra se va a separar en fases sólidas y líquidas, y en el relleno de los envases. Incluya este párrafo, o una versión modificada del mismo, para todos los muestreos de sedimentos. Se asume que las muestras de sedimento no se analizarán para detectar compuestos volátiles. Si se tiene que analizar el sedimento para compuestos volátiles orgánicos, las muestras analizadas para compuestos volátiles no se deben homogenizar, sino más bien transferir directamente del muestreador al envase de la muestra. Si es factible, se debe utilizar un dispositivo Encore.]

El material contenido en el muestreo se transferirá a una cubeta desechable para muestras y homogenizadas con una paleta. El material en la cubeta será transferido con una paleta de la cubeta al envase de muestreo apropiado. Los envases de muestreo se llenarán hasta arriba, evitando que pedazos de suelo queden atrapados en los huecos de la tapadera antes de sellarlos, para prevenir la migración de contaminantes potenciales hacia o desde la muestra. Los recipientes de muestras se cerrarán una vez llenos, sellados y enfriados si es adecuado, y procesado para su envío al laboratorio.

## 6.5 MUESTREO DE AGUA

### 6.5.1. Muestreo de Agua Superficial

**[Use esta sub sección si las muestras se recogerán de los ríos, arroyos, lagos y embalses, o de agua estancada en los estanques de recolección de escorrentía, acequias, canales de drenaje, etc. Describa el procedimiento de muestreo, describa el procedimiento de muestreo, incluyendo el tipo de muestra (al azar o compuesto - ver las definiciones más adelante). Mencione que muestras serán recolectadas para su análisis químico y/o microbiológico. Por otra parte adjunte, la referencia sobre las secciones correspondientes a los POEs anexados.]**

**Al azar:** Las muestras se recolectan una vez en cada ubicación. La muestra se debe tomar del agua que corre y no de la que está estancada, y el muestreador debe estar corriente arriba en el centro del arroyo. Las muestras se recolectarán manualmente o con una botella porta muestras. Para las muestras que se toman a una misma profundidad, la botella debe estar destapada y la tapadera protegida de toda contaminación. La botella se debe sumergir dentro del agua boca abajo y llenada de 15 a 30 centímetros bajo la superficie del agua. Si es importante tomar muestras a cierta profundidad, se requerirán muestreadores especiales (ej., muestreadores de profundidad Niskin o Kemmerer. Después de llenar las botellas, derrame una pequeña parte de la muestra dejando un espacio libre de 2,5 a 5 cm. Para las muestras microbiológicas, tanto las botellas como las tapas deben estar estériles. Si se anticipa el muestreo de agua clorada se debe poner en la botella tiosulfato de sodio en una concentración de 0,1 mL de una solución al 10% por cada 125 ml (4 oz) de volumen de muestra antes de esterilizar la botella. Compuesto de tiempo: Las muestras se toman durante un período de tiempo, generalmente de 24 horas. Si se requiere una muestra compuesta se debe posicionar un muestreador automático de tiempo y flujo proporcional para la toma muestras en el lugar adecuado de manera tal que la muestra se pueda mantener a 4 ° C durante el tiempo que tome el muestreo.

**Compuesto Espacial:** Son las muestras que se recogen de diferentes posiciones representativas en el cuerpo de agua y se combinan en cantidades iguales. Un divisor del agitador o un dispositivo equivalente se utilizará para garantizar que la muestra sea homogénea y quede bien mezclada antes de llenar las botellas con las muestras. Las muestras de compuestos orgánicos volátiles se recogerán como muestras discretas y no como compuestas. [Si se va a determinar la ubicación exacta de los puntos para las muestras de agua superficial en el campo, se debe indicar esto. Describa los criterios que se utilizarán para determinar el lugar adonde se tomará la muestra de agua superficial.]

### 6.5.2. Muestreo de las Aguas Subterráneas

**[Esta sub sección contiene procedimientos para las mediciones de nivel de agua, purgas de pozos, y toma de muestras en pozos. Los procedimientos pertinentes se deberán describir en esta partida con las modificaciones necesarias específicas al sitio. De manera alternativa, haga la referencia apropiada a los POE (s).]**

#### 6.5.2.1. Medidas del Nivel del Agua

**[Se puede utilizar el siguiente texto tal y como esta o se puede modificar para satisfacer las necesidades del proyecto.]**

Todos los medidores de campo se calibrarán de acuerdo a las directrices del fabricante y las especificaciones de antes y después de cada día de uso en el campo. Los medidores de sondas de campo se descontaminarán antes y después de su uso en cada pozo. Si bien los cabezales de pozo son accesibles, todos los pozos se deben examinar para detectar la profundidad del agua desde la parte superior del revestimiento y la profundidad total antes de purgar. Cuando se utiliza un sondeador

electrónico, con una precisión de localización al+ / - cm más cercano, se utilizará para medir la profundidad del agua en cada pozo. Cuando se utiliza una sonda electrónica, se baja la sonda por la cubierta a la parte superior de la columna de agua, las marcas de los niveles en el cable de la sonda o la cinta se utilizan para medir la profundidad del agua desde el punto investigado en el borde del revestimiento del pozo. Normalmente, el dispositivo de medición emite un tono constante cuando se introduce la sonda en el agua estancada y la mayoría de sondas electrónicas para medir el nivel del agua tienen un indicador visual que consiste de una pequeña bombilla o diodo que se enciende cuando la sonda se encuentra con el agua. La profundidad total del pozo se sondea desde la parte superior del revestimiento bajando la sonda ponderada al fondo del pozo. La sonda ponderada se hunde en el cieno, si está presente, en el fondo de la criba del pozo. La profundidad total del pozo, se medirá bajando la sonda ponderada al fondo del pozo y registrando la profundidad a la aproximación de un centímetro. El equipo para medir el nivel del Agua se descontaminará antes y después de su uso en cada pozo. Los niveles de agua se medirán en los pozos que tienen la menor cantidad de contaminación. Los pozos que se sabe o se sospecha que están contaminados se examinarán en la última medición.

#### 6.5.2.2. Purga

**[Describe el método que se utilizará para purgar el pozo (ej., bomba dedicada del pozo, el achicador, bomba de mano). Mencione la sección apropiada en el POE sobre Agua Subterránea e indique en que Apéndice se ubica el POE.]**

#### **[VERSION A]**

Todos los pozos se purgarán antes del muestreo. Si se conoce el volumen del revestimiento del pozo, se purgará un mínimo de agua de tres veces el volumen del revestimiento con la bomba dedicada del pozo.

#### **[VERSION B]**

Todos los pozos se purgarán antes del muestreo. Si se conoce el volumen del revestimiento del pozo, se purgará un mínimo de agua de tres veces el volumen del revestimiento, utilizando una bomba de mano, bomba sumergible o achicador, según el diámetro y la configuración del pozo. Cuando se utiliza una bomba sumergible para purgar, se usan tubos flexibles y limpios para la extracción del agua subterránea. Todos los tubos se descontaminarán antes de usarlos en cada pozo. Las bombas se ubicarán a una distancia de entre 0.66 a 1 metro del fondo del pozo para permitir una extracción razonable mientras se previenen condiciones de cascada.

#### **[VERSION C]**

Todos los pozos se purgarán antes del muestreo. Si se conoce el volumen del revestimiento del pozo se purgará un mínimo de agua de tres veces el volumen del revestimiento utilizando una bomba de mano, bomba sumergible o achicador, según el diámetro y la configuración del pozo. Cuando se utiliza una bomba sumergible para purgar, se usan tubos flexibles y limpios para la extracción del agua subterránea. Todos los tubos se descontaminarán antes de usarlos en cada pozo. Las bombas se ubicarán a una distancia de entre 0.66 a 1 metro del fondo del pozo para permitir una extracción razonable mientras se previenen condiciones de cascada.

#### **[TODAS LAS VERSIONES – a ser incluidas en todos los planes de muestreo]**

El agua se recogerá en una cubeta con medidas para registrar el volumen de purga. Los volúmenes del revestimiento se calcularán con base en la profundidad del pozo, nivel del agua estancada, y el diámetro del revestimiento.

Es muy importante obtener una muestra representativa del pozo. Los parámetros estables de calidad del agua (temperatura, pH y la conductancia específica) indican que se pueden obtener tomas de muestras representativas. La calidad del agua se considera estable si durante tres lecturas consecutivas:

- El rango de temperatura no supera los +1/C;
- El pH varia en no más de 0.2 pH unidades;
- Las lecturas de conductancia específica están entre el rango de 10% del promedio.

El agua en la que se tomaron las medidas no se utilizará para llenar recipientes de muestras. Si se conoce el volumen del revestimiento del pozo, se tomarán las medidas antes del comienzo de la purga, en medio de la purga, y al final de cada volumen de revestimiento purgado. Si NO se conoce el volumen del revestimiento del pozo, las mediciones se tomarán cada 2,5 minutos después del comienzo de flujo. Si los parámetros de calidad del agua no son estables después de 5 volúmenes del revestimiento o 30 minutos, dejará de purgar, lo cual se anotará en la bitácora, y se tomarán las muestras de agua subterránea. La profundidad al agua, las mediciones de la calidad del agua y los volúmenes de purga se consignará en la bitácora. Si un pozo se desagua durante la purga y no se purgan tres volúmenes del revestimiento, entonces ese pozo podrá recargar hasta un 80% de columna de agua estática y desaguarse una vez más. Después que los niveles del agua se han recargado hasta el 80% de la columna de agua estática, se recolectan las muestras de aguas subterráneas.

#### 6.5.2.3. Muestreo de Pozo

**[Describa el método que se utilizará para recoger muestras de los pozos. (Este será probablemente el mismo método que fue utilizado para purgar los pozos.) Especifique la secuencia para la recolección de muestras (por ejemplo, se llenarán primero las botellas para el análisis de volátiles, seguidas por semi-volátiles, etc.). Indique si las muestras para el análisis de metales serán con o sin filtro. Incluya las condiciones específicas, tales como turbidez, que requiere de las muestras que se filtrarán. Por otra parte, mencione las secciones correspondientes en el POE sobre Agua Subterránea e indique en que apéndice se encuentra el POE.]**

#### **TODAS LAS VERSIONES – a ser incluido en todos los planes de muestreo]**

En cada punto de muestreo, todas las botellas designadas para un análisis en particular (o sea, los metales traza) se llenarán de forma secuencial antes de que se llenen las botellas designada para el análisis siguiente. Si se va a recolectar una muestra duplicada en este punto, todas las botellas designadas para un análisis en particular para ambas designaciones se llenarán de forma secuencial antes de que se llenen las botellas designada para el análisis siguiente. Las muestras de agua subterránea se transferirán directamente del grifo a los envases de muestreo apropiados con conservantes, si es necesario, refrigeradas si procede, y procesados para su envío al laboratorio. Al transferir las muestras, se debe prestar atención de no tocar el grifo con el envase de muestras. [Si se deben recoger muestras para el análisis de compuestos volátiles, se debe añadir el siguiente párrafo, de lo contrario borrarlo.]

Las muestras para los análisis de compuestos orgánicos volátiles se recogerán mediante un dispositivo de muestreo de bajo flujo. Se utilizará una bomba [especificar el tipo de bomba] con un caudal de \_\_\_\_\_. Los viales para el análisis de compuestos orgánicos volátiles se llenan primero para minimizar el efecto de la aireación de la muestra de agua. Se llena un vial con la muestra, la cual se conserva con ácido clorhídrico (HCl) y se examina con papel pH para determinar la cantidad de conservante necesario para bajar el pH a menos de 2. A continuación se agrega la cantidad apropiada de HCl a los viales de la

muestra antes de agregar la muestra. Los viales se llenan directamente del grifo y se tapan. El vial se invierte y se analizan las burbujas de aire para asegurar que haya cero espacio de cabeza. Si aparece una burbuja, se descarta el vial y se saca una nueva muestra. [Si algunas muestras de los metales (u otros) análisis se deben filtrar, dependiendo de la turbidez de la muestra, se debe agregar el siguiente párrafo, de lo contrario borrarlo.]

Después de purgar el pozo y antes de recoger muestras de agua subterránea para los análisis de metales, se debe medir la turbidez del agua subterránea extraída de cada pozo utilizando un medidor de turbidez portátil. Una pequeña cantidad de agua subterránea se recogerá desde el pozo con el grifo y una pequeña cantidad de agua será transferida a un vial desechable y se medirá la turbidez. Los resultados de la medición de la turbidez se registrarán en la bitácora de campo. El agua utilizada para medir la turbidez se desecha después de su uso. Si la turbidez del agua subterránea del pozo está por encima de 5 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), se recogerá tanto la muestra filtrada y no filtrada. Se utilizará un filtro de micrones [especificar el tamaño del filtro] para eliminar las partículas más grandes que se han internado en la muestra de agua. Un tubo de teflón para muestras se conecta al grifo más cerca de la cabeza del pozo. El filtro se adjuntará a la salida del tubo de teflón. Se utiliza un filtro limpio, nuevo para cada muestra filtrada recogida. Las muestras de agua subterránea se transfieren desde el filtro directamente a los envases de muestras apropiados con un conservante y se procesan para luego ser enviadas al laboratorio. Cuando se envían muestras se debe prestar atención de no tocar el filtro que va al envase de la muestra. Después que la muestra filtrada se ha recogido, el tubo de teflón y el filtro se quitan y se recoge una muestra no filtrada. Se anexa un número de muestra con un "FI" que representará una muestra filtrada con un filtro de 5 micrones.

**[Si se filtran las muestras para el análisis de metales (u otros), independientemente de la turbidez de la muestra, se añade el siguiente párrafo, de lo contrario borrarlo.]**

Se filtran las muestras designadas para el análisis de metales. Se utilizará un filtro de 5 micrones para eliminar las partículas más grandes que se han internado en la muestra de agua. Un tubo de teflón para muestras se conecta al grifo más cerca de la cabeza del pozo. El filtro se adjuntará a la salida del tubo de teflón. Se utiliza un filtro limpio, nuevo para cada muestra filtrada recogida. Las muestras de agua subterránea se transfieren desde el filtro directamente a los envases de muestras apropiados con un conservante y se procesa para luego enviarlas al laboratorio. Cuando se envían muestras se debe prestar atención de no tocar el filtro que va al envase de la muestra. Después que la muestra filtrada se ha recogido, el tubo de teflón y el filtro se quitan y se recoge una muestra no filtrada. Se anexa un número de muestra con un "FI" que representará una muestra filtrada con un filtro de 5 micrones.

## 6.6 MUESTREOS BIOLÓGICOS

*A los efectos de esta guía, los muestreos biológicos se dividen en dos categorías. Se discutirán los otros tipos de eventos de muestreo biológico con la Oficina de Control de Calidad para determinar qué tipo de documento de planificación se necesita. Los dos tipos mencionadas en esta guía son las muestras biológicas que se recogen para análisis químico y las muestras biológicas para evaluar la diversidad de especies. Si se trata de este último tipo de muestreo, el documento más apropiado sería el plan de aseguramiento de la calidad del proyecto. Las muestras recogidas para el análisis microbiológico se deben discutir bajo la sección de muestras de agua.*

### 6.6.1. Toma de Muestras Biológicas para el Análisis Químico

**[Los dos tipos más comunes de muestras biológicas recolectadas para análisis químicos son las muestras de pescado y de follaje. En los párrafos siguientes se dan sugerencias, sin embargo, las**

**circunstancias de campo pueden dictar procedimientos de recolección alternativos; si no se van a recolectar muestras biológicas, marque estas secciones con un "no aplicable". Si sigue un POE, inclúyalo en el apéndice.]**

#### 6.6.1.1. Muestras de Peces

[Utilizar únicamente si están recolectando peces, de lo contrario eliminar. Por otra parte, haga la referencia a los POE apropiados.] Los peces se recolectan utilizando el método \_\_\_\_\_ [nombre del método; redes, electroshock, líneas, etc.] Tres peces de cada tipo o especie \_\_\_\_\_ [indicar el tipo de pez, Ej.: trucha, bagre, etc.] que se recogerá. Se hará un esfuerzo por recoger peces de aproximadamente el mismo tamaño y madurez revisando para asegurarse de que las longitudes y pesos no difieran en más de un 20%. Una vez obtenidos los \_\_\_\_\_ [indicar si es pescado entero o en filetes] serán congelados, envueltos en papel de aluminio y colocados en bolsas de plástico para su envío al laboratorio.

[Si el laboratorio hará los diseños indique esto también en esta sección.]

#### 6.6.1.2. Muestras de Follaje

**[Utilizar únicamente si se están recolectando muestras de follaje, de lo contrario borrar. En esta sección se puede requerir una modificación considerable a causa de la gran diversidad de proyectos con muestras de plantas.]**

Se recolectará una muestra de follaje representativa, follaje de la zona objetivo. **Se recomienda utilizar un enfoque estadístico, si es posible.** Las siguientes plantas se recogerán: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, y \_\_\_\_\_. Estas plantas se recogieron porque son las que tienen más probabilidad de haber sido afectadas por los productos químicos utilizados en la zona. Sólo se recolectará el follaje que presente signos visibles de estrés o daño. Los tallos y las ramas se descartarán, sólo se recolectarán las hojas. El mismo tipo de material foliar [Describir, las hojas maduras, brotes tiernos, etc.] se obtendrá de cada tipo de planta. Siempre que la contaminación sea uniforme, el material se combinará de varias plantas para producir un total de cerca de [especificar la cantidad] libras (s) de material. También se recolectarán muestras de control de las inmediaciones no afectadas [Describir el área]. Se utilizarán guantes de látex para la recolección de todas las muestras. Las muestras se almacenarán en [describa envases, bolsas de plástico, botellas, etc.] y llevadas al laboratorio tan pronto como sea posible para evitar el deterioro de la muestra.

#### 6.6.2. Muestreo Biológico para la Evaluación de Especies

**[Describir la recolección de insectos, otros invertebrados, u otros tipos de muestras biológicas aquí. Agregue referencias o adjunte los protocolos adecuados para apoyar el esfuerzo de muestreo]**

### 6.7 PROCEDIMIENTOS DE DESCONTAMINACIÓN

**[Indicar los procedimientos de descontaminación que se seguirán si se utiliza equipo de muestreo no especializado. Por otra parte, haga referencia a las secciones apropiadas de la Organización sobre los Procedimientos de Operación Estándar para la Descontaminación.]**

Los procedimientos de descontaminación a seguir están de acuerdo con los procedimientos aprobados. La descontaminación del equipo de muestreo se debe llevar a cabo para asegurar la calidad de las muestras recogidas. Todo el equipo que entra en contacto con el suelo o agua potencialmente contaminados será descontaminado. El equipo desechable destinado a un solo uso no será descontaminado, pero será acondicionado para su eliminación adecuada. La descontaminación ocurrirá

antes y después de cada uso de una pieza del equipo. Todos los dispositivos de muestreo utilizados, incluyendo las paletas y barrenos, se limpiarán con vapor o se descontaminarán de acuerdo a los procedimientos de descontaminación siguientes:

**[Utilice los procedimientos de descontaminación siguientes, únicamente si las muestras se toman para análisis orgánicos, de lo contrario bórrelos.]**

- Detergente no fosfatado y agua de chorro, utilizando un cepillo si es necesario.
- Agua de chorro para enjuagar.
- Enjuague con agua de ionizada/destilada.
- Solvente grado pesticida (hexágono grado reactivo) enjuagar en una cubeta descontaminada.
- Enjuague con agua Des ionizada/destilada (dos veces).

**[Utilice los procedimientos de descontaminación siguientes, únicamente si las muestras se toman para análisis inorgánicos (metales), de lo contrario bórrelos.]**

- Detergente no fosfatado y agua de chorro, utilizando un cepillo si es necesario.
- Agua de chorro para enjuagar.
- Enjuague con ácido nítrico 0.1 N.
- Enjuague con agua Des ionizada/destilada (dos veces).

**[Utilice los procedimientos de descontaminación siguientes, únicamente si las muestras se toman para análisis orgánicos e inorgánicos, de lo contrario bórrelos.]**

- Detergente no fosfatado y agua de chorro, utilizando un cepillo si es necesario.
- Enjuague con agua de chorro.
- Enjuague con ácido nítrico 0.1 N.
- Enjuague con agua des ionizada/destilada.
- Solvente grado pesticida (hexágono grado reactivo) enjuagar en una cubeta descontaminada.
- Enjuague con agua Des ionizada/destilada (dos veces).

El equipo se descontaminará en una zona previamente designada en paletas o láminas de plástico, y el equipo voluminoso limpio se almacenará en láminas de plástico en las zonas no contaminadas. El equipo pequeño ya limpio se almacena en bolsas de plástico. Los materiales que se almacenan por un período de más de un par de horas se deberán cubrir también.

**[NOTA: Se pueden utilizar métodos de descontaminación diferentes, pero si es así, se debe incluir la razón para usar ese método diferente.]**

## **7 ENVASES PARA MUESTRAS, CONSERVACION Y ALMACENAMIENTO**

**[Esta sección requiere una referencia a los tipos de botellas que se utilizarán, y a la preparación y conservantes que se añaden. Se debe nombrar la organización responsable de la adición de conservantes. Si la información se proporciona en las tablas de solicitud de análisis, haga referencia a las mismas en la sección correspondiente más abajo.]**

El número de envases para muestras, volúmenes y materiales se han enumerado en el apartado 5.0. Los envases están previamente limpiados y no se enjuagan antes de la toma de las muestras. Los

conservantes serán agregados a los envases, si es necesario, por \_\_\_\_\_ [nombre de la agencia / organización que realiza el muestreo] antes del envío de las muestras al laboratorio.

### 7.1 MUESTRAS DE SUELO

[Si se recolectan muestras de suelo, especifique los análisis que se llevarán a cabo. Utilice el lenguaje a continuación o haga referencia a las secciones correspondientes en el POE de Conservación y estipule en cuál de los Apéndices está ubicado el POE.]

[Incluir esta subsección únicamente si está recolectando muestras del suelo, de lo contrario bórralo.]

[Si se solicitan análisis distintos a los compuestos orgánicos volátiles o metales, incluya este párrafo, de lo contrario bórralo.]

Las muestras de suelo para \_\_\_\_\_ [Incluya todos los análisis solicitados, por ejemplo, pesticidas, compuestos orgánicos semivolátiles] se homogeneizan y transfieren desde la cubeta de homogeneización de la muestra a frascos de vidrio de 8 onzas (oz), de boca ancha utilizando una llana. Para cada muestra, se recolectará un frasco de vidrio de 8-oz de boca ancha para cada laboratorio. Por otra parte, la muestra se puede conservar en la manga de bronce en que se recolecta la muestra hasta que comience la preparación de la muestra. Las muestras se refrigeran a 4 / C inmediatamente después de su recolección.

[Si los análisis solicitados incluyen compuestos orgánicos volátiles, incluir este párrafo, de lo contrario borrarlo.]

**COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES.** Las muestras de suelo analizadas en busca de compuestos orgánicos volátiles se almacenarán en sus empaques de muestras Encore cerrados por no más de dos días antes de su análisis. Las muestras congeladas Encore para el muestreador no se almacenarán por más de 4 días antes de su análisis. Si las muestras se conservan mediante su expulsión a una solución de metanol o bisulfato sódico, el tiempo de espera es de dos semanas. Las muestras conservadas serán refrigeradas a 4 / C inmediatamente después de recolección.

[Si los análisis solicitados incluyen metales, incluya este párrafo, de lo contrario bórralo.]

**METALES.** Las muestras de la superficie del suelo a ser analizadas en busca de metales se homogeneizan y transfieren desde la cubeta de homogeneización de la muestra a frascos de vidrio de 8 onzas (oz), de boca ancha utilizando una llana. Para cada muestra, se recolectará un frasco de vidrio de 8-oz de boca ancha para cada laboratorio. Las muestras no se refrigeran. Por otra parte, las muestras sub superficiales se dejan en la manga de bronce original en que se recolecta la muestra u otro envase a menos que se transfieran a botellas.

### 7.2 MUESTRAS DE SEDIMENTOS

[Si se recolectan muestras de sedimentos, especifique los análisis que se llevarán a cabo. Utilice el lenguaje a continuación o haga una referencia a las secciones correspondientes en el POE sobre Conservación y estipule en cuál de los apéndices se encuentra el POE.]

[Si entre los análisis solicitados está el análisis de compuestos distintos a los orgánicos volátiles o metales, incluya este párrafo, de lo contrario bórralo.]

\_\_\_\_\_ [Incluya todos los análisis solicitados, por ejemplo, pesticidas, compuestos orgánicos semivolátiles]. Las muestras de sedimentos se homogeneizan y transfieren desde la cubeta de homogeneización de la muestra a frascos de vidrio de 8 onzas (oz), de boca ancha. Para cada muestra, se recolectará un frasco de vidrio de 8-oz de boca ancha para cada laboratorio.

Las muestras se refrigeran a 4/C inmediatamente después de recolectadas.

**[Si entre los análisis solicitados se incluyen compuestos orgánicos volátiles incluya este párrafo, de lo contrario bórralo.]**

**COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES.** Las muestras de sedimentos a ser analizadas en busca de compuestos orgánicos volátiles se almacenarán en sus muestrarios Encore sellados por no más de dos días antes del análisis.

Las muestras refrigeradas Encore del muestreador no se almacenarán por más de 4 días antes de su análisis. Si las muestras se conservan mediante su expulsión a cualquier solución de metanol o bisulfato sódico el tiempo de permanencia es de dos semanas. Las muestras conservadas serán refrigeradas a 4 / C inmediatamente después de recolección.

**[Si los análisis solicitados incluyen metales, incluya este párrafo, de lo contrario bórralo.]**

**METALES.** Las muestras de sedimentos después de removerles las rocas y escombros que se analizarán en busca de metales se homogeneizan y transfieren desde la cubeta de homogeneización de la muestra a frascos de vidrio de 8 onzas (oz), de boca ancha. Para cada muestra, se recolectará un frasco de vidrio de 8-oz de boca ancha para cada laboratorio. Las muestras no se refrigeran.

### 7.3 MUESTRAS DE AGUA

**[Si se van a recolectar muestras de agua, especifique los análisis que se llevarán a cabo. especifique los análisis que se llevarán a cabo. Utilice el lenguaje a continuación o haga una referencia a las secciones correspondientes en el POE sobre Conservación y estipule en cuál de los apéndices se encuentra el POE.]**

**[Si entre los análisis solicitados está el análisis de compuestos distintos a las muestras de agua, incluya este párrafo, de lo contrario bórralo.]**

Dependiendo del tipo de análisis (orgánico o inorgánico) solicitado, y de cualquier otro requisito de análisis específico al proyecto en cuestión, los recipientes para las muestras deben ser de plástico (inorgánicos) o de vidrio (orgánicos), previamente limpiados (procedimientos generales de descontaminación) o con una pre limpieza de bajo nivel de detección (procedimientos de descontaminación extensa).

**[Describa el tipo de botellas que se utilizarán para el proyecto, incluyendo los procedimientos de limpieza que se seguirán para preparar las botellas para el muestreo.]**

**[Si los análisis solicitados no requieren de preservación, incluya este párrafo, en caso contrario elimínelo. Se debe incluir un párrafo aparte para cada tipo de botella.]**

\_\_\_\_\_ [Incluya todos los análisis solicitado (s), por ejemplo, aniones, pesticidas, compuestos orgánicos semivolátiles]. Las muestras de agua de baja concentración se pueden analizar en busca de \_\_\_\_\_ [Especificar el análisis, por ejemplo, compuestos orgánicos semivolátiles] si se recogerán en \_\_\_\_\_ [indicar el tipo de botella Ej.: Botellas de vidrio de 1-litro (L) color ámbar]. No se requieren conservante para estas muestras. Las muestras serán refrigerados a 4 / C inmediatamente después de su recolección. Se requieren dos botellas de cada muestra de agua para cada laboratorio.

**[Si el análisis solicitado incluye compuestos orgánicos volátiles, incluya éste párrafo, de lo contrario bórralo.]**

**COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES.** Compuestos Orgánicos Volátiles. Las muestras de agua de baja concentración que se analizarán en busca de compuestos orgánicos volátiles se recogerán en viales de vidrio de 40 ml. Se agregará ácido clorhídrico (HCL) 01:01 al vial antes de la toma de muestras. Durante las purgas, se mide el pH utilizando un medidor de pH para examinar al menos un vial en cada punto de toma de muestras para asegurar que esté presente suficiente ácido para un pH de menos 2. El vial de utilizado para el examen será descartado. Si el pH es mayor que 2, se agregará más HCl a los viales de la muestra. Otro vial será examinado para pH a fin de asegurar que el pH sea inferior a 2. El vial de prueba será descartado. Los viales se llenarán a manera de no dejar espacios vacíos. Las muestras serán refrigerados a 4 / C inmediatamente después de su recolección. Tres viales de cada muestra de agua son necesarios para cada laboratorio.

**[Si los análisis solicitados incluyen metales, incluya este párrafo, de lo contrario bórralo.]**

**METALES.** Las muestras de agua recolectadas para el análisis de metales se recogerán en botellas de polietileno de 1 litro. Las muestras se conservarán mediante la adición de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) a la botella de la muestra. La botella se tapará con un tapón y se agitará ligeramente para mezclar el ácido. Se vierte una pequeña cantidad de muestra en la tapa de la botella donde se mide el pH usando papel de pH. El pH debe ser <2. La muestra en la tapa será descartada, y el pH de la muestra se ajustará en caso necesario. Las muestras se refrigerarán a 4 / C inmediatamente después de su recolección. Se requiere una botella de cada muestra de agua para cada laboratorio.

**PARAMETROS DE QUIMICA GENERALES (CALIDAD DEL AGUA).** Las muestras de agua recogidas para el análisis de la calidad del agua [Indicar qué parámetros están incluidos. Los ejemplos incluyen (pero no se limitan) a los aniones (N-nitratos, N-nitritos, sulfatos, fosfatos), fósforo total, N-amoniaco, el total de sólidos disueltos, sólidos suspendidos totales, alcalinidad (pueden incluir carbonatos y / o bicarbonatos), dureza, cianuro, MBAS (sustancias activas del azul de metileno) etc.], las cuales se recolectarán en [especificar el tamaño de las botellas de polietileno y envases]. Las muestras analizadas [Indicar los análisis] se conservarán mediante la adición de [Describir el conservante adecuado a cada tipo de tipo de muestra] a cada botella de muestra. Las muestras [Indicar el análisis] no se preservarán. Si se añaden conservantes, se tapa la botella tendrá y se sacude ligeramente para mezclar el conservante. Cuando el conservante afecta el pH, se vierte una pequeña cantidad de muestra en la tapa del frasco y se mide el pH con papel pH. El pH debe estar dentro del rango apropiado. La muestra en la tapa se descarta, y el pH de la muestra se ajustará en caso necesario. Las muestras serán refrigerados a 4 / C inmediatamente después de su recolección. Las muestras de cada punto de recolección que requieren el mismo conservante se colocarán en la misma botella, si el mismo laboratorio las analizará.

## 7.4 MUESTRAS BIOLÓGICAS

**[Si se van a recolectar muestras biológicas, especifique los análisis que se llevarán a cabo. Utilice el lenguaje a continuación o haga una referencia a las secciones correspondientes en el POE sobre Conservación y estipule en cuál de los apéndices se encuentra el POE.]**

### 7.4.1. Muestras de Peces

El pescado (entero o en filetes) se envuelve en papel de aluminio, se etiqueta y coloca en bolsas de plástico con cremallera (Zip lock). Las muestras se congelan tan rápido como sea posible y se embarcan utilizando hielo seco para mantener su estado de congelamiento.

### 7.4.2. Muestras de Follaje

**[Describa los envases utilizados para el proyecto. Generalmente las muestras de follaje se recolectan en bolsas tipo Zip lock, sin embargo las botellas u otros envases también se pueden utilizar. No se recomienda bolsas de papel.]**

Las muestras de follaje se recogerán en una bolsa grande con cremallera de bloqueo (tipo Zip lock). Se coloca una etiqueta autoadhesiva en cada bolsa y se sella la parte superior con un sello de custodia.

### 7.4.3. Muestras Biológicas para la Evaluación de Especies

[Describir los envases en los que se guardarán los macro invertebrados, insectos y otras muestras biológicas. Si se utiliza un líquido de fijación, se debe describir también. Esta sección también debe describir cualquier otro procedimiento de manipulación especial a seguir para minimizar los daños a los ejemplares.]

## 8 DISPOSICION DE LA MATERIA DE DESECHO

**[Esta sección debe describir el tipo de desecho derivado de la investigación-(DDI) que se generará durante este evento de muestreo. Los DDI no se generan en todos los eventos de muestreo, en cuyo caso esta sección no sería aplicable. Utilice el lenguaje a continuación o haga una referencia a las secciones correspondientes en el POE sobre la Eliminación de Materiales de Desecho y estipule en cuál de los apéndices se encuentra el POE.]** Dependiendo de las condiciones específicas del lugar y de las leyes federales, estatales y locales vigentes, podrían ser necesarias otras disposiciones para la eliminación de los DDI. Si se requieren otros análisis DDI, se deben discutir. Si se los DDI se colocan en bidones, el etiquetado de los bidones se debe discutir en esta sección también.]

Si durante el proceso de recolección de muestras ambientales en el punto de muestreo \_\_\_\_\_ **[nombre del sitio o área]** en la investigación in situ (IS) **[el nombre de otra investigación]**, el equipo de muestreo \_\_\_\_\_ **[nombre de su organización / agencia]** genera diferentes tipos de posibles DDI contaminados que incluyan los siguientes:

- Equipo de protección personal usado (EPP).
- Equipo de muestreo desechable.
- Fluidos de descontaminación [Incluir este punto únicamente para el muestreo de suelos de lo contrario borrarlo.]
- Cortes de suelo de las perforaciones del suelo [Incluir este punto únicamente para la toma de muestras de aguas subterráneas, de lo contrario borrarlo.]
- Agua subterránea purgada y agua subterránea en exceso recolectada para llenar los envases.

**[La siguiente viñeta es generalmente apropiada para el sitio o zona de muestreo con bajos niveles de contaminación o para un seguimiento de rutina. Si existen mayores niveles de contaminación en el sitio o en el área de muestreo, se deben utilizar otros métodos de eliminación (por ejemplo, colocar los desechos en bidones) para eliminar EPP usados y el equipo de muestreo desechable.]**

- El PPE usado y el equipo desechable será guardado en dos bolsas y se colocará en un botadero de basura municipal. Estos residuos no se consideran peligrosos y pueden ser enviados a un vertedero municipal. Todo PPE y equipo desechable que se va a desechar pero que aún puede ser reutilizado se inutiliza antes de su eliminación en el botadero. [Incluya esta viñeta si el muestreo es para tanto metales y sustancias orgánicas, de lo contrario bórrela.]
- Los fluidos de descontaminación que se generarán en el evento de muestreo consistirán de ácido nítrico diluido, solventes de grado de plaguicida, agua desionizada, contaminantes residuales y agua con detergente sin fosfatos. El volumen y la concentración del fluido de descontaminación será lo suficientemente bajo para permitir la eliminación en el sitio o el área de muestreo. El agua (y el agua con detergente) se vierte sobre el suelo o en un colector de aguas pluviales. Los solventes con grado de plaguicidas se dejan evaporar desde la cubeta de descontaminación. El ácido nítrico se diluye y / o neutraliza con hidróxido de sodio y se examina con papel de pH antes de verterlo al suelo o en una alcantarilla. [Incluya esta viñeta si el muestreo es para metales pero no para orgánicos, de lo contrario bórrela.]
- Los fluidos de descontaminación que se generarán en el evento de muestreo consistirán de ácido nítrico diluido, solventes de grado de plaguicida, agua desionizada, contaminantes residuales y agua con detergente sin fosfatos. El volumen y la concentración del fluido de descontaminación será lo suficientemente bajo para permitir la eliminación en el sitio o el área de muestreo. El agua (y el agua con detergente) se vierte sobre el suelo o en un colector de aguas pluviales. Los solventes con grado de plaguicidas se dejan evaporar desde la cubeta de descontaminación. [Incluya esta viñeta si el muestreo es para suelos, de lo contrario bórrela.]
- Los cortes de suelo de los muestreos de suelo se eliminarán de la manera apropiada [Incluir este punto únicamente para la toma de muestras de agua subterránea, de lo contrario bórrela.]
- Agua subterránea purgada será \_\_\_\_\_ y dependiendo del nivel de contaminación del agua subterránea, las condiciones específicas del lugar y de las leyes federales, estatales y locales vigentes, podrían ser necesarias otras disposiciones de eliminación. Los métodos de eliminación también puede variar para el agua purgada de diferentes pozos muestreados durante el evento de muestreo].

## **9 DOCUMENTACION PARA MUESTRAS Y ENVIO**

### **9.1 NOTAS DE CAMPO**

*En esta sección se debe discutir el mantenimiento de registros en el campo. Esto puede ser a través de una combinación de bitácoras, formularios pre impresos, fotografías o otra documentación. La información requerida se enumera abajo.*

#### **9.1.1. Bitácoras de Campo**

**[Describa cómo se utilizan y guardan las bitácoras de campo.]**

Utilice las bitácoras de campo para documentar dónde, cuándo, cómo y para quien es toda la información vital que se obtuvo para el proyecto. Los asientos en la bitácora deben ser completos y suficientemente precisos para permitir la reconstrucción de las actividades de campo. Mantenga un cuaderno de diario para cada evento de muestreo o proyecto. Las bitácoras deben tener las páginas numeradas consecutivamente. Todas las inscripciones o asientos deben ser legibles, y estar escritos con

tinta negra, y firmadas por la persona que hace los ingresos. Utilice un lenguaje objetivo que describa los hechos.

Como mínimo, se debe registrar la siguiente información durante la recolección de cada muestra:

**[Editar esta lista como sea necesario.]**

- Ubicación y descripción de la muestra;
- Croquis del sitio de muestreo con la ubicación área de la muestra y medición de distancias;
- Nombre del que toma las muestras;
- Fecha y hora de recolección de las muestras;
- Designación de las muestras como compuestas o al azar;
- Tipo de muestra (suelo, sedimentos o agua);
- Tipo de equipo de maestro utilizado;
- Lectura y calibración del equipo de campo;
- Observaciones y detalles de campo relacionados con el análisis o la integridad de las muestras (Por ejemplo: condiciones atmosféricas, olores perceptibles, colores, etc.);
- Descripción preliminar de la muestra (Ej.: para suelos: franco arcilloso, muy húmedo; para el agua: agua clara con fuerte olor a amoníaco);
- Conservación de las muestras;
- Número de lote de los envases de las muestras, número de identificación de las muestras y códigos explicativos, y los números del formulario para la cadena de custodia;
- Arreglos de envío (número del porte aéreo nocturno);
- Nombre del o los laboratorios receptores.

Además de la información sobre el muestreo, se registrará la siguiente información específica también en la bitácora de campo para cada día del muestreo:

**[Editar esta lista según sea relevante.]**

- Los miembros del equipo y sus responsabilidades;
- Hora de entrada / entrada al sitio y hora de salida del sitio;
- El resto del personal sobre el terreno;
- Resumen de las reuniones o discusiones con el contratista o el personal de la agencia federal;
- Las desviaciones de los planes de muestreo, los planes de seguridad del sitio, y los procedimientos de Control de Calidad;
- Los cambios en el personal y sus responsabilidades y las razones por dichos cambios;
- Los niveles de protección de la seguridad;
- Lecturas de calibración para cualquier equipo utilizado y el modelo y número de serie del equipo.

**[Una lista de las notas de campo, siguiendo las sugerencias anteriores, utilizando solamente las que son apropiadas, debe desarrollarse e incluirse en las notas de campo del proyecto.]**

### 9.1.2. Fotografías

**[Si se toman fotografías, se puede utilizar el siguiente texto tal cual o modificarse, según proceda.]**

Las fotografías se tomarán en los lugares de muestreo y en otras áreas de interés tanto en el sitio como en el área de muestreo. Las fotos servirán para verificar la información consignada en la bitácora de campo. Para cada fotografía tomada, se escribirá la siguiente información en el cuaderno de diario o bitácora o se registrará en una bitácora de fotos separada:

- Hora, fecha, lugar y las condiciones climáticas;
- Descripción del objeto fotografiado;
- Nombre de la persona que toma la fotografía.

## 9.2 ETIQUETADO

**[El párrafo siguiente proporciona una explicación genérica y la descripción de la utilización de etiquetas. Se puede incorporar tal cual está, o modificarse para ajustarse a las condiciones específicas del proyecto.]**

Todas las muestras recogidas serán etiquetados de forma clara y precisa para la identificación adecuada en el campo y para el seguimiento en el laboratorio. Una copia de la etiqueta de la muestra se incluye en el Apéndice \_\_. Las muestras tendrán números pre-asignados, identificables, y únicos. Como mínimo, la etiqueta de las muestras contendrá la siguiente información: ubicación de la estación, fecha de recolección, parámetro(s) analítico (s), y el método de preservación. Todas las muestras, incluyendo las muestras recogidas en un solo sitio, pero que van a laboratorios independientes, serán asignadas un número único de muestra.

## 9.3 MUESTRA DE FORMULARIOS DE CADENA DE CUSTODIA Y SELLOS DE CUSTODIA

**[Los siguientes párrafos presentan una explicación genérica y la descripción de la utilización de formularios para la cadena de custodia y los sellos de custodia. Se pueden incorporar tal como están, si son apropiados o modificar para ajustarse a las condiciones específicas del proyecto.]**

Los formularios para la información sobre el registro/tráfico de la cadena de custodia orgánica e inorgánica se utilizan para documentar la toma de muestras y envío a los laboratorios para su análisis. Todos los envíos de muestras para su análisis estarán acompañados por un registro de la cadena de custodia. Una copia del formulario se encuentra en el Apéndice. Los formulario (s) serán completados y remitidos junto con las muestras para cada laboratorio y cada envío (es decir, cada día). Si se envían múltiples heladeras a un solo laboratorio en un solo día, los formularios serán completados y enviados con las muestras para cada refrigerador.

El formulario de la cadena de custodia identificará el contenido de cada envío y mantendrá la integridad de la custodia de las muestras. Por lo general, una muestra se considera bajo la custodia de alguien si está en la posesión física de alguien, o a la vista de alguien, bajo llave, o se mantiene en un área segura que está restringida al personal autorizado. Hasta que las muestras sean enviadas, la custodia de las muestras estará a cargo de \_\_\_\_\_ [nombre de la agencia / organización que conduce el muestreo]. El líder del equipo de muestreo o la persona designada firmará el formulario de cadena de custodia en la casilla de "entregado por" y anotará la fecha de la nota, la hora y el número del porte aéreo. Se documentará en este formulario el número de las muestras en todas las muestras de referencia, las muestras de laboratorio de control de calidad, y los duplicados (véase la sección 10,0). Una fotocopia se entregará a los archivos maestros [nombre de la \_\_\_\_\_ de la agencia / organización que realiza el muestreo].

Se coloca un sello de custodia autoadhesivo a través de la tapa de cada muestra. Una copia del sello se encuentra en el Apéndice \_\_. El sello se envuelve alrededor de las tapas de las muestras de COV. Los envases para el embarque en el que se almacenan las muestras (por lo general una nevera portátil para picnic resistente o hielera) se sella también con la cinta autoadhesiva de custodia cada vez que no están en posesión o a la vista antes de su embarque. Todos los sellos de custodia se firman y fechan.

## 9.4 EMBALAJE Y ENVÍO

**[Los párrafos que siguen presentan una explicación genérica y la descripción de cómo empaquetar y enviar las muestras. Se puede incorporar al como está, en su caso, o modificada para ajustarse a las condiciones específicas del proyecto.]**

Todos los recipientes para muestras se colocarán en un empaque fuerte para transporte exterior (una heladera con cinturón de acero). A continuación se describen los procedimientos de embalaje que se seguirán para las muestras de baja concentración.

- 1 Cuando se utiliza hielo, se debe empaquetar en bolsas doble plástico con cremallera tipo Zip locks. Selle el tapón de drenaje de la heladera con cinta de fibra de vidrio para evitar que el hielo derretido se escape fuera de la nevera.
- 2 La parte inferior de la heladera se debe forrar con plástico de burbujas para evitar roturas durante el transporte.
- 3 Compruebe que las tapas de las roscas estén bien apretadas y si los envases no están llenos, marque con tinta indeleble el nivel del volumen de las muestras en el exterior de las botellas.
- 4 Asegure las tapas de las botellas/envases con cinta transparente y el sello de custodia en todas las tapaderas de los envases.
- 5 Adhiera las etiquetas de la muestra en los recipientes con cinta transparente.
- 6 Envuelva todos los envases de vidrio para muestras en plástico de burbujas para evitar roturas.
- 7 Selle todos los envases de muestras en bolsas de plástico resistente con cierre hermético. Escriba el número de las muestras en el exterior de las bolsas plásticas con tinta indeleble.
- 8 Coloque las muestras en una nevera portátil resistente forrada con una bolsa grande de plástico para basura. Incluya el COC apropiado en una bolsa de plástico con cierre de cremallera colocada en la parte inferior de la tapa de la heladera.
- 9 Rellene los espacios vacíos en la nevera con plástico de burbujas o maníes de espuma de poliestireno para evitar que se muevan y roturas durante el transporte.
- 10 El hielo utilizado para enfriar las muestras se guardará con doble sello se empaquetará en dos bolsas de plástico con cremallera tipo Zip lock que se colocará en la parte superior y alrededor de las muestras que se ponen a enfriar a la temperatura correcta.
- 11 Cada heladera se asegurará con cinta de flejado, y los sellos de custodia se colocarán en la parte delantera, derecha y posterior de cada heladera.

El custodio de las muestras guardará los registros [**nombre de la organización**] con la siguiente información:

- Nombre del contratista de las muestras (**si no es la misma organización**);
- Nombre y ubicación del área o sitio de muestreo;
- Número del Caso o Programa Analítico Regional (PAR);
- Número total por concentración estimada y matriz de muestras enviadas a cada laboratorio;
- Número del Portador, conocimiento aéreo, método de envío (prioridad, día siguiente);
- Fecha del envío y fecha de recepción por el laboratorio;
- Irregularidades o problemas anticipados relacionados con las muestras;
- Si se enviarán muestras adicionales o si este es el último envío.

## **10 CONTROL DE CALIDAD**

*En esta sección se deben discutir las muestras de control de calidad que se están recogiendo para apoyar la actividad de muestreo. Esto incluye muestras de campo de control de calidad, las muestras de confirmación, las muestras de fondo, muestras de control de calidad del laboratorio y muestras divididas. Siempre que sea posible, se deben identificar los lugares dónde se recogerán las muestras así como una justificación sobre la elección del lugar. Se debe discutir la frecuencia de recolección. Todas las muestras, con excepción de las muestras de control de calidad de laboratorio se deben enviar al laboratorio ciegas, siempre que sea posible. Se deben identificar las muestras de control de calidad del laboratorio y se deben recolectar muestras adicionales para ese efecto (por ejemplo, volumen doble).*

### **10.1 CONTROL DE CALIDAD DE LAS MUESTRAS DE CAMPO**

*El control de calidad de las muestras de campo tiene por objeto ayudar a evaluar las condiciones resultantes de las actividades de campo con el objeto de lograr dos objetivos principales, la evaluación de la contaminación sobre el terreno y evaluación de la variabilidad del muestreo. El primero busca sustancias introducidas en el campo debido al medio ambiente o al equipo de muestreo y se evalúa mediante blancos de diferentes tipos. El último incluye la variabilidad de la técnica de muestreo y el rendimiento de los instrumentos, así como la posible variabilidad causada por la heterogeneidad de la matriz bajo muestreo y se evalúa utilizando una réplica de recolección de muestras. Las siguientes secciones cubren el control de calidad de campo.*

#### **10.1.1. Evaluación de la Contaminación de Campo (Blancos)**

*La contaminación de campo se suele evaluar mediante la recopilación de los diferentes tipos de espacios en blanco. Los espacios en blanco de equipo se obtienen haciendo pasar agua destilada o desionizada, según proceda, a lo largo o a través de un aparato descontaminado utilizado para el muestreo. Ellos constituyen el mejor medio global para evaluar la contaminación procedente del equipo, condiciones ambientales, los recipientes para muestras, el tránsito, y el laboratorio. Los blancos de campo son los recipientes para muestras que se llenan en el campo. Ellos ayudan a evaluar la contaminación de las condiciones ambientales, los recipientes para muestras, el tránsito, y el laboratorio. El laboratorio prepara las muestras vírgenes y las envía desde y hacia el campo. Ellos ayudan a evaluar la contaminación de los envíos y el laboratorio y son para compuestos orgánicos volátiles solamente. Los blancos de equipo se deben recoger, en su caso, (por ejemplo, cuando no se utiliza equipo desechable o dedicado). Los blancos de campo siguen en prioridad, seguidas por las muestras vírgenes. Sólo un tipo de blanco se debe recoger por evento, no los tres.*

##### **10.1.1.1. Blancos de Equipo**

*En general, los blancos de equipo se recolectan cuando se utiliza equipo de muestreo reusable, no desechable (por ejemplo, paletas, perforadoras de mano, y bombas de muestreo de aguas subterráneas no exclusivas) para el evento de toma de muestra. Sólo se debe recolectar una muestra en blanco por matriz, por día. Si se recolectan blancos de equipo, bajo condiciones normales no se requieren blancos de campo y muestras vírgenes. Los blancos de equipo se pueden recolectar para muestras de suelo, sedimentos y muestras de agua subterránea. Se prepara como mínimo un equipo blanco para cada día y para cada matriz cuando los equipos se descontaminan en el campo. Estos blancos se envían al laboratorio "ciegos", empacadas como las otras muestras y cada uno con su propio número de identificación único. Tenga en cuenta que para las muestras que puedan contener compuestos orgánicos volátiles, se debe purgar agua para los blancos antes de su uso para asegurar que esté libre de orgánicos. El agua HPLC, que se utiliza a menudo para los blancos de equipo y de campo, puede contener*

*compuestos orgánicos volátiles, si no se purga. El agua HPLC, que se utiliza a menudo para los blancos de equipo y de campo, puede contener compuestos orgánicos volátiles, si no se purga.*

***[Si se van a recolectar blancos de equipo describa cómo se van a recoger y los análisis que se llevarán a cabo. Se deben recolectar un máximo de una muestra en blanco por matriz, por día, pero a un ritmo no superior a un blanco por cada 10 muestras. La proporción de 1:10 anula el requisito de uno por día. Si se recolectan blancos de equipo, bajo condiciones normales no se requieren blancos de campo y muestras vírgenes. Utilice el lenguaje de referencia a continuación o haga referencia a las secciones correspondientes en el POE de Control de Calidad y estipule en cuál apéndice se encuentra el POE.]***

***[Incluya esta subsección si se van a recolectar blancos de equipo, de lo contrario, bórrelo.]***

***[Incluya este apartado, si se van a analizar los blancos tanto para metales como para compuestos orgánicos, de lo contrario borrarlo.]***

*Los blancos de equipo se recogen para evaluar el muestreo de campo y los procedimientos de descontaminación mediante el vertido de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) libre de orgánicos (para los orgánicos) o agua des ionizada (para los inorgánicos) sobre el equipo de muestreo descontaminados. Se recolecta un blanco de equipo por día por matriz en que el equipo de muestreo se descontamina en el campo. Los blancos se obtienen pasando agua a través o por encima de los dispositivos de muestreo descontaminados utilizados ese día. Los blancos recolectados se analizan en busca de \_\_\_\_\_ [Incluya nombre de los analitos meta, por ejemplo, metales, hidrocarburos totales de petróleo, compuestos orgánicos volátiles, etc.].*

***[Incluya este apartado, si se van a analizar los blancos únicamente para compuestos orgánicos, de lo contrario bórrelo.]***

*Los blancos de equipo se recogen para evaluar el muestreo de campo y los procedimientos de descontaminación mediante el vertido de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) libre de orgánicos (para los orgánicos) o agua des ionizada (para los inorgánicos) sobre el equipo de muestreo descontaminados. Se recolecta un blanco de equipo por día por matriz en que el equipo de muestreo se descontamina en el campo. Los blancos se obtienen pasando agua a través o por encima de los dispositivos de muestreo descontaminados utilizados ese día. Los blancos recolectados se analizan en busca de \_\_\_\_\_ [Incluya nombre de los analitos meta, por ejemplo, metales, hidrocarburos totales de petróleo, compuestos orgánicos volátiles, etc.]. Los blancos recolectados se analizarán para metales.*

***[Siempre incluya este párrafo.] Los blancos de equipo se preservan, empaican y sellan en la manera descrita para las muestras ambientales. Se asigna un número de muestra separado y número de estación para cada muestra y se enviará ciego al laboratorio.***

#### 10.1.1.2. Blancos de Campo

*Los blancos de equipo se recogen cuando no es necesario el muestreo del aire y agua o no se utiliza el equipo de recolección de muestras campo (ejemplo: bombas dedicadas). Se recolecta un blanco de equipo por día en que el equipo de muestreo se recolecta en el campo pero el equipo no se descontamina. Estos blancos se envían al laboratorio "ciegos", empaçadas como las otras muestras y cada uno con su propio número de identificación único. Tenga en cuenta que para las muestras que puedan contener compuestos orgánicos volátiles, se debe purgar agua para los blancos antes de su uso*

*para asegurar que esté libre de orgánicos. El agua HPLC, que se utiliza a menudo para los blancos de equipo y de campo, puede contener compuestos orgánicos volátiles, si no se purga.*

**[Incluya esta subsección si se van a recolectar los blancos de campo; de lo contrario bórrelo. Únicamente se debe recolectar una muestra de blancos por matriz por día. Si se preparan blancos de campo, no se requieren blancos de equipo ni vírgenes bajo circunstancias normales.]**

**[Incluya este párrafo si se van a analizar los blancos para tanto metales como para compuestos orgánicos; de lo contrario bórrelo.]**

Se recolectarán los blancos de campo para evaluar si se han introducido contaminantes a las muestras durante el muestreo debido a las condiciones ambientales o de las muestras de los envases. Los blancos de campo se obtienen mediante el vertido de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) libre de orgánicos (para los orgánicos) o agua de ionizada (para los inorgánicos) sobre el equipo de muestreo en los envases de muestras en los puntos de muestreo. Se recolecta un blanco de equipo por día por matriz en que el equipo de muestreo se descontamina en el campo. Los blancos recolectados se analizan en busca de \_\_\_\_\_ [Incluya nombre de los analitos meta, por ejemplo, metales, compuestos orgánicos volátiles, etc.].

**[Incluya este párrafo si los blancos se analizan en busca de compuestos orgánicos; de lo contrario bórrelo.]**

Se recolectarán los blancos de campo para evaluar si se han introducido contaminantes a las muestras durante el muestreo debido a las condiciones ambientales o de las muestras de los envases. Los blancos de campo se obtienen mediante el vertido de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) libre de orgánicos en los envases de muestras en los puntos de muestreo. Los blancos recolectados se analizan en busca de \_\_\_\_\_ [Incluya nombre de los analitos meta, por ejemplo, metales, hidrocarburos totales de petróleo, compuestos orgánicos volátiles, etc.].

**[Incluya este párrafo si los blancos se analizan en busca de metales; de lo contrario bórrelo.]**

Se recolectarán los blancos de campo para evaluar si se han introducido contaminantes a las muestras durante el muestreo debido a la contaminación de las muestras en los envases de muestreo. Los blancos de campo se obtienen mediante el vertido de agua de ionizada en los envases de muestras en los puntos de muestreo. Los blancos recolectados se analizan en busca de metales.

**[Siempre incluya este párrafo.]**

Estos blancos de campo se preservan, empacan y sellan de la manera descrita en las muestras ambientales. Se asignará un número de muestra separada y número de estación a cada muestra y se envían al laboratorio ciego.

#### 10.1.1.3. Blancos Vírgenes

*Los blancos vírgenes únicamente se requieren de no existir ningún otro tipo de blanco recolectado para el análisis de compuestos volátiles orgánicos y cuando se están recolectando muestras de aire y/o agua. Cuando se requieren blancos vírgenes, uno se envía al laboratorio para su análisis con cada envío de muestras para el análisis de VOCs. Estos blancos se envían al laboratorio "ciegos", empacadas como las otras muestras y cada uno con su propio número de identificación único. Tenga en cuenta que para las*

*muestras que puedan contener compuestos orgánicos volátiles, se debe purgar agua para los blancos antes de su uso para asegurar que esté libre de orgánicos. El agua de laboratorio que se utiliza para los blancos vírgenes puede contener compuestos orgánicos volátiles, si no se purga.*

**[Incluya esta subsección, únicamente si se recogerán muestras vírgenes, de lo contrario bórrela. Sólo se debe recolectar una muestra blanco por matriz, por día. Los blancos vírgenes únicamente afectan los esfuerzos de de muestreo de compuestos orgánicos volátiles (COV)]**

Se preparan blancos vírgenes para evaluar si los procedimientos de envío y manejo están introduciendo contaminantes en las muestras, y si está ocurriendo una contaminación cruzada en la forma de una migración de VOCs entre las muestras recolectadas. Como mínimo se entregará al laboratorio un blanco virgen para su análisis con cada envío de muestras para analizar VOCs. Los blancos vírgenes son viales de 40 mL llenados con agua grado HPLC purgada de manera que esté libre de VOCs y enviadas con los envases de muestreo vacías en el punto de muestreo antes del muestreo. Los blancos vírgenes sellados no se abren en el campo y se envían al laboratorio en la misma hielera con las muestras recolectadas para el análisis de volátiles. Los blancos vírgenes se preservan, empaican de la manera descrita para muestras ambientales. Se asigna un número separado de muestra y de estación a cada muestra virgen y se envían ciegos al laboratorio.

#### 10.1.1.4. Blancos de Temperatura

**[Incluya este párrafo con todos los planes.] Para cada hielera enviada o transportada a un laboratorio analítico se incluirá un vial de 40 ml para VOCs marcado como “blanco de temperatura.” Este blanco lo utilizará el custodio de las muestras para verificar la temperatura de las muestras inmediatamente de recibirlas.**

#### 10.1.2. Evaluación de la Variabilidad de Campo (Duplicados de Campo o Muestras Co-ubicadas)

Se recogen los duplicados de las muestras de forma simultánea con una muestra patrón de la misma fuente, en condiciones idénticas en recipientes para muestras independientes. Los duplicados de campo consisten de una muestra homogeneizada dividida en dos o más o en una muestra coincidente. Cada porción de un duplicado debe tener un número propio asignado para la muestra la cual se envía ciega al laboratorio. La muestra duplicada se trata independientemente de su contraparte a fin de evaluar el desempeño del laboratorio a través de la comparación de los resultados. Por lo menos el 10% de las muestras recogidas por evento deben ser duplicados de campo. Se debe recolectar al menos un duplicado para cada matriz muestra, pero la recolección de los mismos puede extenderse a lo largo de más de un día (por ejemplo, si se necesita más de un día para llegar a 10 muestras). Cada grupo de analitos para el cual se analiza una muestra patrón también será examinada en uno o más muestras duplicadas. Las muestras duplicadas se deben recolectar de las zonas de contaminación conocidas o sospechadas. Dado que el objetivo es evaluar la variabilidad por la técnica de muestreo y la probable heterogeneidad de la muestra, la variabilidad de la fuente es una buena razón para recoger muestras co-ubicadas, y no para evitar su recolección.

Los duplicados de las muestras de suelos se recogerán en los puntos de muestreo [Identificar los puntos de muestreo del suelo de donde se recolectarán los duplicados de las muestras o las co-colocadas para el análisis de los duplicados].

Las muestras duplicadas se recogerán de estos lugares porque [Añadir frase (s) dando una razón para recolectar los duplicados de muestras de estos lugares, por ejemplo, se sospecha que las muestras de

estos lugares muestran concentraciones moderadas de contaminantes o que en los eventos anteriores de toma de muestras se han detectado niveles moderados de contaminación en el sitio o en el área de muestreo.]

**[Incluya este párrafo si está recolectando muestras de suelo y analizándolos para compuestos distintos a los volátiles; de lo contrario bórralo.]**

Las muestras de suelo que deben analizarse en busca de \_\_\_\_\_ [lista de todos los métodos de análisis para este evento de muestreo, a excepción de los compuestos volátiles.] se homogeneizaron con una paleta en una cubeta desechable para muestras. Los materiales homogeneizados en la cubeta serán transferidos a los frascos de vidrio de boca ancha adecuados tanto para las muestras regulares como de duplicados. Todos los frascos designados para un análisis particular (por ejemplo, compuestos orgánicos semivolátiles) se llenarán de forma secuencial antes de que se llenen los frascos destinados a otros análisis (por ejemplo, metales).

**[Incluir este apartado, si está recolectando muestras de suelo y analizando compuestos volátiles, de lo contrario bórralo.]**

Las muestras de suelo para el análisis de compuestos orgánicos volátiles no serán homogeneizadas. Las muestras Encore equivalentes desde una ubicación co-ubicada se recogerán de forma idéntica a las muestras originales, asignándoles números únicos a las muestras y enviadas ciegas al laboratorio.

**[Incluya estos párrafos si está recolectando muestras de sedimentos. Si se va a efectuar un análisis de compuestos orgánicos volátiles en las muestras de sedimento, modifique el párrafo anterior para el análisis de volátiles en las muestras de suelo, cambiando “suelo” por “sedimento”]**

Se recogerán los duplicados de las muestras en los puntos de muestreo \_\_\_\_\_ [Identificar las ubicaciones de las muestras de sedimentos de las cuales se obtienen las muestras duplicadas o co-ubicadas para el análisis de duplicados]. Las muestras duplicadas se recogerán de estos lugares porque [Añadir frase (s) dando una razón para recolectar los duplicados de muestras de estos lugares, por ejemplo, se sospecha que las muestras de estos lugares muestran concentraciones moderadas de contaminantes o que en los eventos anteriores de toma de muestras se han detectado niveles moderados de contaminación en el sitio o en el área de muestreo.] Las muestras de sedimentos se homogeneizaron con una paleta en una cubeta desechable de 1 galón para muestras. Los materiales homogeneizados en la cubeta serán transferidos a los frascos de vidrio de boca ancha adecuados tanto para las muestras regulares como de duplicados. Todos los frascos designados para un análisis particular (por ejemplo, compuestos orgánicos semivolátiles) se llenarán de forma secuencial antes de que se llenen los frascos destinados a otros análisis (por ejemplo, metales).

**[Incluya este párrafo si está recolectando muestras de agua.]**

Las muestras de agua duplicadas se recolectarán para los números de de muestras de agua \_\_\_\_\_ [los números de las muestras de agua que se dividirán para el análisis duplicado]. Las muestras duplicadas se recogerán de estos lugares porque \_\_\_\_\_ [Añadir frase (s) dando una razón para recolectar los duplicados de muestras de estos lugares, por ejemplo, se sospecha que las muestras de estos lugares muestran concentraciones moderadas de contaminantes o que en los eventos anteriores de toma de muestras se han detectado niveles moderados de contaminación en el sitio o en el área de muestreo.] Cuando se recolectan muestras de agua duplicadas, las botellas con los

dos números diferentes de identificación de muestra se alternarán en la secuencia del proceso de llenado (Ej.: una secuencia típica de llenado sería, GW-2 designación VOC, GW-4 designación VOC (duplicado de GW-2); metales, designación GW-2, metales, designación GW-4, (duplicado de GW-2) etc.). Note que las botellas para un tipo de análisis serán llenadas antes que las botellas para el siguiente análisis. Los volátiles siempre se llenan primero.

**[Siempre incluye este párrafo.]**

Estos duplicados de las muestras se preservan, empaquetan y sellan de la misma manera que para otras muestras de la misma matriz. Se asignará un número de muestra separada y número de estación a cada duplicado y se envía ciego al laboratorio.

## 10.2 MUESTRAS DE ANTECEDENTES

*Las muestras de antecedentes se recogen en situaciones en las que existe la posibilidad de presencia de niveles nativos o ambientales de uno o varios analitos meta o cuando uno de los objetivos del evento del muestreo es diferenciar entre las contribuciones de los contaminantes tanto en el sitio como fuera del sitio. Se eligen una o varias ubicaciones libres de contaminación en el sitio o la zona de muestreo, pero que tengan una geología, hidrogeología, u otras características similares, a los lugares de muestreo propuestos que pudieran verse afectados por las actividades en el sitio. Por ejemplo, un área adyacente a, pero retirada del sitio, aguas arriba de los puntos de muestreo, o hasta un gradiente hacia arriba o transversal del agua subterránea bajo el sitio. No todos los eventos de muestreo requieren muestras de antecedentes.*

**[Especifique las ubicaciones de muestreo que han sido designadas como de antecedente. Incluya una justificación para la recolección de muestras de antecedente de estos lugares y describa o haga una referencia de los procedimientos de muestreo y análisis que se seguirán para recoger estas muestras.]**

## 10.3 ANALISIS DE CAMPO Y MUESTRAS DE CONFIRMACION

*Para los proyectos en que se utilizan métodos de análisis de campo (por lo general se definen como las pruebas de campo con ayuda de equipos de prueba, kits de inmunoensayo, o mediciones del gas en el suelo o su equivalente, pero no suelen definirse como el uso de un laboratorio móvil que genera datos equivalentes a los de un laboratorio fijo), se deben describir dos aspectos de las pruebas. Primero, el control de calidad que se llevará a cabo en conjunción con el método de análisis de campo mismo, y, segundo, los análisis fijos de confirmación del laboratorio que se realizarán. Los criterios de admisión de estas pruebas de CC se deben definir en estas secciones y no en la sección de DQO.*

### 10.3.1. Muestras de Análisis de Campo

**[Para los proyectos en que se utilizan métodos de análisis de campo, describa el control de calidad de las muestras que se realizarán en el campo para garantizar que el método de análisis está funcionando correctamente. Por lo general, consisten de una combinación de duplicados de campo y de muestras de antecedentes (limpias). La discusión debe especificar los criterios de aceptación y de medidas correctoras que deban adoptarse si los resultados no están dentro de límites definidos. Discuta las pruebas de confirmación a continuación.]**

### 10.3.2. Muestras de Confirmación

*Si el evento de muestreo previsto incluye una combinación de análisis de campo y confirmaciones fijas de laboratorio, esta sección debe describir la frecuencia con que las muestras de confirmación se deben recoger y los criterios que se utilizarán para seleccionar los lugares de confirmación. Ambos serán*

*dependientes de la utilización de los datos en la toma de decisiones. Se recomienda que el proceso de selección esté dentro del mínimo del 10% y que el criterio de selección incluya controles tanto para los falsos positivos (es decir, análisis de campo no válidos o las concentraciones no son exactas) y falsos negativos (es decir, la sustancia analizada no se detectó en el campo). Debido a que muchas técnicas de análisis de campo son menos sensibles que los métodos de laboratorio, la detección de falsos negativos es especialmente importante a menos que el método de campo esté por debajo del nivel de acción para la toma de cualquier decisión. Se recomienda seleccionar algunos “hallazgos” y que otros sitios se elijan al azar.*

**[Describa el muestreo de confirmación. Discuta la frecuencia con que las muestras se van a confirmar y cómo se elegirá la ubicación. Defina los criterios de aceptación de los resultados de confirmación (por ejemplo, # RPD 25%) y las acciones correctoras que deban adoptarse en caso de que no se confirmen las muestras.]**

### 10.3.3. Muestras Divididas

*Las muestras divididas se definen de manera distinta según la organización, pero para propósito de esta guía, las muestras divididas son las que se distribuyen entre dos o más laboratorios con el fin de proporcionar una comparación entre laboratorios o entre organizaciones. Por lo general, una organización (por ejemplo, una parte responsable) recoge las muestras y proporciona material suficiente a la otra organización (por ejemplo, la EPA) para que puedan llevar a cabo análisis independientes. Se espera que la parte muestreadora haya preparado un plan de muestreo que la Oficina de control de calidad haya revisado y aprobado previamente y que describa los puntos de muestreo y los criterios para su elección, métodos de muestreo y análisis.*

**[Describa el propósito de la toma de muestras divididas. Incluya referencias al plan de muestreo aprobado de la parte que recoge las muestras. Proporcionar una justificación de los puntos de muestreo en las que se obtendrán las muestras divididas y describa cómo estos lugares son representativos del evento de toma de muestras en su conjunto. Describa cómo los resultados se deben comparar y defina los criterios bajo los cuales se medirá el acuerdo. Discuta las medidas correctoras que deban adoptarse si resulta que los resultados no están de acuerdo.]**

## 10.4 MUESTRAS DE CONTROL DE CALIDAD DE LABORATORIO

*Las muestras de Control de Calidad de Laboratorio (QC) se analizaron en el marco de prácticas de laboratorio estándar. El laboratorio controla la precisión y exactitud de los resultados de sus procedimientos analíticos mediante el análisis de muestras de control de calidad. En parte, las muestras de control de calidad de laboratorio consisten en la matriz fortificada/matriz fortificada de duplicados de las muestras para los análisis orgánicos, y la matriz fortificada de duplicados de las muestras para los análisis inorgánicos. El término de “matriz” se refiere al uso del medio real de recolección en el campo (por ejemplo, muestras de suelo y agua de rutina).*

*Las muestras de Control de Calidad de Laboratorio son muestras de una alícuota (sub conjunto) de la muestra del campo. No son una muestra por separado, sino una designación especial de una muestra existente.*

**[Incluya el siguiente texto si las muestras de suelo se deberán recoger de un modo diferente al COV, de lo contrario bórralo.]**

Una muestra de suelo recolectada de forma rutinaria (un envase de muestra completa de 8-oz o dos frascos de 120 ml) contienen un volumen suficiente tanto para el análisis de muestras de rutina y otros análisis de control de calidad de laboratorio. Por lo tanto, no se incluirá una muestra de suelo independiente para fines de control de calidad del laboratorio. [Incluya el siguiente texto si las muestras de suelo se deberán recoger de un modo diferente al de los COV. De lo contrario bórrelo.] Las muestras de suelo para el análisis de los compuestos orgánicos volátiles para propósitos de control de calidad de laboratorio se obtendrán mediante la recolección del doble del número de muestras Encore equivalente desde un punto co-ubicado en la misma forma que las muestras originales, a las que se les asigna un número único de muestra y que se envían ciegas al laboratorio.

**[Incluya el siguiente texto si se van a recolectar muestras de agua. De lo contrario bórrelo]**

Respecto de las muestras de agua, se suministran dobles volúmenes de muestras al laboratorio para fines de control de calidad. Se llenan dos juegos de envases con muestras de agua y todos los contenedores se etiquetan con un número único de muestra.

Para las muestras de COV esto resultaría en 6 viales en vez de los 3 recolectados, para los plaguicidas y muestras semivolátiles serían de 4 litros en lugar de 2, etc.

El laboratorio debe estar alerta en cuanto a cuál muestra se va a utilizar para el análisis de control de calidad, anotando en la etiqueta del envase de la muestra el registro de la cadena de custodia o de la lista de embalaje. Como mínimo, se requiere una muestra de control de calidad de laboratorio por cada 14 días o una cada 20 muestras (incluyendo blancos y duplicados), lo que sea mayor. Si el evento de la muestra dura más de 14 días o implica la colección de más de 20 muestras por matriz, se designarán otras muestras de control de calidad.

Para este evento de muestreo, las muestras recogidas en los siguientes lugares se designarán como muestras de CC de laboratorio: [Si una matriz no se muestra, suprima la referencia a esa matriz.]

- Para muestras de suelo \_\_\_\_\_ [Liste los puntos de las muestras de suelo y los números designados para AC/CC.]
- Para muestras de sedimentos \_\_\_\_\_ [Liste los puntos de muestras de sedimentos y los números designados para AC/CC.]
- Para muestras de agua \_\_\_\_\_ [Liste los puntos de muestras de sedimentos y los números designados para AC/CC.]

**[Añadir un párrafo que explique por qué estos puntos de muestreo fueron elegidos para muestras de AC / CC. Las muestras AC /CC son muestras de las que cabe esperar que contengan niveles moderados de contaminación. Otra razón fundamental debe justificar la selección de AC / CC con base en muestras a las que previamente se les ha detectado una contaminación en el lugar o el área de muestreo, sitio histórico u operaciones en la zona de toma de muestras, o la deposición esperada de contaminantes/inmigración, etc.]**

## **11 VARIACIONES DE CAMPO**

**[No es raro encontrar que, en la fecha del muestreo real, las condiciones sean diferentes a las expectativas de tal manera que los cambios deben hacerse al POS una vez que los muestreadores estén en el campo. El párrafo siguiente proporciona un medio para documentar las desviaciones o**

**variaciones. Adopte el párrafo tal como esta, o modifíquelo a manera que se ajuste a las condiciones específicas del proyecto.]**

Como las condiciones en el campo pueden variar, podría ser necesario aplicar pequeñas modificaciones al muestreo según a como se presenta en este plan. Cuando proceda, la Oficina de control de calidad será notificada y se obtendrá una aprobación verbal antes de implementar los cambios. Las modificaciones al plan aprobado serán documentadas en el informe del proyecto de muestreo.

## **12 PROCEDIMIENTOS DE SALUD DE CAMPO Y SEGURIDAD**

**[Describa cualquier organismo, programa o proyecto específico de la salud y la seguridad que deben seguirse en el campo, incluidos los equipos de seguridad y ropa que puedan ser necesarios, la explicación de los peligros potenciales que se pueden encontrar, y la ubicación y la ruta hasta el hospital o centro de tratamiento médico. Se puede incluir una copia del plan de organización de la salud y seguridad en el apéndice y se le hace una referencia en esta sección.]**

## APENDICE G. CODIGO INTERNACIONAL PARA EL MANEJO DEL CIANURO

El siguiente anexo presenta el Código Internacional para el manejo del Cianuro, desarrollado por la industria minera. Es un Código de práctica voluntario. Una vez que la compañía minera se compromete a cumplir con el Código, paga una cantidad de fondos a la organización de manejo del Código y acuerda ser auditado por una firma de ingenieros externa. Dicha firma visita la el lugar de la mina y determina si la compañía cumple con los requisitos del Código para el transporte, almacenamiento, manejo, uso, tratamiento y disposición del cianuro. Si una compañía minera cumple con las disposiciones, según la visita de la firma, la organización del Código emite una notificación de cumplimiento, la cual es colocada en el sitio Web del Código. Las compañías que cumplen con el Código también acuerdan ser auditadas cada 3 – 5 años para asegurar que funcionan de acuerdo al Código. Debe hacerse notar que muchos países han desarrollado regulaciones del uso del cianuro en las minas, las cuales son más rigurosas que el Código. El Código debe ser visto como un programa mínimo, y no como una Buena Práctica.



**INSTITUTO INTERNACIONAL PARA EL MANEJO DEL CIANURO**

***Código Internacional para el Manejo de Cianuro***

[www.cyanidecode.org](http://www.cyanidecode.org)

**Agosto 2008**

Se considera que el Código Internacional de Manejo del Cianuro (de aquí en adelante denominado «el Código»), así como otros documentos y fuentes de información a los que se hace referencia en [www.cyanidecode.org](http://www.cyanidecode.org) son fuentes fidedignas que han sido preparadas de buena fe, a partir de la información que han tenido razonablemente disponible los redactores. No obstante, no se garantiza la precisión o exhaustividad de cualquiera de estos documentos o fuentes de información. No se garantiza la aplicación del Código, los documentos adicionales disponibles o los materiales a los que se hace referencia para evitar riesgos, accidentes, incidentes, o lesiones a trabajadores y/o miembros del público, en cualquier sitio específico donde se extraiga oro desde el mineral, mediante el proceso de cianuración. El cumplimiento del presente Código no tiene por objeto, ni reemplaza, infringe o altera de

modo alguno los requerimientos de cualquier estatuto específico de jurisdicción nacional, del estado o local, ley, regulación, ordenanza, o cualquier otro requerimiento relacionado con las cuestiones incluidas en el presente. El cumplimiento del presente Código es totalmente voluntario y no está destinado ni pretende crear, establecer o reconocer ningún tipo de obligación o derecho legalmente ejecutable para los signatarios del presente, sus partidarios o cualquier otra parte participante.

## **1 ALCANCE**

El Código es una iniciativa voluntaria para la industria de la minería del oro, así como para los productores y transportistas del cianuro utilizado en la minería del oro. Su finalidad es complementar los requerimientos reguladores existentes en la operación. El cumplimiento de las normas, regulaciones y leyes correspondientes a la jurisdicción política es necesario, por tanto, el presente Código no pretende infringir dichas leyes.

El Código se centra exclusivamente en el manejo seguro del cianuro que es producido, transportado y utilizado en la recuperación del oro, así como en los residuos del tratamiento de cianuración y las soluciones de lixiviación. El Código fue en un principio creado para operaciones de minería del oro, y para tratar el tema de la producción, transporte, almacenamiento y uso del cianuro, así como el desmantelamiento de instalaciones de cianuro. El Código incluye también requerimientos relacionados con el aseguramiento financiero, la prevención de accidentes, la respuesta ante emergencias, la capacitación, la información pública, la participación de interesados y los procedimientos de verificación. Los productores y transportistas de cianuro están sujetos a aquellas secciones del Código correspondientes, identificadas en sus respectivos Protocolos de Verificación.

El código no se ocupa de todas las actividades de seguridad o medio ambiente que puedan estar presentes en las operaciones de minería del oro, tales como el diseño y construcción de diques de cola o el cierre a largo plazo y la rehabilitación de las operaciones mineras.

El término «cianuro» se utiliza a lo largo de todo el Código para referirse genéricamente al ión de cianuro, al cianuro de hidrógeno, así como a las sales y compuestos de cianuro con una serie de metales en sólidos y soluciones. Se debe tener en cuenta que los riesgos que entrañan las diversas formas de cianuro dependen de la especie específica, así como de su concentración. En el sitio web [http://www.cyanidecode.org/cyanide\\_chemistry.php](http://www.cyanidecode.org/cyanide_chemistry.php) se puede encontrar información relacionada con las diversas formas químicas de cianuro.

## **2 IMPLEMENTACION DEL CODIGO**

Teniendo en cuenta que el Código se aplica a operaciones mineras de oro, el Código consta de dos componentes principales. En la parte de «Principios», se detallan, a grandes rasgos, los compromisos que los signatarios adquieren para manejar el cianuro de una manera responsable. En la sección de «Normas de Procedimiento» se sigue cada Principio, y se identifican metas y objetivos de desempeño que deben ser cumplidos para acatar cada Principio. Los Principios y las Normas correspondientes a la producción y transporte de cianuro están consignados en los respectivos Protocolos de Verificación. Las operaciones reciben una certificación de cumplimiento del Código, una vez que una tercera parte independiente ha realizado una auditoría para verificar que las operaciones cumplen con las Normas de Procedimiento, las Prácticas de Producción y Prácticas de Transporte.

Para consultar la guía de implementación, visite el sitio:  
[http://www.cyanidecode.org/become\\_implementation.php](http://www.cyanidecode.org/become_implementation.php).

Los programas y procedimientos identificados en los Principios del Código y en las Normas de Procedimiento, así como en los Protocolos de Verificación de Producción y Transporte de Cianuro para el manejo de cianuro se pueden crear independientemente de otros programas, o pueden ser integrados a los programas generales de gestión de seguridad, salud y medioambiente del lugar de faena. Teniendo en cuenta que las operaciones, por lo general, no cuentan con un control directo de todas las fases de producción, transporte o manipulación del cianuro, las minas de oro — que están siendo sometidas a Auditorías de Verificación para obtener la certificación en virtud del Código— deberán exigir que las demás entidades que participan en estas actividades, y que no sean en sí mismas signatarias del Código, se comprometan y demuestren aceptar los Principios del Código y cumplir las Normas de Procedimiento para estas actividades.

**El presente Código, la guía de implementación, la guía de operarios de minas, así como otra documentación o fuentes de información a la que se haga referencia en [www.cyanidecode.org](http://www.cyanidecode.org) serán consideradas fuentes fidedignas preparadas de buena fe a partir de la información razonablemente a disposición de los redactores. No obstante, no se garantiza la precisión o exhaustividad de cualquiera de estos documentos o fuentes de información. La guía de implementación, la guía de operarios de la mina y los documentos y referencias adicionales no están diseñados para formar parte del Código. No se garantiza la aplicación del Código, los documentos adicionales disponibles o los materiales a los que se hace referencia para evitar riesgos, accidentes, incidentes, o lesiones a trabajadores y/o miembros del público, en cualquier sitio específico donde se extraiga oro desde el mineral, mediante el proceso de cianuración. El cumplimiento del presente Código no tiene por objeto, ni reemplaza, infringe o altera de modo alguno los requerimientos de cualquier estatuto específico de jurisdicción nacional, del estado o local, ley, regulación, ordenanza, o cualquier otro requerimiento relacionado con las cuestiones incluidas en el presente. El cumplimiento del presente Código es totalmente voluntario y no está destinado ni pretende crear, establecer o reconocer ningún tipo de obligación o derecho legalmente ejecutable para los signatarios del presente, sus partidarios o cualquier otra parte participante.**

### **3 PRINCIPIOS Y NORMAS DE PROCEDIMIENTO**

**3.1 PRODUCCION** Fomentar la manufacturación responsable del cianuro, mediante la compra del producto a fabricantes que operen de manera segura y con conciencia medioambiental.

#### *Normas de Procedimiento*

3.1.1 Comprar cianuro de aquellos fabricantes que utilicen las prácticas y procedimientos apropiados para limitar la exposición de sus trabajadores al cianuro y para prevenir escapes de cianuro al medio ambiente.

**3.2 TRANSPORTE** *Proteger a las comunidades y el medio ambiente durante el transporte de cianuro.*

*Normas de Procedimiento*

- 3.2.1 Establecer líneas claras de responsabilidad en cuestiones de seguridad, protección, prevención de escapes, capacitación y respuestas de emergencia, mediante acuerdos escritos establecidos con fabricantes, distribuidores y transportistas.
- 3.2.2 Exigir que los transportistas de cianuro implementen planes y adopten aptitudes de respuesta ante emergencia adecuados, y que tomen las medidas pertinentes para el manejo del cianuro.

**3.3 MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO *Proteger a los trabajadores y el medio ambiente durante la manipulación y el almacenamiento del cianuro.***

*Normas de Procedimiento*

- 3.3.1 Diseñar y construir instalaciones para la descarga, el almacenamiento y mezclado que estén en consonancia con prácticas de ingeniería sólidas y aceptadas, así como con los controles de calidad y los procedimientos necesarios para garantizar la calidad, evitar derrames y proporcionar medios de contención de derrames.
- 3.3.2 Operar las instalaciones de descarga, almacenamiento y mezclado utilizando inspecciones, mantenimiento preventivo y planes de contingencia para prevenir o contener escapes y para controlar y responder a la exposición de los trabajadores.

**3.4 OPERACIONES *Manejar adecuadamente las soluciones del proceso de cianuración y los flujos de desecho, para proteger la salud humana y el medio ambiente.***

*Normas de Procedimiento*

- 3.4.1 Implementar sistemas de gestión y operación diseñados para proteger la salud humana y el medio ambiente, lo que incluye planificación de contingencia, inspecciones y procedimientos de mantenimiento preventivo.
- 3.4.2 Introducir sistema operativos y de gestión para minimizar el uso de cianuro, y así limitar la concentración de cianuro en los relaves de tratamiento.
- 3.4.3 Implementar un programa integral de gestión del agua para evitar escapes accidentales.
- 3.4.4 Implementar medidas para proteger las aves, otro tipo de vida silvestre y ganado contra los efectos adversos de las soluciones del proceso de cianuración.
- 3.4.5 Implementar medidas para proteger los peces y la vida silvestre contra el vertido directo e indirecto de soluciones del proceso de cianuración al agua superficial.
- 3.4.6 Implementar medidas diseñadas para manejar la filtración de las instalaciones de cianuro y así proteger los usos beneficiosos del agua subterránea.
- 3.4.7 Proporcionar medidas de prevención y contención de derrames para tanques y tuberías del proceso.
- 3.4.8 Implementar procedimientos de control / garantía de calidad para confirmar que las instalaciones de cianuro están construidas según normas y especificaciones de ingeniería aceptadas.
- 3.4.9 Implementar programas de monitoreo para evaluar los efectos del uso de cianuro en la vida silvestre y en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

**3.5 DESMANTELAMIENTO** *Proteger a las comunidades y el medio ambiente contra el cianuro, mediante el diseño e implementación de planes de desmantelamiento de las instalaciones de cianuro.*

*Normas de Procedimiento*

- 3.5.1 Planificar e implementar procedimientos para el desmantelamiento eficaz de las instalaciones de cianuro, con el fin de proteger la salud humana, la vida silvestre y el ganado.
- 3.5.2 Establecer un mecanismo de aseguramiento que garantice la financiación completa de las actividades de desmantelamiento relacionadas con cianuro.

**3.6 SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES** *Proteger la salud de los trabajadores y su seguridad ante la exposición al cianuro.*

*Normas de Procedimiento*

- 3.6.1 Identificar escenarios posibles de exposición al cianuro y tomar las medidas necesarias para eliminar, reducir y controlar dichos escenarios.
- 3.6.2 Operar y monitorear las instalaciones de cianuro, con el fin de proteger la salud y la seguridad de los trabajadores y evaluar periódicamente la efectividad de las medidas de salud y seguridad.
- 3.6.3 Diseñar e implementar planes y procedimientos de respuesta ante emergencias para responder ante la exposición de los trabajadores al cianuro.

**3.7 RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS** *Proteger a las comunidades y el medio ambiente mediante el diseño de estrategias y capacidades de respuesta ante emergencias.*

*Normas de Procedimiento*

- 3.7.1 Preparar planes detallados de respuesta ante emergencias para casos de escapes potenciales de cianuro.
- 3.7.2 Hacer participar en el proceso de planificación al personal del lugar de faena y a los demás interesados.
- 3.7.3 Designar personal apropiado y comprometer los equipos y recursos para la respuesta ante emergencias.
- 3.7.4 Diseñar procedimientos para la elaboración de informes y notificaciones internas y externas sobre emergencias.
- 3.7.5 Incorporar, a los planes de respuesta, elementos de monitoreo y medidas de saneamiento que contemplen los peligros adicionales relacionados con la utilización de químicos en tratamientos de cianuración.
- 3.7.6 Evaluar periódicamente los procedimientos y capacidades de respuesta, y proceder a corregirlos cuando sea necesario.

### **3.8 CAPACITACION *Capacitar a los trabajadores y al personal de respuesta ante emergencias para que manejen el cianuro de un modo seguro y respetuoso con el medio ambiente.***

#### *Normas de Procedimiento*

- 3.8.1 Capacitar a los trabajadores para que comprendan los peligros asociados al uso del cianuro.
- 3.8.2 Capacitar al personal correspondiente para operar las instalaciones según sistemas y procedimientos que protejan la salud humana, las comunidades y el medio ambiente.
- 3.8.3 Capacitar a los trabajadores y personal correspondiente para responder ante la exposición de los trabajadores o ante el escape de cianuro al medio ambiente.

### **3.9 DIALOGO *Participar en tareas de divulgación y consultas públicas.***

#### *Normas de Procedimiento*

- 3.9.1 Proporcionar a los interesados la oportunidad de comunicar temas de su inquietud.
- 3.9.2 Establecer un diálogo para describir los procedimientos de manejo del cianuro y abordar responsablemente las inquietudes identificadas.
- 3.9.3 Poner a disposición de los interesados la información apropiada relacionada con cuestiones operativas y medioambientales del cianuro.

## **4 GESTION DEL CODIGO**

### ***4.1 Administración***

El International Cyanide Management Institute (Instituto Internacional para el Manejo del Cianuro, “El Instituto”) es una organización sin fines de lucro creada para administrar el Código mediante un Directorio de diversos interesados, constituido por representantes de la industria de la minería de oro y por participantes de otros grupos de interés. Si desea mayor información sobre el Instituto, ingrese a <http://www.cyanidecode.org/whoicmi.php>.

Las principales responsabilidades del Instituto son:

- Promover la adopción y cumplimiento del Código, y monitorear su efectividad e implementación dentro de la industria mundial de la minería del oro.
- Desarrollar fuentes de financiación y de apoyo para las actividades del Instituto.
- Trabajar con los gobiernos, ONG’s, intereses financieros, así como con otros organismos para fomentar la adopción y apoyo generalizado del Código.
- Identificar problemas o deficiencias técnicas o administrativas que puedan existir con la implementación del Código, y
- Determinar cuándo y cómo se deberá revisar y actualizar el Código.

### ***4.2 Signatarios del Código***

Las empresas mineras que extraen oro, ya sea en una o varias operaciones, y los productores y transportistas del cianuro utilizado en la minería del oro pueden ser signatarios del Código. Se requiere la firma del propietario o representante corporativo de la empresa que opera. Al ser signatario, cada empresa se compromete a cumplir los Principios del Código y a implementar sus Normas de Procedimiento. En el caso de productores y transportistas, los Principios y Procedimientos estarán identificados en sus respectivos Protocolos de Verificación. Las operaciones de los signatarios del Código serán auditadas para verificar el cumplimiento de la operación con lo dispuesto en el Código.

Cuando una empresa minera que extrae oro se convierte en signatario, debe especificar cuál de sus operaciones desea que sea certificada. Sólo se podrán certificar aquellas instalaciones de producción y transporte de cianuro, que estén relacionadas con el uso de cianuro en minería del oro. Si una empresa no audita sus operaciones dentro de los 3 años de la firma del Código, perderá su estatus de signatario. Véase: <http://www.cyanidecode.org/signatorycompanies.php>.

### **4.3 Verificación y Certificación del Código**

Las auditorías se llevan a cabo cada tres años y están a cargo de profesionales terceros e independientes que cumplen con los criterios para auditores del Instituto. El día en que el Instituto realiza la acción formal de certificación sobre la base de los resultados del auditor, la auditoría se considera completa, y comienza el período de tres años tras el cual debe realizarse la siguiente auditoría. Los auditores evalúan la operación para determinar si el manejo del cianuro que allí se realiza cumple con los Principios y Normas de Procedimiento del Código, o las Prácticas de Producción o Transporte para este tipo de operaciones. El Protocolo de Verificación del Código contiene los criterios para todas las auditorías. Las operaciones deberán poner a disposición de los auditores toda la información relevante, incluso los resultados completos de su Auditoría más reciente para la Verificación del Código, para poder ser considerados candidatos a la certificación.

Durante una auditoría de verificación inicial, se evaluará el cumplimiento de la operación en el momento de la auditoría. En las auditorías subsiguientes de re-verificación se evaluará también el cumplimiento durante el período comprendido entre la auditoría actual y la precedente.

Una vez que se complete la auditoría, el auditor debe revisar los resultados junto con personal de la operación, a fin de asegurar que la auditoría sea, en cuanto a los hechos, precisa y se introduzcan los cambios necesarios. El auditor debe presentar a los signatarios, a la operación y al Instituto un "Informe de Resultados de Auditoría" detallado en el que hará referencia a los criterios del Protocolo de Verificación y un "Informe Resumido de Auditoría" que incluya la conclusión de si la operación cumple con el Código. Se certificará que la operación cumple con el Código si el auditor llega a la conclusión de que la operación cumple, por completo, con todos los Principios y Normas de Procedimiento, o con sus Principios y Procedimiento para la producción y transporte de cianuro. El "Informe de Resultados de Auditoría" detallado será de propiedad confidencial de la operación y no será revelado por el Instituto por ningún medio sin el consentimiento expreso y por escrito del signatario y de la operación auditada. El "Informe Resumido de Auditoría" estará a disposición del público en el sitio Web del Código. La operación podrá presentar al Instituto comentarios relacionados con el Informe Resumido de Auditoría, los cuales serán colocados a lo largo del Informe Resumido de Auditoría en la página Web del Instituto.

Las operaciones que cumplan sustancialmente con el Código serán certificadas condicionalmente, lo que estará sujeto a la implementación exitosa del Plan de Acción. El cumplimiento sustancial supone que la operación ha hecho un esfuerzo de buena fe para cumplir con el Código y que las deficiencias

identificadas por el auditor pueden ser corregidas fácilmente y que no representan un riesgo inmediato o sustancial para la salud de los trabajadores, la comunidad o el medio ambiente. Las operaciones que cumplan sustancialmente con las Normas de Procedimiento, las Prácticas de Producción y las Prácticas de Transporte deben diseñar e implementar un Plan de Acción para corregir las deficiencias identificadas por la auditoría de verificación. La operación podrá solicitar que el auditor revise el Plan de Acción o colabore con su diseño, para así llegar a un acuerdo de que la implementación de dicho plan permitirá el cumplimiento completo por parte la operación. El Plan de Acción debe incluir un período de tiempo convenido de mutuo acuerdo con el auditor, pero en ningún caso podrá superar el año, para lograr que la operación alcance el cumplimiento completo del Código. El auditor debe presentar el Plan de Acción al Instituto, junto con el Informe de Resultados de Auditoría y el Informe Resumido de Auditoría.

La operación debe proporcionar prueba al auditor que demuestre que ha implementado el Plan de Acción, según lo especificado y dentro de los plazos convenidos. En algunos casos, puede ser necesario que el auditor reevalúe la operación para confirmar que el Plan de Acción ha sido implementado. Una vez que el auditor reciba la documentación que demuestre que el Plan de Acción ha sido implementado, éste proporcionará una copia de dicha documentación al Instituto, junto con una declaración en la que se verifique que la operación cumple por completo con el Código.

Todas las operaciones certificadas con el galardón de cumplimiento del Código serán identificadas en el sitio Web del Código <http://www.cyanidecode.org/signatorycompanies.php>. En los casos de operaciones certificadas se incorporará el Informe Resumido de Auditoría, mientras que en los casos de certificaciones condicionales se incluirá el Informe Resumido de Auditoría y el Plan de Acción.

No se podrá certificar una operación si el auditor llega a la conclusión de que no se cumple ni total ni sustancialmente cualquiera de las Normas de Procedimiento (o Prácticas de Producción o Transporte). Si, tras la auditoría de verificación inicial, una operación no recibe su certificación, podrá ser verificada y certificada una vez que haya logrado que sus programas y procedimientos de gestión cumplan con el Código. Durante este proceso, la empresa matriz continuará siendo signataria.

Si una operación de minería del oro aún no está activa pero está lo suficientemente avanzada en sus fases de planificación y diseño, podrá solicitar una certificación pre-operacional condicional (*pre-operational conditional certification*), basada en la revisión del auditor de sus planes para el lugar de faena y de los procedimientos operativos propuestos. Se requerirá una auditoría en el lugar de faena dentro del año posterior a la primera recepción de cianuro en el lugar de faena, que confirme que la operación ha sido construida y está siendo operada según las disposiciones del Código. Estas operaciones deben informar al ICMI dentro de un plazo de 90 días a partir de la fecha de su primera recepción de cianuro en el sitio.

Las operaciones mineras que hayan sido designadas para certificación antes de que pasen a estar activas, pero que no soliciten certificación pre-operacional, deben ser auditadas para determinar su cumplimiento con el Código dentro de un plazo de un año a partir de su primera recepción de cianuro, y deben también comunicar al ICMI dentro de un plazo de 90 días desde la fecha de su primera recepción de cianuro.

No se podrá certificar a una operación de minería del oro o una instalación de cianuro individual de una operación si ya se han desmantelado las instalaciones de cianuro. Tampoco se podrá certificar a un

productor o transportista si ya no produce o transporta cianuro para su uso en la industria de la minería del oro.

#### **4.4 Preservación de la Certificación**

Para preservar la certificación, cada operación deberá cumplir con la totalidad de las siguientes condiciones.

- El auditor ha llegado a la conclusión de que o bien cumple por completo con el Código o lo cumple sustancialmente.
- Aquellas operaciones que lo cumplen sustancialmente han presentado un Plan de Acción para corregir las deficiencias y han demostrado que lo han implementado por completo dentro de los plazos establecidos.
- No existe prueba verificada de que la operación no cumpla con el Código.
- La operación ha estado sujeta a la auditoría de verificación dentro de los tres años.
- La operación ha estado sujeta a una auditoría de verificación dentro de los dos años de haber cambiado de propietario, lo que se define como un cambio del interés que controla el funcionamiento de la empresa.

#### **4.5 Criterios para Auditores y Procesos de Revisión**

El Instituto ha creado una serie de criterios específicos para seleccionar auditores a cargo de la Verificación del Código e implementará procedimientos para la revisión de las credenciales de los auditores. Los criterios exigidos a los auditores contemplan niveles necesarios de experiencia en operaciones con cianuración (o instalaciones para la producción de químicos o transporte de sustancias peligrosas, según corresponda) y en la realización de auditorías medioambientales, de salud o seguridad, membresía en asociaciones profesionales para la auto-regulación de auditoría profesional y no presencia de conflicto de intereses con la/s operación/es por auditar.

#### **4.6 Resolución de disputas**

El Instituto ha diseñado e implementado procedimientos justos y equitativos para la resolución de disputas relacionadas con las credenciales de auditor y la certificación y/o eliminación o desertificación de ciertas operaciones. Los procedimientos proporcionan procesos correspondientes a todas las partes que puedan estar afectadas por estas decisiones.

#### **4.7 Disponibilidad de la Información**

El Código y la información relacionada, así como la documentación de gestión del código están disponibles vía Internet en [www.cyanidecode.org](http://www.cyanidecode.org). El sitio Web pretende promover el entendimiento de las cuestiones relacionadas con el manejo del cianuro y proporcionar un foro para establecer una mayor comunicación dentro y entre los diversos grupos interesados en estos temas. El sitio Web es el depositario de la información sobre certificación y verificación del Código.

## **5 AGRADECIMIENTOS**

El presente proyecto fue avalado por un grupo de empresas mineras que extraen oro y por productores de cianuro de todo el mundo. El Instituto del Oro cumplió un papel decisivo en la organización del apoyo

financiero y técnico y proporcionó el apoyo administrativo y logístico necesario para completar de manera exitosa el proyecto. Esta tarea representa la primera vez que la industria ha trabajado con otros grupos de interés, para diseñar un Código Internacional de Prácticas industriales voluntaria. Los individuos que se enumeran a continuación han participado de este proceso. La participación de estos individuos no supone necesariamente su aprobación del Código por parte de sus respectivas organizaciones.

#### Comisión Directiva

Harold Barnes (Presidente) <sup>4</sup>	Homestake Mining Company, United States
Stephen Bailey	International Finance Corporation, United States
Julio Bonelli	Gobierno del Peru
Gordon Drake, Ph.D. <sup>5</sup>	WMC Resources, Ltd., Australia
John den Dryver <sup>6</sup>	Normandy Mining Limited, Australia
Bill Faust	Eldorado Gold Company, Canada
Fred Fox <sup>7</sup>	Kennecott Minerals Company, United States
John Gammon, Ph.D.	Gobierno de Ontario, Canada
Steven Hunt <sup>8</sup>	United Steelworkers of America, Canada
Juergen Loroesch, Ph.D.	Degussa, Germany
Basie Maree	Anglogold Company, South Africa
Glenn Miller, Ph.D.	University of Nevada, Reno, United States
Anthony O’Neill	WMC Resources, Ltd., Australia
Michael Rae	World Wide Fund For Nature, Australia
Stan Szymanski	International Consejo Internacional de Asociaciones Químicas, EEUU
Stephan Theben <sup>9</sup>	Comisión Europea, España
Federico Villasenor	Minas Luismin, México
Juergen Wetti	Comisión Europea, Bélgica

#### Gerente del Código

Norman Greenwald	Norm Greenwald Associates, United States
------------------	--

#### Secretaría

Wanda Hoskin	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Francia
Tom Hynes, Ph.D.	Consejo Internacional de Metales y el medio ambiente, Canadá
Kathryn Tayles	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Francia

#### Instituto del Oro

Paul Bateman	Instituto del Oro, EEUU
--------------	-------------------------

#### Grupo Asesor de la Industria

Anglogold, South Africa	Homestake Mining Company, United States
-------------------------	---

<sup>4</sup> Elegido Presidente por la Comisión Directiva

<sup>5</sup> Sustituido por Anthony O’Neill en las Reuniones de Washington y Vancouver

<sup>6</sup> Sustituido por Anthony O’Neill en la Reunión de Santiago

<sup>7</sup> Reemplazó a Bill Faust en el Comité tras la Reunión de Napa

<sup>8</sup> Incorporado al Comité de Dirección en la Reunión de Vancouver

<sup>9</sup> Sustituido por Juergen Wettig en las reuniones de Washington, Vancouver y Santiago

Ashanti Goldfields Company, Ghana	Kinross Gold Corp., Canada
Australian Gold Council, Australia	Lihir Management Corp., Papua New Guinea
Australian Gold Reagents, Australia	Mining Project Investors, Australia
Barrick Gold Corp., Canada	Newmont Gold Company, United States
Degussa, Germany	Normandy Mining, Australia
Dupont, United States	Placer Dome, Inc., Canada
Glamis Gold, Ltd., United States	South African Chamber of Mines, South Africa
Gold Fields Limited, South Africa	Rio Tinto, United Kingdom
The Gold Institute, United States	WMC, Australia



## APENDICE H. GARANTIAS FINANCIERAS

### PRINCIPIOS RECTORES EN LA IMPLEMENTACION DE GARANTIAS FINANCIERAS PARA EL CIERRE DE MINAS SASSOON 2008 BANCO MUNDIAL

[http://siteresources.worldbank.org/INTOGMC/Resources/financiar\\_surety\\_mine.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTOGMC/Resources/financiar_surety_mine.pdf)

**Grupo del Banco Mundial**  
**División de Políticas de Petróleo, Gas y Minería**  
**PRINCIPIOS RECTORES EN LA IMPLEMENTACION DE GARANTIAS PARA EL CIERRE DE MINAS**

**SASSOON 2008 WORLD BANK**

### 1 INTRODUCCION

Hoy en día, de acuerdo a la práctica, cuando una compañía renuncia a un título de minería para una exploración o para el sitio de una mina, es responsable de rehabilitar el sitio previo a su partida. Con el fin de garantizar que esto se cumpla, en la actualidad, la mayoría de las jurisdicciones exigen un plan de cierre o programa de cierre de algún tipo que deberá presentarse a la autoridad reguladora antes del inicio de cualquier obra en el sitio. El requisito de un plan de cierre con todos los detalles sobre estimaciones de costo y el establecimiento una garantía financiera de costo está cada vez más generalizado.

El propósito de este informe es proporcionar la información necesaria para asistir a los gobiernos a tomar sus propias, decisiones informadas sobre garantías financieras para el cierre de una mina. El informe se basa en una revisión de los sistemas de garantías financieras existentes en varios países. Se enviaron cuestionarios a un total de 14 autoridades reguladoras y, nueve de ellas proporcionaron suficiente información detallada sobre sus sistemas de garantías financieras existentes como para incluirlos como estudios de casos completos. Estos estudios se presentan en el Capítulo 3 junto con un resumen de las directivas sobre residuos de la minería de la Unión Europea. A menos que se indique lo contrario, las garantías financieras aplican en todas las etapas de un proyecto de minería sin importar su tamaño.

Los últimos Principios Rectores sobre Medio Ambiente, Salud y Seguridad para la Minería de la CIF (Banco Mundial) (2007) establecen que el cierre y pos cierre de una mina deberán incluirse en el estudio de factibilidad del negocio en la etapa del diseño y considerar como mínimo la disponibilidad de fondos para cubrir el costo del cierre. Estos fondos deberán establecerse en un sistema de acumulación de efectivo o una garantía financiera. La sección pertinente a los Principios Rectores se resume en la Casilla 1.1.

El propósito de una garantía financiera es asegurar suficientes fondos disponibles para pagar por la rehabilitación del sitio y el monitoreo pos cierre, así como el mantenimiento en todas las etapas de la vida del proyecto, incluido un cierre temprano o temporal. La intención principal de la rehabilitación del sitio es reducir el riesgo de contaminación, restaurar la tierra y el paisaje para un uso apropiado, mejorar la estética del área y prevenir toda degradación posterior. La magnitud y el costo de la rehabilitación final del sitio puede reducirse si se realiza de forma progresiva, de ser posible, a medida que se realiza la actividad minera, de forma tal que la tasa de restauración es similar a la tasa de exploración y

explotación. Esta situación ideal no siempre se logra y es mucho más común que la mayor parte de la rehabilitación se realice una vez finalizadas las obras.

El costo del cierre de una mina puede variar enormemente de acuerdo al siguiente extracto de la publicación del Banco Mundial y de la CIF (2002) que indica:

“Los costos de cierre por aspectos ambientales varían desde menos de US\$1 millón por cada uno para minas pequeñas en Rumania hasta cientos de millones de dólares para las minas grandes de lignito y sus instalaciones asociadas en Alemania. Más en general, los costos de cierre son del ámbito de decenas de millones de dólares. Las investigaciones preliminares indican que el costo de cierre de minas de cielo abierto y minas subterráneas de tamaño medio que han estado en operación los últimos 10 a 15 años es de US\$5-15 millones, mientras que el cierre de minas de cielo abierto en operación por más de 35 años, con instalaciones para escombreras y residuos puede llegar a costar más de \$50 millones”.

Esto significa que el nivel requerido para la garantía financiera puede variar drásticamente entre países y debería establecerse únicamente país por país y sitio por sitio. Así mismo, debido a la variación en las condiciones, no es factible establecer una guía definitiva. No obstante, la autoridad reguladora, no necesita ser consistente en su enfoque para determinar los objetivos finales o las normas de rehabilitación y para evaluar los requerimientos de las garantías financieras. Estas deben incluir, pero no limitarse a: la remoción de planta, el equipo y, cuando ya no se necesite, la infraestructura; la remoción de todos los materiales peligrosos; el sellado de las galerías de extracción, la estabilización de todas las superficies, reforestación de todas las superficies; la restauración de las corrientes de agua superficiales y subterráneas; la prevención de la contaminación a largo plazo.

En algunos casos, la comunidad minera puede haberse vuelto dependiente del flujo de efectivo, la infraestructura y las instalaciones provistas por, o a causa de la mina. Se ha vuelto aceptable tomar en consideración estos activos y servicios sociales al establecer las implicaciones financieras del cierre de una mina y que se reserven fondos para este fin.

### **Casilla 1.1: Principios Rectores de la CIF para el Cierre y Pos Cierre de una Mina**

Las actividades de cierre y pos cierre deben considerarse lo antes posible y desde las etapas de diseño y planificación. Antes de iniciar la producción, los patrocinadores de una mina deberán preparar un borrador de Plan de Restauración y Cierre de la Mina (MRCP, por su sigla en inglés), que defina claramente los recursos asignados y sostenibles para el financiamiento de la ejecución del plan. Para minas de corta vida, deberá prepararse un Plan de Restauración y Cierre de la Mina (MRCP) detallado (con financiamiento garantizado) y como se describe a continuación, deberá prepararse, previo al inicio de operaciones, un plan de cierre de mina que incorpore consideraciones físicas y socioeconómicas de formarán parte integral del ciclo de vida del proyecto y se diseñarán de manera que:

- La salud y seguridad pública futura no se vea comprometida;
- El uso a largo plazo del sitio, después de finalizado el proyecto, sea de beneficio y sustentable para las comunidades afectadas;
- Se minimicen los impactos socioeconómicos adversos y maximicen los beneficios socioeconómicos.

El MRCP deberá abordar usos de la tierra futuros de beneficio (esto deberá determinarse a través de un proceso que incluya a todos los actores, como agencias de regulación, comunidades locales, usuarios tradicionales de la tierra, arrendatarios colindantes, sociedad civil y otras partes afectadas), deberá tener la aprobación previa de las autoridades nacionales pertinentes y ser el resultado de una consulta y diálogo con las comunidades locales y los representantes de sus respectivos gobiernos.

El plan de cierre deberá actualizarse regularmente y afinarse con el propósito que refleje los cambios en el desarrollo de la mina y la planificación de operaciones, así como las condiciones y circunstancias ambientales y sociales. Como parte del plan pos cierre deberán también llevarse registros de las obras de la mina.

Los planes de cierre y pos cierre deberán incluir cuidado posterior apropiado y monitoreo continuo del sitio, de emisiones contaminantes e impactos potenciales relacionados. La duración del monitoreo pos-cierre deberá definirse en base a los riesgos; sin embargo, las condiciones del sitio generalmente requieren un período mínimo de cinco años después del cierre o más.

El momento de la finalización del MRCP es específico al sitio y depende de muchos factores como la vida potencial de la mina, sin embargo todos los en todos los sitios es necesario realizar algún tipo de restauración progresiva durante las operaciones. Si bien se pueden modificar los planes, según sea necesario, durante las fases de construcción y de operaciones, los planes deberían incluir contingencias para la suspensión temporal de actividades y el cierre anticipado y permanente y cumplir los siguientes objetivos para la factibilidad financiera y la integridad física / química / ecológica.

#### **Factibilidad Financiera**

Los costos asociados con las actividades de cierre y pos cierre de la mina, incluyendo el cuidado pos cierre, deberán incluirse en el análisis de factibilidad del negocio durante las etapas de planificación y diseño. Las consideraciones mínimas deben cubrir la disponibilidad de todos los fondos necesarios, mediante los instrumentos financieros apropiados, para cubrir los costos de cierre en cualquier etapa de la vida de la mina, incluyendo una reserva para un cierre temprano o temporal. El financiamiento deberá ser en la forma de un sistema de acumulación de efectivo o una garantía financiera. Los dos sistemas de acumulación de fondos aceptables son cuentas de depósito en custodia (incluyendo arreglos administrados por el gobierno) o fondos de amortización. Deberá proveerse una forma aceptable de garantía financiera por una institución financiera de reputación. Los requerimientos para el cierre de una mina deberán revisarse anualmente y los arreglos de financiamiento para el cierre ajustarse para reflejar los cambios realizados.

Ref: IFC (2007)

Los Principios Rectores de la CIF estipulan que el plan de cierre de una mina deberá incorporar la rehabilitación física y consideraciones socio económicas, que, por implicación incluye aspectos sociales en la garantía financiera. Existe cierta ambigüedad en cuanto a si debe establecerse un fondo único para incluir los aspectos físicos y sociales del cierre de la mina o si deberían manejarse individualmente. El Capítulo 5 presenta una discusión en mayor detalle sobre este punto.

Ciertas jurisdicciones han desarrollado documentación de soporte sumamente detallada con el fin de asistir a las compañías en el establecimiento de estimaciones exactas para la garantía financiera. En varios casos, esta información está disponible en el Internet y ha sido identificada en el texto, de ser pertinente. Estas y otras direcciones de sitios Web se encuentran en el anexo 1.

El Capítulo 2 identifica los principales instrumentos de garantías financieras y los mecanismos para su implementación. El Capítulo 3 presenta estudios de caso de las jurisdicciones existentes. El Capítulo 4 discute todos los diferentes aspectos de la implementación y administración de las garantías financieras, en base a los estudios de caso presentados en el Capítulo 3. El Capítulo 5 resume los hallazgos del estudio y presenta recomendaciones para la implementación y administración de las garantías financieras. El Capítulo 6 es una amalgama de pensamientos y comentarios que surgieron durante el transcurso del trabajo.

La Casilla 1.2 en la siguiente página resume las normas que deberán tomarse en consideración al establecer los procedimientos de garantías financieras. Estas fueron elaboradas por un asociado experto en investigación junto con el Mineral Policy Center, una organización ambiental sin fines de lucro dedicada a la protección de las comunidades y del medio ambiente del impacto de actividades de minería irresponsables.

El autor agradece a todas las personas que generosamente dieron su tiempo para llenar el cuestionario y contestar las preguntas. Muchas personas hicieron esfuerzos especiales para dar información adicional, así como sus comentarios personales, los cuales han contribuido muchísimo a la redacción de este informe. El autor agradece también y de manera especial a Ian Wilson y Gavin Murray por sus percepciones que ofrecieron elementos importantes sobre el estatus actual y pensamiento atrás de las garantías financieras.

### Casilla 1.2: NORMAS SOBRE GARANTÍAS FINANCIERAS

**Costos de cierre:** Las garantías financieras deben cubrir el costo del operador de restauración y cierre, así como la reparación de todos los impactos que una operación de minería cause a la vida silvestre, suelo y calidad del agua. La garantía deberá también cubrir el costo de un período de monitoreo pos cierre. Con el fin de calcular exactamente el nivel de la garantía financiera, el plan de operaciones deberá incluir especificaciones claras sobre las actividades de restauración y mitigación. Así mismo, la garantía deberá cubrir los costos de reparación a los impactos que podrían derivarse de la imposibilidad del operador de completar la reparación, como por ejemplo, la necesidad de un tratamiento de largo plazo de aguas superficiales y subterráneas, monitoreo ambiental y mantenimiento del sitio. Durante las actividades de minería, los niveles de la garantía deberán revisarse periódicamente, con el propósito de permitir a los reguladores realizar ajustes a las garantías (mayores o menores) de los operadores según lo requieran las necesidades de limpieza, los riesgos ambientales o los factores económicos.

**Liquidez:** Todas las formas de garantías financieras deberán ser razonablemente líquidas. El efectivo es el activo más líquido, pero los títulos valores de calidad superior, bonos de garantías y cartas de crédito irrevocables pueden servir como formas aceptables de garantías. No obstante, los activos son menos líquidos, sobre todo, las propiedades o equipo propiedad del operador de la mina no deben considerarse como garantías adecuadas, ya que estos bienes pueden rápidamente perder todo su valor en el caso de un incumplimiento o una bancarrota del operador.

**Accesible:** Las garantías financieras deberán ser de fácil acceso, dedicadas y liberadas únicamente con el consentimiento específico de la autoridad reguladora, de manera tal que los reguladores puedan prontamente obtener el financiamiento para iniciar la restauración y remediación en el caso del incumplimiento de un operador. Las formas de garantía financiera deberán ser pagaderas a los reguladores, estar bajo su control o en un fideicomiso a su beneficio, y destinado a la restauración y al cierre. Además, tales garantías financieras deberán ser instrumentos legales discretos o sumas de dinero fáciles de liberar con únicamente el consentimiento específico de la autoridad reguladora.

Por su parte, los reguladores deberán obtener las garantías financieras al inicio, antes de que se apruebe el proyecto de minería. Si bien, según se determine en sus revisiones periódicas, los reguladores deben tener la autoridad para asegurar la garantía financiera durante la realización de las actividades de minería, no es aconsejable esperar hasta casi el final del proceso de minería para obtener las garantías substanciales, ya que en esta etapa, los flujos de caja reducidos vuelven difícil, para el operador, poder asegurar una garantía de un banco u otro fiador

**Avales Saludables:** Con el fin de asegurar que los avales tienen la capacidad financiera para asumir el riesgo de que el operador no cumpla con su obligación de la restauración, los reguladores deben evaluar cuidadosamente la salud financiera del aval antes de aceptar cualquier forma de garantía. Todas las agrupaciones que comparten riesgos deben también operar con una base actuarial muy sólida. Los reguladores deberán exigir periódicamente una certificación de estos criterios por terceras partes independientes. La participación Pública: Puesto que el público corre el riesgo de correr con los costos ambientales que no estén cubiertos por una garantía inadecuada o liberada prematuramente, deberá concederse al público un papel preponderante en la asesoría a las autoridades sobre el establecimiento y liberación de las garantías. Por consiguiente, los reguladores deberán notificar al público y brindarle la oportunidad de comentar antes de que se establezca el monto de la garantía y antes de cualquier decisión de si debe o no liberarse una garantía. Ningún sustituto: Ninguna garantía financiera deberá considerarse como un sustituto de la obligación legal de limpieza de una compañía, o del regulador de aplicar a los planes de minería y de operaciones propuestos el escrutinio las normas más estrictas. Al contrario, el único propósito de una garantía financiera es proveer para el público una protección contra tener que cargar con costos que son responsabilidad del operador.

Ref: Da Rosa (1999)

Nota: El autor utiliza los términos “garantía financiera” y “fianza” para referirse a una garantía financiera. El Término fianza no se refiere a garantía financiera según se describe en el Capítulo 2.2.

## **2 INSTRUMENTOS DE GARANTIAS FINANCIERAS**

Las garantías financieras son una herramienta importante para asegurar la disponibilidad de fondos para garantizar un cierre efectivo de una mina y su rehabilitación. La elección de una garantía financiera apropiada es clave para poder asegurar que tal herramienta será efectiva. Existen un número de instrumentos de garantías financieras disponibles y la elección depende de la fortaleza financiera de la compañía, el monto requerido de garantía y el período de tiempo durante el cual se requerirá mantener los fondos depositados. También es esencial que la garantía financiera quede en cuarentena, aparte de los demás activos de la compañía para que en el caso de una bancarrota se mantenga disponible y protegida de abuso gubernamental.

Este Capítulo describe las formas más comunes de instrumentos de garantías financieras. La casilla 2.1 presenta una evaluación de los instrumentos financieros utilizados con mayor frecuencia, tomada de los Principios Rectores sobre Garantías Financieras e Inspecciones para Facilidades de Residuos de Minería escrito por MonTec para la Comisión Europea. Al momento de su publicación, la Comisión Europea no había adoptado estos Principios Rectores. El Capítulo 5 presenta algunos comentarios sobre los diferentes tipos de instrumentos de garantías financieras.

### **2.1 CARTA DE CREDITO**

Una carta de Crédito irrevocable, conocida también como una Garantía Bancaria, es un acuerdo incondicional entre un banco y un proponente con el propósito de proveer fondos a una tercera parte a su demanda. En este caso, la tercera parte es el departamento del gobierno pertinente. Una carta de crédito incluye los términos y condiciones del acuerdo entre el proponente y el gobierno, en cuanto al programa de rehabilitación y los costos acordados. Cualquier cambio a la Carta de Crédito requiere el consentimiento de todas las partes involucradas.

Para obtener una Carta de Crédito, el proponente deberá demostrar al banco que se han realizado las reservas para la rehabilitación del sitio y que tiene suficientes fondos o liquidez para cubrir los costos. En general, una Carta de Crédito se emite por un año y se renueva anualmente después de una revisión de los requerimientos para y los costos de la rehabilitación. Si por alguna razón, el banco no renueva la Carta de Crédito, y el proponente no puede proporcionar una forma de garantía alternativa aceptable, el gobierno podrá entonces solicitar el pago del todo el monto pendiente de la Carta de Crédito.

Generalmente, el gobierno especifica los bancos de los cuales acepta una Carta de Crédito. El costo anual de una Carta de Crédito oscila entre el 0.5% al 9% del monto garantizado, dependiendo de la clasificación crediticia del proponente. Los fondos retenidos en una Carta de Crédito no generan intereses.

### **2.2. FIANZA (SEGURO)**

Una fianza, que puede también llamarse Seguro de Inversión o Fianza de Cumplimiento, es un acuerdo entre una compañía de seguros y un proponente cuyo fin es proveer fondos a una tercera parte, bajo ciertas circunstancias. En este caso, la tercera parte es el departamento gubernamental pertinente. Una fianza incluye los términos y condiciones del acuerdo entre el proponente y el gobierno, en cuanto al programa de rehabilitación, los costos acordados y las condiciones para la liberación de la fianza. Cualquier cambio a la fianza requiere el consentimiento de todas las partes involucradas.

<b>Casilla 2.1: Evaluación de los Instrumentos de Garantía financiera Generalmente Utilizados</b>		
<b>Instrumento</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Garantía Propia (Garantía de la Compañía)</b>	El instrumento con más ventajas para una compañía de minería No amarra el capital Fácil de administrar Disponibilidad pública para los Informes Anuales	Incluso las compañías más grandes pueden fracasar, sin importar cuál era su estado financiero cuando inició el proyecto Los informes Anuales y balances financieros no son inmunes a la manipulación (escándalos contables) Problemas de aceptación pública
<b>Póliza de Seguros (Esquema)</b>	Costos bajos también para compañías más pequeñas No amarra el capital Flujo efectivo modesto de parte del operador de la mina	En la actualidad hay muy pocos productos de seguros en el mercado Renuencia de grandes aseguradoras a cubrir riesgos de responsabilidad ambiental
<b>Carta de crédito, garantía bancaria</b>	Establecimiento barato (siempre y cuando las compañías cumplan los requisitos del banco) No amarra el capital Flujo efectivo modesto de parte del operador de la mina Menos requerimientos administrativos El gobierno puede reservarse el derecho de aprobar los bancos de los cuales recibe un Crédito, minimizando así el riesgo de la quiebra de n banco débil.	El proveedor de la garantía (banco, compañía de seguros) mismo puede fracasar Obtener una Carta de Crédito puede reducir el poder crediticio de la compañía de minería La disponibilidad de fianzas depende del estado de la industria de seguros y puede verse afectada de forma negativa por fuerzas externas a la industria de minería
<b>Fianza</b>	Generalmente, bajos costos No amarra el capital	El emisor de la garantía puede fracasar en el largo plazo (véase también bajo la Carta de Crédito) La Calificación de la compañía determina el costo y será sustancialmente mayor para compañías pequeñas, especialmente para aquellas sin un record de seguimiento probado.
<b>Depósito en Efectivo</b>	El activo es de fácil disposición para el cierre y la rehabilitación Títulos valores con grado de inversión (bonos del tesoro) pueden comercializarse con riesgo mínimo de liquidez Alta aceptación del público ("visibilidad de la garantía)	Para compañías pequeñas y júnior, si no logran cumplir los criterios de un banco Pueden disolverse parcialmente en el caso de ser necesario Pueden transferirse a un fondo común Capital importante amarrado por la duración de la vida de la mina, especialmente para proyectos de minería grandes. Algunos gobiernos podrían estar tentados a utilizar el efectivo depositado para otros propósitos que garantizar el proyecto de minería El efectivo es más vulnerable a perderse por fraude o robo
<b>Fideicomiso</b>	Alta aceptación del público ("visibilidad " del fideicomiso) El valor de los fideicomisos puede apreciarse (pero puede también perder valor (véase "Desventajas ")	Riesgo de mala administración del fideicomiso (pérdida del valor si el fondo se invierte en activos riesgosos) El fideicomiso puede no tener suficiente valor acumulado a través de los pagos anuales si el proyecto de minería cesa prematuramente

La compañía de seguros que emite la fianza deberá tener una licencia de conformidad a la legislación pertinente. Se emite por un período de tiempo específico y puede renovarse por períodos adicionales, en base a una revisión crediticia del proponente. Durante este proceso, el monto de la fianza puede aumentarse o disminuirse dependiendo de las enmiendas al programa de rehabilitación. En el caso de no renovarse la fianza y si el proponente no puede presentar una forma de fianza alternativa aceptable, el gobierno tiene la opción de retirar el monto total. El proponente será responsable de todas las comisiones y gastos asociados con una fianza.

El gobierno deberá asegurar que la fianza es incondicional y no ha sido invalidada por una acción o imposibilidad del proponente de actuar de conformidad con los términos de la fianza o de la legislación.

### **2.3 FIDEICOMISO**

Un fideicomiso, que también se conoce como Fideicomiso de Restauración Minera, Fideicomiso Ambiental de Calificación, o Fideicomiso en Efectivo, es un acuerdo entre una compañía de fideicomisos y el proponente con el único propósito de financiar la rehabilitación de un sitio. Además para un Fideicomiso debe existir un acuerdo firmado entre el proponente y el gobierno, administrado por una compañía de fideicomisos, que establece la responsabilidad del proponente frente al fideicomiso. Este acuerdo deberá especificar que el fideicomiso deberá respaldar la seguridad para los costos de rehabilitación de un sitio en particular, el monto total requerido e incluir el resumen del calendario de pagos.

El Fideicomiso deberá ser administrado por una compañía con licencia para tal fin según la legislación pertinente. El proponente y el gobierno deberán decidir sobre los tipos de inversión disponibles para el administrador y si el proponente no logra presentar una forma de garantía alternativa aceptable, el gobierno tiene entonces la opción de retirar el monto total del fondo. El proponente será responsable de todas las comisiones y cargos asociados al Fideicomiso. Las contribuciones al fideicomiso son en general una serie de pagos por un período de tiempo específico. La administración y cumplimiento de contrato de un Fideicomiso deberán someterse a una revisión periódica.

El Apéndice del informe ICMM, Garantía Financiera para el Cierre y Restauración de las Minas (2005) contiene una lista de los principios establecidos por la industria de minería para el diseño, funcionamiento y revisión de un fideicomiso. Las casillas 2.2 y 2.3 presentan una versión completa de los mismos. El informe completo se encuentra disponible en el sitio Web de la ICMM (Ver Anexo 1).

### **2.4 EFECTIVO, GIRO BANCARIO O CHEQUE CERTIFICADO**

Para una garantía financiera en la forma de Efectivo es posible hacer un Depósito, un Giro Bancario o un Cheque Certificado. Los fondos deberán colocarse en una cuenta de propósitos especiales bajo la administración de la institución financiera con poder de firma compartida del gobierno y la compañía dueña del depósito. Alternativamente, el efectivo puede utilizarse para comprar un certificado de depósito que puede estar como prenda a favor de la agencia gubernamental pertinente. La mayoría de los bancos comerciales cobrarían una comisión nominal por establecer tales cuentas y el dinero devengaría interés por lo que el fondo se verá incrementado.

### **2.5 GARANTIA DE LA COMPAÑÍA**

Una Garantía de la Compañía, que puede también llamarse Prueba Financiera Corporativa, Hoja de Balance o Garantía propia, se basa en una evaluación de los activos y pasivos de la compañía y su capacidad de pago del total de los costos de rehabilitación. La Garantía de la Compañía requiere un

largo historial de estabilidad financiera, una clasificación crediticia de una agencia de crédito especializado y por lo menos un estado financiero anual preparado por una empresa de contabilidad acreditada. Muchas jurisdicciones ya no aceptan las Garantías de la Compañía como forma de garantía financiera debido a la percepción pública que para una compañía minera una auto garantía es una contradicción en términos de que, de aquellos pe si permiten una Garantía de la Compañía, algunos solamente aceptan esta forma de garantía financiera por la primera mitad de la vida del proyecto o como parte de la garantía.

<b>Casilla 2.2: Criterios para el diseño eficiente de un fideicomiso</b>	
En base al sitio específico para financiamiento	Cada mina deberá ser evaluada individualmente y la garantía requerida deberá reflejar los costos y riesgos asociados con la recuperación de ese sitio.
Base para estimaciones de costos	Los costos estimados deberán basarse en estudios de ingeniería y técnicos cuidadosos acompañados por evaluaciones de riesgos formales para tomar en consideración las probabilidades y consecuencias de los diferentes escenarios
Administración responsable de la restauración	El diseño del fondo deberá incitar a las compañías de minería a manejar sus programas de restauración de manera activa y responsable, con el fin de controlar los costos y desarrollar soluciones técnicas innovadoras para responder a los retos de restauración
Similitud a fondo de pensiones	Los principios para establecer un fondo deberán ser similares a los utilizados para el establecimiento de un fondo de pensiones.
Política de inversión	La política de inversión deberá permitir inversiones que optimicen el coeficiente riesgo-retorno, teniendo en mente que el fondo es una inversión a largo plazo.
Administrador de la inversión	El fondo deberá ser administrado por un administrador de inversiones seleccionado por la compañía. Al mismo tiempo la compañía deberá tener la opción de administrar el fondo internamente con Principios Rectores razonables, como con un fondo de pensiones.
Legislación de monitoreo	Para monitorear el cumplimiento de contrato del fondo y garantizar el cumplimiento con la política de inversiones se puede utilizar legislación modelada para los estatutos de los fondos de pensiones u otra legislación similar.
Elección de un mecanismo de financiamiento	Según se justifique de acuerdo a las circunstancias, la compañía deberá tener la opción de determinar qué mecanismo de financiamiento autorizado por el gobierno (o combinación de mecanismos) representa el uso más eficiente del capital de la compañía.
Gastos deducibles de impuestos	Cuando la restauración de una mina exigida por un gobierno requiere el pago a un fondo, deberá permitirse como gasto deducible en el momento en que dichos pagos se hagan para propósitos de impuestos sobre la renta o impuestos por actividad de minería.
Ingresos del fideicomiso protegidos de impuestos	El ingreso generado por un fondo deberá estar protegido de impuestos hasta el momento de su liberación.
Comisión por administración de la inversión	Todos los costos de la administración de la inversión deberán financiarse con las utilidades generadas por el fondo.
Fideicomitente	Una tercera parte, como una compañía de fideicomisos, es un fideicomitente aceptable para el fondo.
Control absoluto del gobierno	La industria minera se opone a que el gobierno tenga control único sobre la gestión de las inversiones en un fondo.

Ref: ICMM 2005

<b>Casilla 2.2: Principios Rectores para la revisión y auditoria de un fideicomiso</b>	
En base al sitio específico para financiamiento	Cada mina deberá evaluarse individualmente y la garantía requerida deberá reflejar los costos y riesgos asociados con el sitio en cuestión.
Base para estimaciones de costos	Los costos estimados deberán basarse en estudios de ingeniería y técnicos cuidadosos acompañados por evaluaciones de riesgos formales para tomar en consideración las probabilidades y consecuencias de los diferentes escenarios.
Revisión o auditoria Periódica	Es necesario realizar revisiones periódicas o auditorías de las actividades del fondo para asegurar el desembolso y uso apropiado de los fondos de acuerdo a al plan de desmantelamiento aprobado.
Alcance de la auditoría	Una auditoria debería incluir la preparación de estados financieros y una revisión técnica de las obras realizadas. Debería también incluir, donde sea aplicable, una reevaluación de los requerimientos de restauración y las aportaciones de financiamiento.
Conducción de la auditoría	Deberá contratarse un panel apropiado para realizar la revisión y auditoria, con expertos técnicos, en ingeniería, legales y actuariales.
Periodicidad	Deberá realizarse una revisión con la periodicidad establecida, que podría ser desde tres hasta cinco años, o con más frecuencia si el gobierno o la compañía lo consideran necesario.
Disposición de fondos excedentes	Todos los excedentes de fondos determinados en una revisión deberán devolverse, netos de ajustes fiscales, a la compañía.
Ref: ICMM 2005	

## 2.6 ESQUEMA DE SEGURO

Existe una amplia gama de opciones de seguros, sin embargo, hasta muy recientemente, ninguno diseñado específicamente para cubrir costos de rehabilitación a largo plazo. Las formas generales de seguros, como financiamiento de primas, responsabilidad comercial general e indemnización profesional, normalmente no cubren responsabilidad ambiental. Una de las mayores ventajas de un Esquema de Seguros es que las primas que se pagan por una póliza en general son deducibles de impuestos.

En los Estados Unidos, una compañía de seguros puede establecer un producto diseñado para el cliente que es una combinación de tres productos: una Garantía Financiera convencional, acumulación de efectivo dentro de una póliza y protección de seguro por excesos y cambios en los requerimientos. La póliza se basa en los planes de rehabilitación y los costos proyectados, la credibilidad del proponente y el valor de Mercado de los activos de la mina. De los fondos depositados la compañía de seguros emite la garantía financiera requerida al gobierno y paga los costos de rehabilitación reales. Al final de la vida del proyecto, de haber un excedente en la cuenta, este se regresa al proponente. En el caso de existir un déficit, la compañía de seguros paga.

## 2.7 GRAVAMEN POR UNIDAD

La opción de un Gravamen por Unidad requiere que la garantía financiera se pague en cuotas regulares, pago que se basa en la cantidad del mineral o residuos procesados o molidos en la mina. El nivel de pago

por tonelada se calculará en base a la vida de la mina propuesta, los costos de cierre estimados y la tasa de actividad de minería. Los pagos de la garantía financiera pueden ser Efectivo, una Carta de Crédito o una Fianza. El proponente deberá realizar los pagos al fondo hasta llegar al monto de la garantía. Ciertas jurisdicciones exigen que la garantía financiera se pague completamente antes de llegar a la mitad de la vida de la mina. Los acuerdos firmados de garantías de seguros financieros deberán incluir un plan de cierre con los pagos.

## 2.8 FONDOS DE AMORTIZACION

Un fondo de amortización es un método de pagos incrementales a una Carta de Crédito, Garantía Financiera o Garantía Financiera en Efectivo. Al momento de establecer la garantía financiera se fija un calendario de pagos. Entonces, el proponente hará los pagos al fondo hasta alcanzar el monto de la garantía financiera. Ciertas jurisdicciones exigen que la garantía financiera se pague completamente antes de llegar a la mitad de la vida de la mina. Los acuerdos firmados de garantías financieras deberán incluir un plan de cierre donde el proponente presenta garantías financieras en la forma de un fondo de amortización. El acuerdo incluye los términos y condiciones en relación a los montos, forma y tiempos de pagos.

## 2.9 ACTIVOS EN PRENDA

Existen jurisdicciones donde es aceptable dar activos en prenda como garantía financiera. Estas toman la forma de todos los excedentes de equipamiento y residuos de metal que quedan en el sitio de la mina después del cese de actividades. El excedente de equipo incluye todo el equipo estacionario y edificios. Los residuos de metal incluyen todos los escombros de metal producidos durante la demolición del sitio y el proceso de limpieza.

Si se utilizará una garantía financiera de Activos en Prenda deberán tomarse varios factores en consideración. Estos factores incluyen que los activos estén libres de impedimentos, que los activos sean fijos y no fácilmente movibles, que los activos no estén contaminados y que exista una demanda de mercado por los activos. La estimación del valor deberá hacerse por una tercera parte e incluir el costo de recuperación y transporte del sitio al mercado y deberá hacerse una reevaluación periódicamente. Sin embargo, generalmente, esta forma de garantía financiera se considera de alto riesgo y muchos países no la aceptan.

## 2.10 FONDO COMUN

Ciertas jurisdicciones permiten a la industria establecer un Fondo Común que recibe contribuciones de todos los operadores del sector minero en la región. Este fondo lo administra la industria. Sin embargo, no es una forma muy popular de garantía financiera ya que está el gobierno no tiene mucho control sobre el mismo y puede resultar en una situación donde las compañías responsables terminan subsidiando a las irresponsables.

## 2.11 TRANSFERENCIA DE LA RESPONSABILIDAD

Se ha investigado la posibilidad de establecer una compañía especializada específicamente para realizar la rehabilitación de los sitios de mina. Esta compañía tendría un arreglo contractual con la compañía minera involucrada y sería responsable de proporcionar la cobertura de seguro. Según pudo establecer el autor, esta forma de garantía financiera no está disponible actualmente en jurisdicción alguna.

### 3 ESTUDIOS DE CASOS

#### 3.1 ONTARIO

##### 1.3.1. Legislación y Gobernabilidad

En Ontario (Canadá) La Ley de Minería (Mining Act R.S.O. 1990 (Bill 26, proclamada en 1991), Capítulo M. 14, Parte VII cubre la rehabilitación de la tierra de minería, el requerimiento del proponente de presentar un plan de cierre y el requisito de contar con una garantía financiera como parte del plan de cierre. La Reglamentación de Ontario 240/00, adoptada bajo la Parte VII de la Ley de Minería, especifica las normas, procedimientos y requerimientos para la rehabilitación del sitio y el plan de cierre, incluyendo la garantía financiera. Los Anexos 1 y 2 de estas reglamentaciones establecen los detalles de los requerimientos de rehabilitación y la información que debe incluir un plan de cierre. Este último incluye costos detallados para la ejecución de las medidas de rehabilitación y los programas de monitoreo, así como el monto de la garantía financiera. Se requiere una garantía financiera para toda exploración avanzada o proyecto de minería.

El Gobierno elaboró también un Índice sobre la Política de Garantías Financieras que se encuentra disponible en el sitio Web del Ministerio de Desarrollo del Norte y de Minas (ver Anexo 1). Este índice está diseñado para ayudar a comprender la administración de las disposiciones sobre garantías financieras de la Ley de Minería. Así mismo hay plantillas para Cartas de Crédito y Fianzas de Aseguradoras disponibles para el proponente (Anexo 2 y 3).

El Ministerio de Desarrollo del Norte y de Minas es responsable de administrar el Ministerio de Desarrollo del Norte y de Minas. Todos los aspectos relacionados con el sector minero los maneja la División de Minas y Minerales, Desarrollo Mineral y Tierras, incluyendo el cierre de las minas y las garantías financieras.

##### 1.3.2. Plazos

La Ley de Minería, Secciones 139-144, especifica que debe presentarse, someterse y aprobarse un plan de cierre antes de iniciar una exploración avanzada o una producción minera. La Sección 145 seguidamente estipula que se requiere una garantía financiera como parte del plan de cierre. Esto significa que un arrendamiento de minería puede emitirse previo a la presentación del plan de cierre, pero el plan de cierre, incluyendo la garantía financiera debe presentarse y ser aprobado antes del inicio de cualquier obra en el sitio.

##### 1.3.3. Instrumentos de Garantía Financiera

La Sección de Ley de Minería identifica los siguientes mecanismos como garantías financieras aceptables:

- . Efectivo
- . Carta de Crédito
- . Fianza
- . Fideicomiso
- . Prueba Financiera Corporativa (Garantía de la Compañía)

O cualquier otra forma de título valor o garantía aceptable, incluyendo activos en prenda, fondos de amortización o regalías por tonelada, a la discreción del Director de Rehabilitación de Minas.

1 “Exploración Avanzada” significa la excavación de un pozo exploratorio, galería de exploración o descenso, de la extracción prescrita, material en exceso de la cantidad prescrita, se que la extracción

involucre la alteración o movimiento del material que se encuentra encima o por debajo de la superficie de la tierra, la instalación de un molino para propósitos de pruebas o cualquier otra obra prescrita; (“exploration avancée”)

En Ontario existen actualmente 154 formas de garantías financieras para 144 planes de restauración (cierre) aprobados. El desglose de estas garantías es el siguiente:

- . 57% Cartas de Crédito
- . 12% Pruebas Financieras Corporativas
- . 26% Efectivo/ Gravamen en Efectivo
- . 3% Activos en Prenda
- . 2% Fianza

Es interesante notar que, aunque la Prueba Financiera Corporativa solo representa 18 del número total de formas, representa el 67% de los fondos retenidos como garantías financieras.

#### 3.1.4. Alcance de la Garantía Financiera

La Reglamentación 240/00 de Ontario, Sección 4, dispone que todos aquellos involucrados en la rehabilitación deberán cumplir con las normas, procedimientos y requerimientos del Código de Rehabilitación de Minas establecido en el Anexo 1. Las Reglamentaciones, Sección 11, estipulan además que el plan de cierre deberá incluir por lo menos los ítems e información provistos en el Anexo 2. La Sección 24 presenta un resumen de las medidas de rehabilitación mínimas referidas en el Código. La garantía Financiera deberá ser suficiente para cubrir los siguientes elementos del cierre:

- . Infraestructura Minera
- . Minas Subterráneas
- . Galerías de Exploración
- . Minas de cielo abierto
- . Instalaciones de almacenaje de colas
- . Monitoreo de aguas superficiales y subterráneas
- . Drenaje de ácidos
- . Estabilidad física
- . Reforestación

La garantía financiera deberá también cubrir todos los requerimientos de cuidados a largo plazo. La legislación no especifica la inclusión de costos administrativos o por administración de las garantías financieras, pero si los cálculos se basan en los costos de las terceras partes, estos deberán incluirse automáticamente.

#### 3.1.5. Nivel de la Garantía Financiera

El nivel de la garantía financiera se basa en el costo de utilizar contratistas externos. Las cifras las establecen el proponente y sus consultores, de acuerdo a los Anexos 1 y 2 de la Reglamentación 240/00 de Ontario. Deberán basarse en los costos al valor del Mercado de los bienes y servicios requeridos para la obra. El nivel de la garantía financiera deberá comprender los costos de finalización del proyecto a través de pagos que pueden ser escalonados. Pueden hacerse contribuciones incrementales mediante un Fondo de Amortización. En este caso se establecerá un calendario de pagos de la garantía financiera de forma tal que el monto total de la garantía financiera se cubra antes de llegar a la mitad del ciclo de vida de la mina, o antes de ser posible. Para los proyectos de exploración avanzada o proyectos de mayor riesgo no pueden hacerse pagos incrementales.

### 3.1.6. Impuestos

En Ontario no se ofrecen reducciones de impuestos para las garantías financieras. El gobierno no las considera como un gasto ya que los fondos se devuelven a la compañía una vez completado el plan de cierre.

### 1.3.7. Revisión

Los ejecutivos de alto nivel del proponente deberán certificar que la garantía financiera es suficiente para cubrir el cierre del sitio de acuerdo a los requerimientos de la legislación. El gobierno realizará una revisión rápida y compara los costos con los costos de otros proyectos, pero esto no se hace en detalle. No hay participación o verificación de una tercera parte. La Sección 143 de la Ley de Minería requiere que toda enmienda al plan de cierre incluya enmiendas a la garantía financiera, en el caso de requerirse un incremento en el monto de la misma. Las enmiendas al plan de cierre pueden realizarse de forma voluntaria por el proponente o a solicitud de las autoridades. El gobierno está actualmente considerando la introducción de una revisión regular de los costos de cierre, cada tres o cinco años y, de ser necesario, ajustes en el nivel de la garantía financiera. Esta revisión la realizaría el proponente y sus consultores.

### 1.3.8. Liberación

Para una rehabilitación en curso no hay fondos disponibles para el proponente. Si una compañía realiza una rehabilitación progresiva, el gobierno podrá acordar el reintegro de cierta parte de la garantía financiera. Esto se basará en un informe técnico de certificación que establezca que las obras se realizaron de conformidad con los requerimientos estipulados en la legislación y el valor actual de las obras de rehabilitación por realizarse. Posteriormente a un cierre exitoso, los fondos se devuelven al proponente. Es posible que se retengan algunos fondos para cubrir los costos de monitoreo a corto plazo y cuidado a largo plazo.

### 1.3.9. Experiencia

La Provincia de Ontario tiene requerimientos de garantía financiera en vigor desde 1991. Desde esa fecha, se han cerrado cinco sitios de exploración y minas para los cuales se ha establecido un fondo. En la mayoría de estos casos, las compañías cerraron el sitio utilizando sus propios fondos y en varios casos la garantía financiera fue devuelta a la compañía en aquellos casos donde no existían requerimientos de cuidado a largo plazo. En un par de casos, las compañías que cerraron operaciones debido a dificultades económicas, tenían garantías financieras en base a regalías por tonelada (gravamen por unidad). El gobierno quedó con un déficit en el nivel del fondo requerido para completar el cierre del sitio.

## 3.2 NEVADA

### 3.2.1. Legislación y Gobernabilidad

En los Estados Unidos la actividad minera en tierra federal se rige por la ley federal de 1872 llamada 'Una ley para Promover el desarrollo de los Recursos Minerales en los Estados Unidos'. La mayoría de los detalles relacionados con los procedimientos para un proyecto en tierra federal se dejan al estado individual, siempre y cuando las leyes de ese estado no entren en conflicto con las leyes federales. El 85% de la tierra en el Estado de Nevada es tierra federal, la mayoría de los proyectos de minería se rigen por la ley de 1872 y los Códigos de los Estados Unidos (USC, por su sigla en inglés), así como también por la Legislación del Estado de Nevada. La mayor parte de las tierras federales las administra el Buró de Administración de Tierras (BLM, por su sigla en inglés) y el Servicio Forestal de Los Estados Unidos (USFS, por su sigla en inglés).

Los códigos federales pertinentes para el BLM son USC Título 30, 'Tierras Minerales y Minería 1970', Título 43, Capítulo 35, 'Política y Administración de Tierras Federales de 1976' y el Código de Reglamentaciones Federales (CFR) Título 43, 'Tierras Públicas. Secciones 3809.500 a 3809.560 (CFR 43) enumeran los requerimientos de las garantías financieras para todos los proyectos de minería en tierras manejados por el BLM que causan alteraciones en la superficie por razones diferentes al uso casual. Los códigos federales pertinentes para el USFS son la Ley Orgánica de 1897, USC Título 16, 'Ley de Administración de Bosques Nacionales y 36 CFR, 'Parques, Bosques y Propiedad Pública. 36 CFR 228 requiere que un operador presente un plan de operaciones y, de ser necesario, deposite una garantía financiera. El USFS elaboró Principios Rectores para la Estimación y administración de garantías para la restauración para las operaciones de minería, autorizados y administrados bajo 36 CFR 228A disponible en su sitio Web (ver Anexo 1). La legislación estatal relacionada al cierre de minas se encuentra en las Leyes Revisadas de Nevada (NRS) 445A, Control de Contaminación del Agua y NRS 519A, Restauración de la Tierra. Las reglamentaciones adoptadas bajo estas leyes se incorporaron Códigos Administrativos de Nevada (NAC) 445A y 519A. NRS 519A requiere que toda aplicación a un proyecto de exploración o de minería incluya una fianza u otro tipo de garantía. Los detalles de esta obligación se encuentran en NAC 519A. No se requiere que los proyectos de menos de 5 acres, o minas con una producción inferior a 36,500 toneladas (incluye todos los minerales, desperdicios, etc.) presenten una garantía financiera.

El Gobierno del Estado de Nevada firmó un Memorando de Entendimiento con los administradores de las tierras federales (el Buró de Administración de la Tierra y el Servicio Forestal de los Estados Unidos) para coordinar las obligaciones administrativas y de aplicación de la ley relacionada a la restauración de tierras alteradas por actividades de exploración o de minería. La agencia responsable de la restauración del sitio y la garantía financiera es el Buró de Nevada para la Reglamentación y Restauración de la Minería, División de la Protección Ambiental, Departamento de Conservación y Recursos Naturales y la legislación principal es NRS/NAC 519A. Este arreglo evita la duplicación.

### 3.2.2. Plazos

El NRS/NAC 519A estipula que una solicitud de exploración o permiso de actividad de minería deberá incluir por escrito la suposición de la responsabilidad de la restauración del sitio, un plan de restauración y evidencia de una garantía financiera. El permiso de exploración o actividad minera y el permiso de restauración pueden emitirse pero no entra en vigor hasta que se haya aceptado la garantía financiera.

### 3.2.3. Instrumentos de Garantía Financiera

El tipo de garantía financiera aceptado por la legislación del Estado de Nevada se encuentra especificado en NAC 519A.

Incluye las siguientes formas de garantía:

- . Fideicomiso
- . Fianza
- . Carta de Crédito
- . Seguro
- . Garantía Corporativa

O cualquier combinación de estos mecanismos. Las grandes compañías pueden obtener una Garantía Corporativa estatal de hasta un 75% del valor de la garantía si logran cumplir los criterios reglamentarios para demostrar una salud financiera adecuada. Además, el Buró de Nevada administra una Garantía Solidaria que garantiza hasta US\$ 3 millones por costos de restauración para compañías pequeñas a las que se les ha negado el apoyo comercial. Se permite también, a las operaciones más pequeñas financiar

la garantía con un Depósito en Efectivo. La recientemente revisada Sección 3809 Reglamentaciones (43 CFR) no permiten Garantía Corporativas nuevas o ampliaciones sobre tierras manejadas por el BLM, aunque las garantías existentes si se reconocen.

De los 214 proyectos de minería y explotación que actualmente cuentan con una garantía financiera se desglosa lo siguiente:

- . 23% Fianza
- . 56% Carta de Crédito
- . 17% Garantía Corporativa
- . 2% Depósito en Efectivo
- . 1% Certificado de Depósito
- . 1% Garantía Solidaria

El Buró de Nevada tiene actualmente US\$ 785 millones en garantías para restauración de minería.

#### 3.2.4. Alcance de la Garantía Financiera

La legislación del estado de Nevada estipula que la garantía financiera debe ser suficiente para cubrir los costos de todos los aspectos del cierre físico e incluir los costos administrativos y de contingencia. El cierre físico incluye:

- . La remoción de toda la planta y el equipo
- . La demolición y disposición de la infraestructura
- . La estabilización y reclasificación de las superficies
- . Control de la erosión
- . Reforestación
- . Procesos de estabilización de fluidos
- . Manejo interino de fluidos

Los fondos deberán también cubrir el cuidado en curso y a largo plazo requerido para mantener la efectividad de la restauración o lo necesario en vez de la restauración. No se incluye la estabilización de fluidos a partir de componentes no procesados (por ejemplo filtración de escombreras de roca estéril) y contingencias no especificadas.

#### 3.2.5. Nivel de la Garantía Financiera

Las garantías financieras deben basarse en los costos de terceras partes utilizando las tasas gubernamentales. El proponente establece el nivel de la garantía, de acuerdo a los requerimientos reglamentarios y, todas las fuentes de estimaciones y cálculos se deben presentar a la División de Nevada de Protección Ambiental.

El Buró elaboró una Lista de verificación para las Garantías de Restauración con el fin de asistir a los proponentes en el cálculo de los costos de ingeniería y ambientales. Este documento especifica que los costos administrativos deberán establecerse en por lo menos un 10-15% del costo del contrato. El departamento recomienda que todos los operadores utilicen el Modelo de Estimación de Restauración Normalizado de Nevada para demostrar cómo se establecieron los costos. El modelo se encuentra disponible en su propio sitio Web. (Ver Anexo 1).

Se aceptan pagos incrementales para la garantía financiera siempre y cuando el fondo cobra en todo momento la obligación de restauración pendiente. En general, estos pagos solo se aplican a proyectos más grandes y se realizan en cada fase subsiguiente de operaciones.

### 3.2.6. Impuestos

El estado de Nevada, en línea con la política federal, permite deducir la garantía financiera para propósitos fiscales. Los gastos de mantener una garantía financiera (primas, etc.) se cuentan como gastos y son deducibles de los impuestos, así como también el gasto real de la rehabilitación. Para propósitos fiscales se permite a la compañía distribuir los pagos de la garantía financiera en un número de años.

### 3.2.7. Revisión

El proponente presenta las estimaciones de los costos de restauración a la División de Protección Ambiental de Nevada. Estos costos se revisan internamente o conjuntamente con el Buró Federal de Administración de la Tierra o el Servicio Forestal de los Estados Unidos si involucra tierras públicas. También se somete a una revisión pública y comentarios, pero no se verifican por una tercera parte. El nivel de la garantía financiera puede revisarse en cualquier momento. Al menos una vez cada tres años se lleva a cabo una revisión completa y cada vez que se modifica el plan de restauración. Si el proponente está pagando la garantía financiera en incrementos, las revisiones se realizan con mayor frecuencia.

### 3.2.8. Liberación

Para una rehabilitación en curso no hay fondos disponibles para el proponente, no obstante a medida que se finalizan los pasos discretos, pueden aprobarse una liberación parcial de la garantía. Posteriormente a un cierre exitoso, los fondos se devuelven al proponente, a menos que exista una obligación pendiente a largo plazo como tratamiento de agua a perpetuidad. En ese caso puede establecerse un arreglo especial como un fondo auto-continuo.

### 3.2.9. Experiencia

El Estado de Nevada inició el requerimiento de garantías financieras en 1990. Desde esa fecha, se han cerrado unos 75 sitios de exploración y minas con un fondo en vigor. Además, unos 25 sitios han sido abandonados debido a un fracaso del operador. En la mayoría de estos últimos casos, los fondos no fueron suficientes para pagar todo lo que se requería en la restauración y el estado tuvo que priorizar las obras y buscar fondos alternativos para completar los requerimientos de cierre. La razón principal por la cual estos fondos fueron insuficientes para realizar todas las obras de restauración necesarias es que se trataba de sitios más antiguos, manejados por operadores marginalmente financieros que tenían garantías inadecuadas para empezar. En la mayor parte de estos sitios, las agencias reguladoras trabajaban para incrementar la garantía, pero los operadores no pudieron o no quisieron hacerlo antes de caer en banca rota o abandonar los proyectos.

## 3.3 QUEENSLAND

### 3.3.1. Legislación y Gobernabilidad

La Ley de Recursos Minerales de 1989 sirve de marco para la aplicación y la concesión de títulos de minería. La Ley de Protección Ambiental de 1994 exige que toda actividad relacionada con la minería deberá obtener un permiso emitido por una Autoridad Ambiental y para los proyectos de minería deberá prepararse un Plan de Manejo Ambiental, el cual deberá incluir un programa de rehabilitación. Así mismo, ambas leyes tienen disposiciones sobre una garantía financiera que deberá depositarse aunque ninguna de las dos menciona específicamente los planes de cierre.

En 2001 el Gobierno de Queensland transfirió la responsabilidad de la reglamentación ambiental y administración de la actividad de minería del Departamento de Minas y Energía (DME, por su sigla en inglés) a la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por su sigla en inglés). Esto requirió la revocación de

las disposiciones ambientales contenidas en la Ley de Recursos Minerales y la inserción de un nuevo capítulo en la Ley de Protección Ambiental. Estos cambios se implementaron a través de la Ley de Enmiendas a la Protección Ambiental y Otra Legislación de 2000. De conformidad con esta nueva legislación el Ministerio de Minas pierde sus poderes en el proceso de toma de decisiones ambientales pero retiene el derecho de realizar representaciones se depositan objeciones contra un proyecto minero o si cabe la posibilidad de un denegación.

La Ley de Recursos Minerales exige que se antes de emitir el título de minería se deposite una ‘garantía’. Esto es por incumplimiento con las condiciones del título y restauración de ‘mejoras’, pero ya no cubre la rehabilitación. La Ley de Protección Ambiental requiere que el programa de rehabilitación incluya el monto propuesto de garantía financiera para proyectos más grandes, mientras que para los proyectos pequeños los Códigos de Cumplimiento Ambiental requieren una garantía financiera. Para todos los títulos de minería se requiere una garantía financiera, pero el proponente puede depositar una sola garantía que cobra el requerimiento de la Ley de Recurso Minerales y de la Ley de Protección Ambiental.

El DME es responsable de otorgar y entregar todos los títulos de minería. La EPA es responsable de otorgar y entregar una Autoridad Ambiental. El DME es responsable de recibir y administrar las garantías bajo la Ley de Recurso Minerales y las garantías financieras bajo la Ley de Protección Ambiental. De conformidad a la Ley de Protección Ambiental, la EPA ha preparado varios Principios Rectores y Códigos que contienen los detalles del manejo ambiental de todos los proyectos de minería. El Principio Rector 17 es de particular importancia: Garantías Financieras para Actividades de Minería (2003). Toda la legislación se encuentra disponible a través de los vínculos del sitio Web de la EPA (Ver Anexo 1).

### 3.3.2. Plazos

Las solicitudes de los títulos de minería deben ir acompañados con una solicitud debidamente llenada para una Autoridad Ambiental (actividad de minería). Para todas las licencias de minería, excepto el arrendamiento minero, la garantía financiera deberá depositarse antes de que se otorgue el título. En el caso de un arrendamiento de minería, la garantía financiera no debe depositarse hasta después que se hayan concedido el título de minería y la Autoridad Ambiental. Sin Embargo, deberá estar depositado antes de que se realice en el sitio cualquier actividad propuesta en el Plan de Operaciones.

### 3.3.3. Instrumentos de Garantía Financiera

La Ley de Protección Ambiental otorga a EPA la discreción de determinar la forma de garantía financiera necesaria. Los Principios Rectores 17 especifican que las formas aceptables de garantía financiera incluyen:

- . Efectivo
- . Garantía Bancaria
- . Fianza de seguro

Actualmente, Queensland tiene unas 1,000 garantías financieras por denuncias de minería, 1,000 por permisos de exploración, 200 por licencias de desarrollo mineral y 1,200 por arrendamientos de minería. Aproximadamente un 70% de las garantías de arrendamientos mineros son Efectivo y un 30% Garantías Bancarias, aunque estas últimas representan el 98.8% de la totalidad de garantías financieras que tiene el departamento.

### 3.3.4. Alcance de la Garantía Financiera

La legislación de Queensland no especifica qué aspectos del cierre de una mina comprende el término rehabilitación, ni qué deberá cubrir la garantía financiera. Los elementos identificados por la EPA que podrían incluirse bajo el término rehabilitación son:

- . Remoción de la planta y el equipamiento
- . Renivelación de las escombreras y pozos
- . Sellado de las instalaciones de almacenaje de residuos u otros materiales peligrosos
- . Rompimiento de las represas y restauración del curso del agua
- . Volver las pendientes y aperturas seguras
- . Reemplazo del suelo de la superficie
- . Reforestación
- . Monitoreo de la calidad del agua y aire, tasas de erosión, vegetación
- . Conducir estudios de suelos contaminados
- . Implementación de planes de manejo del sitio

*La Ley de Enmiendas 200* y los principios rectores 17 especifican que la garantía financiera deberá incluir los costos de mantenimiento y monitoreo.

En enero de 2006, se introdujeron nuevas disposiciones relacionadas con los pagos por riesgo residual, permitiendo un pago en efectivo individual al entregar la Autoridad Ambiental o cuando se certifica una rehabilitación progresiva. Este pago de riesgo residual cubre mantenimiento futuro y obras de remediación.

### 3.3.5. Nivel de la Garantía Financiera

La garantía financiera para los proyectos de exploración y pequeños proyectos de minería se basan en el área total de alteración y el riesgo asociado con la rehabilitación. A continuación se presenta una versión simplificada de los Principios Rectores 17.

Tabla 3.3.1: Garantía Financiera para Proyectos de Exploración Estándar y Desarrollo de Minería

Área Total de la Alteración	Riesgo bajo: Rehabilitación simple	Riesgo Alto: Rehabilitación Difícil
Menos de 1 hectárea	A\$2,500	A\$5,000
1 a 4 hectáreas	A\$10,000	A\$20,000
4 a 10 hectáreas	A\$20,000	A\$40,000

El nivel de la garantía financiera para un proyecto no estándar se calcula en base al proyecto específico, aunque un solo proyecto puede incluir varios arrendamientos. Esta se calcula utilizando el costo de unidad de rehabilitación multiplicado por el área de alteración estimada, basada en el uso de contratistas terceras partes. El proponente establece el monto. El Código de Cumplimiento Ambiental para Proyectos de Arrendamiento de Minería contiene un ejemplo de los cálculos para ayudar al proponente a establecer los costos. Los costos de mantenimiento y monitores se calculan en un 10% del costo total de rehabilitación.

El sistema de garantías financieras permite un descuento del 10% al 75% en base al cumplimiento de contrato ambiental previo. En enero de 2009, el descuento máximo que podía deducirse era un 30%. Los criterios de cumplimiento de contrato y tasas de descuento se incluyen en el Anexo B, Tabla 2 del Principio Rector 17.

La garantía financiera puede pagarse de forma incremental, establecida a través de una estimación del nivel máximo de alteración de cada período de planificación cubierto por el Plan de Operaciones. Este período puede ser de 1 a 5 años.

### 3.3.6. Impuestos

Es posible reclamar un impuesto del 10% sobre bienes y servicios pagaderos sobre todos los suministros que pagan impuestos, si la autoridad administradora presenta un reclamo sobre la garantía financiera.

### 3.3.7. Revisión

Al presentar la garantía financiera, el tenedor de la Autoridad Ambiental deberá también certificar que se utilizaron los procedimientos correctos. El tenedor podrá decidir si se procede a una auditoría externa, aunque no se requiere una verificación por una tercera parte. No obstante, las sanciones por proporcionar información falsa o engañosa pueden ser muy severa (hasta dos años de prisión). Al momento de renovar un título de minería se revisa la garantía financiera o en el caso de un arrendamiento de minería, cuando se presenta un Nuevo Plan de Operaciones o se enmienda o reemplaza la Autoridad Ambiental. El período entre revisiones se rige de acuerdo al tipo de título de minería. La EPA goza de la potestad de reevaluar la garantía en cualquier momento, siempre y cuando tenga una razón justificada de hacerlo. En cualquiera de estas revisiones se puede cambiar el nivel de la garantía financiera.

### 3.3.8. Liberación

Para una rehabilitación en curso no hay garantía financiera disponible para el tenedor de la Autoridad Ambiental. Sin embargo, cuando se presenta un nuevo Plan de Operaciones y se vuelve a calcular la obligación de rehabilitación, las obras finalizadas ya no se incluirán en el total.

La Autoridad Ambiental deberá entregarse o Cancelarse antes de poder renunciar a un título de minería. La solicitud de renuncia a la Autoridad Ambiental requiere que el tenedor presente también un informe final de rehabilitación. La garantía financiera se mantendrá vigente hasta que la EPA quede satisfecha de que ya no cabe la posibilidad de un reclamo en su contra. En esta etapa, se establece el pago de un riesgo residual y se entrega la garantía.

### 3.3.9. Experiencia

Varias minas pequeñas y medianas han cerrado desde la introducción del sistema de garantías financieras en Queensland. En ciertos casos, el título de minería se revocó debido a problemas financieros o incumplimiento con la legislación. Varios de estos casos han requerido que el gobierno se encargue de las obras de rehabilitación y en dos instancias los costos han excedido \$ 1 millón. La mayoría de las minas que cierran mediante un proceso de cierre planificado no han requerido de obras adicionales.

## 3.4 VICTORIA

### 3.4.1. Legislación y Gobernabilidad

En Victoria toda la actividad minera está regulada por la Ley de Recurso Minerales (Desarrollo Sustentable) de 1990 y por la Ley de Desarrollo de Industrias de extracción de 1995 y las Reglamentaciones asociadas. Las dos leyes contienen los requerimientos para el Plan de Rehabilitación y las garantías financieras, conocidas como fianzas de rehabilitación sobre las cuales los detalles se encuentran en los Principios Rectores borrador, Establecimiento y Administración de Fianzas para Rehabilitación de 2007. Estos principios rectores reemplazan los Principios Rectores de 1997. La Ley de Desarrollo de Industrias de extracción regula las actividades de cantera mientras que la Ley de Recurso Minerales (Desarrollo Sustentable) regula el resto de industria de minería.

La Ley de Recurso Minerales (Desarrollo Sustentable) establece un proceso de aprobación de tres etapas para los proyectos de minería, la Licencia de Minería, el Plan de Trabajo; y la Autoridad de Obras. El Plan

de Rehabilitación debe presentarse como parte del Plan de Trabajo. Las obras en el sitio no pueden iniciar hasta que se haya concedido la Autoridad de Obras, para cuando debe haberse ya depositado una fianza de rehabilitación.

El receptor de una licencia de minería debe también pasar por el proceso del permiso de planificación regulado por la Ley de Planificación y Medio Ambiente de 1987. La solicitud del permiso de planificación deberá incluir detalles de la rehabilitación propuesta. De conformidad a la Ley de Efectos Ambientales de 1978, el Ministerio de Planificación puede determinar que se requiere una Declaración de Efectos Ambientales. Esta declaración deberá también incluirse en el plan de rehabilitación.

El Departamento de Industrias Primarias (DPI, por su sigla en inglés), división de Minerales y Petróleo, es responsable por la administración de la Ley de Desarrollo de Industrias de extracción y Ley de Desarrollo de Industrias de extracción. El DPI deberá aprobar el plan de rehabilitación y la fianza de rehabilitación deberá depositarse con el Ministerio de Recursos.

#### 3.4.2. Plazos

Una vez emitido el título de minería, en el caso de una licencia minera, el proponente tiene seis meses para presentar un Plan de Trabajo que también incluya el plan de rehabilitación. Esto se reduce a tres meses para la licencia de exploración. La fianza de rehabilitación deberá depositarse antes de la concesión de la Autoridad de Obra y previo al inicio de las obras en el sitio.

#### 3.4.3. Instrumentos de Garantía Financiera

La única forma de garantía financiera que acepta el DPI es la Garantía Bancaria (Carta de Crédito).

#### 3.4.4. Alcance de la Garantía Financiera

La legislación de Victoria no especifica que aspectos del cierre de la mina comprende el término rehabilitación o lo que debería cubrirse con la garantía financiera. La Reglamentación de Desarrollo de Recurso Minerales de 2002, Anexo 13, establece que un plan de rehabilitación debería incluir lo siguiente:

- Conceptos para la utilización final del sitio
- Una propuesta para la rehabilitación y estabilización progresiva de las áreas de extracción, cortes en las carreteras y escombreras, incluyendo las especies para la revegetación
- Propuestas para la rehabilitación final del sitio, incluyendo la seguridad final del sitio y la remoción de la planta y el equipo.

Los Principios Rectores 2007 proveen un manual sobre los principios comunes de rehabilitación e incluyen métodos aceptables y posibles de tratamiento. El Anexo C.3: Métodos de Cierre Generalmente Aceptados también presenta lineamientos, aunque los planes de rehabilitación se preparan en una base sitio por sitio.

#### 3.4.5. Nivel de la Garantía Financiera

El Ministerio de los Recursos debe determinar el nivel requerido de garantía financiera y esto se hace en consulta con el Departamento de Sustentabilidad y Medio Ambiente si hay Tierra de la Corona involucrada. Para consultas para licencias en tierras privadas es con el consejo local y los propietarios de la tierra. La garantía la calculan los oficiales ambientales del DPI, después de recibir el plan de rehabilitación y se basa en la utilización de contratistas terceras partes. La garantía financiera también incluye un 10% para la administración del proyecto, un 10% para costos de contingencia y un 5% para monitoreo. El nivel de la garantía financiera se establece utilizando las tasas estándar para operaciones simples y el Calculador de la Fianza de Rehabilitación (disponible en el sitio Web del DPI (Ver Anexo 1).

Para sitios más grandes y complejos. Este Calculador se basa en la herramienta de estimación de Costos de Rehabilitación URS/GSSE (Ver Capítulo 5.5). El monto final de la garantía financiera estará sujeto a consulta con el proponente, pero deberá reflejar el costo real de la rehabilitación propuesta.

No existe una facilidad para la garantía financiera inicial que pueda ser pagada en incrementos. Sin embargo en aquellos casos donde se requiere un incremento de garantía substancial, y el proponente ha demostrado que dicho incremento podría tener un serio impacto sobre la viabilidad del proyecto, podrían aprobarse pagos incrementales para la garantía adicional.

#### 3.4.6. Impuestos

La legislación no especifica la posición fiscal para fondos pagados a una garantía financiera.

#### 3.4.7. Revisión

En el establecimiento de una garantía financiera no hay participación de una tercera parte ni tampoco hay un proceso de verificación. El DPI ha redactado procedimientos para el establecimiento de las fianzas que están sujetas a una auditoría interna. En todos los casos, un segundo oficial verifica las evaluaciones y para las garantías más grandes se aplican otras verificaciones. El DPI también tiene auditorías externas para los sistemas de garantía, realizadas por auditores terceras partes y por Auditor General del Estado.

La periodicidad de la revisión de las garantías financieras oscila entre cada dos años para los sitios de alto riesgo a cada diez años para los sitios de bajo riesgo, en base a la tabla contenida en los Principios Rectores. Además, si el proponente cambia el plan de trabajo o transfiere los activos deberá revisarse la garantía financiera. El Ministerio puede, en todo momento, requerir que el proponente incremente el nivel de la garantía financiera, si el Ministerio es de la opinión que el monto existente es insuficiente. En todos los casos el DPI realiza las revisiones.

De acuerdo a los Principios Rectores de 2007, en la actualidad el proponente debe presentar una evaluación anual de la responsabilidad actual de rehabilitación al final de cada período cubierto por el informe. Las evaluaciones no suelen ser un detonante automático de ajustes a la garantía financiera, pero pueden conllevar a la calendarización de la siguiente revisión departamental.

#### 3.4.8. Liberación

Los fondos de la garantía financiera no están a la disposición del proponente para rehabilitaciones en curso. Los fondos pueden ser liberados parcialmente en aquellos casos que la rehabilitación progresiva se ha realizado con éxito. Después de la rehabilitación exitosa de un sitio, toda la garantía financiera se devuelve al proponente, previa consulta con los grupos pertinentes.

#### 3.4.9. Experiencia

En el estado de Victoria existen aproximadamente 300 garantías financieras en vigor para minas en operación y 180 para licencias de exploración, no incluyendo las canteras para las cuales hay otras 900. Todas estas garantías financieras tienen la forma de una Garantía Bancaria (Carta de Crédito). En los últimos diez años las minas que han cerrado y que tenían una garantía financiera en vigor han, en general, contado con los fondos suficientes para cubrir los costos de cierre.

El Consejo de Minerales de Australia comentó en 2007 el borrador de los Principios Rectores e hizo las siguientes Recomendaciones:

Que debería abordarse la forma de las garantías financieras;

que la garantía financiera inicial debería ser igual a la responsabilidad del período de revisión formal y no la responsabilidad máxima para la vida de un proyecto, y

Que se requiere claridad en cuanto a las auto-evaluaciones que usan el Calculador y las revisiones de las garantías.

### 3.5 BOTSWANA

El Gobierno de Botswana está en proceso de iniciar los requerimientos de garantías financieras para los proyectos de minería. El Ministerio de Minerales, Energía y Recursos Hídricos promueve activamente a las compañías mineras para que establezcan garantías financieras para el cierre de las minas diferentes de las demás cuentas de la compañía. Actualmente está en discusión la posibilidad de que el gobierno acuerde concesiones tributarias para los fondos. Hasta la fecha, si bien algunas compañías han acordado en principio, todavía no se ha establecido ninguna garantía financiera.

#### 3.5.1. Legislación y Gobernabilidad

*La Ley de Minas y Minerales de 1999* provee el marco para la aplicación y concesión de licencias de minería. La parte IX de esta Ley cubre las obligaciones ambientales que incluyen el requerimiento para el poseedor de una licencia de minería de realizar una rehabilitación continua en el sitio y restaurar la tierra sustancialmente a su condición original, siempre y cuando sea posible y de forma aceptable para el Director de Minas, al final de las operaciones. La misma sección dispone también que el proponente deberá crear reservas financieras adecuadas para el cumplimiento de las obligaciones contenidas en esta sección.

*La Ley de Minas, Canteras, Obras y Maquinaria de 1978, la Ley de Manejo de Desperdicios de 1998 y la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de 2005* contiene también requerimientos adicionales sobre los requerimientos de rehabilitación. Sin embargo, ninguna de estas leyes menciona específicamente las Garantías financieras. Los principios Rectores para la preparación de Informes de Evaluación sobre impactos Ambientales de 2003 incluyen una disposición financiera que requiere que el proponente proporcione los detalles sobre la capacidad de financiar el Programa de Gestión Ambiental que incluye el desmantelamiento y cierre. El Ministerio de Minerales, Energía y Recursos Hídricos, Departamento de Minas es responsable de la Ejecución del cierre de las minas. Se propone que el Departamento de Minas y el Ministerio de Finanzas y Desarrollo son conjuntamente responsables de las garantías financieras para los proyectos de minería. El Ministerio de Finanzas participa ya que será la institución de custodia donde se depositarán los fondos de la garantía.

#### 3.5.2. Plazos

La garantía financiera deberá establecerse previo a la concesión del título de minería.

#### 3.5.3. Instrumentos de Garantía Financiera

La legislación no identifica la forma de la garantía financiera y el gobierno está todavía decidiendo que tipos de garantía serán aceptables.

#### 3.5.4. Alcance de la Garantía Financiera

La legislación no especifica que aspectos del cierre de una mina abarca el término rehabilitación o que deberá cubrir la garantía financiera. El Departamento de Minas estipula que, por defecto, como parte del programa de cierre aprobado la garantía financiera deberá comprender el objetivo del cierre y el plan, todos los costos de rehabilitación y los costos de pos cierre y monitoreo.

### 3.5.5. Nivel de la Garantía Financiera

Actualmente, el nivel de la garantía financiera se basa en estimaciones de costos existentes para todos los elementos incluidos en las actividades de cierre. El Departamento de Minas tiene la intención de desarrollar Principios Rectores para sentar una base para los cálculos.

### 3.5.6. Revisión

La garantía financiera se calcula y el proponente la presenta al Departamento de Minas donde se revisa y pasa por el proceso de aprobación. El nivel de la garantía financiera puede revisarse y reevaluarse cada vez que se da un cambio en el plan de operaciones. Cada cinco años y un año antes del cierre el Departamento de Minas y el proponente realizan una revisión completa.

### 3.5.7. Liberación

Aun no se ha establecido el método de liberación de la garantía financiera.

### 3.5.8. Experiencia

Actualmente no existen garantías financieras en vigor.

## 3.6 GHANA

### 3.6.1. Legislación y Gobernabilidad

La Ley de Minería y Minerales de 1986 es el marco para la aplicación y concesión de títulos de exploración y de minería. La Sección 66 de esta ley establece que no se concederá el certificado de cesión (de la licencia) si el Secretario “no está satisfecho que el solicitante entregará la tierra en una condición segura y de acuerdo con las buenas prácticas de minería.” La Ley de la Agencia de Protección Ambiental de 1994 no se refiere específicamente a la minería pero da lugar a la preparación de ‘normas y un código de prácticas relacionados con la protección, desarrollo y rehabilitación del medio ambiente’.

Las Reglamentaciones sobre Evaluación Ambiental de 1999, desarrolladas bajo la Ley de la Agencia de Protección Ambiental exigen que una declaración de impacto ambiental para la minería incluya planes de restauración y que el proponente deposite una garantía de restauración. Los Principios Rectores Sobre Minería y el Medio Ambiente de 1994 estipulan que el sitio de una exploración deberá rehabilitarse a una condición consistente con el carácter preexistente y a la utilidad del área en un período de tres meses después de abandonado el sitio. Los Principios Rectores también requieren que se presente un plan inicial de restauración como parte de la evaluación de impacto ambiental y el plan de acción ambiental y otorga al gobierno el derecho de solicitar una garantía de restauración. El plan final de restauración deberá presentarse dentro de los dos primeros años de operación. Estos Principios Rectores fueron actualizados (2007) pero aún no están disponibles para difusión general. La Comisión de Minerales y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) son responsables de la ejecución y administración de la garantía financiera.

### 3.6.2. Plazos

La legislación no especifica cuando deberá estar en vigencia la garantía de restauración. En la actualidad EPA exige que una vez concedida la licencia de minería se deposite la garantía financiera.

### 3.6.3. Instrumentos de Garantía Financiera

La legislación no especifica qué instrumentos de garantía financiera son aceptables. EPA enumera los siguientes mecanismos como disponibles para el proponente:

- . Garantía Bancaria
- . Carta de Crédito

- . Fianza de Cumplimiento de Contrato
- . Seguro
- . Depósito en Efectivo

Existen actualmente diez proyectos con garantías financieras en vigor. Para la mayoría de estos proyectos, aproximadamente de un 80% a un 90% de la garantía está en la forma de Garantía Bancaria y el resto en Efectivo. Una compañía tiene un Esquema de Seguros.

#### 3.6.4. Alcance de la Garantía Financiera

Los Principios Rectores de Minería y Medio Ambiente especifican las normas mínimas requeridas para el plan de restauración, aunque la legislación no especifica que aspectos del cierre de la mina deberá cubrir la garantía financiera. EPA define estos elementos ya que todos los elementos del cierre incluyen la transferencia de bienes inmuebles a la autoridad local, el retorno del sitio al estado que tenía de existir la mina el uso de la tierra y la estabilidad química del sitio reclamado.

#### 3.6.5. Nivel de la Garantía Financiera

El nivel de la garantía financiera se basa en los costos totales de restauración. No se especifica si este nivel es el costo de las obras realizadas por el proponente o por un tercero.

#### 3.6.6. Revisión

El proponente calcula la garantía financiera se calcula en base al plan de restauración y luego lo presenta a EPA para su aprobación. Una vez entra en vigencia la garantía financiera, EPA revisará la misma cada dos años. Al momento de la revisión, el nivel de la garantía podrá ajustarse dependiendo del valor de las obras de rehabilitación realizadas por la compañía durante este período.

#### 3.6.7. Liberación

El proponente no puede disponer de los fondos de la garantía financiera para obras de rehabilitación en curso. La garantía se retiene por un período de tres años después de finalizado el plan de restauración y luego se regresa al proponente completamente. Este período se extiende a siete años en el caso de existir potencial para drenaje de ácidos de la mina.

#### 3.6.8. Experiencia

Hasta ahora se ha cerrado solo un proyecto minero con una garantía financiera en vigencia. El nivel de la garantía financiera fue suficiente para financiar todos los costos de cierre.

### 3.7 PAPUA NEW GUINEA

El Gobierno de Papúa Nueva Guinea está en el proceso de iniciar los requisitos de garantía financiera para los proyectos de minería. El anterior Departamento de Minería, actualmente el Departamento de Política de Minerales y Gestión de Geo-Amenazas, elaboró el borrador del Documento Verde sobre el Reglamento y Lineamientos para el Cierre de Minas que aun está en proceso de revisión. El único proyecto que cuenta con una garantía financiera funcional es la Mina Ok Tedi Mine, que tiene su propia legislación.

#### 3.7.1. Legislación y Gobierno

La *Ley de Minería (1992)* y las regulaciones asociadas establecen el marco para la solicitud y otorgamiento de títulos de minería. Actualmente se preparan enmiendas a la *Ley de Minería* con el propósito de insertar disposiciones que requieren que todo poseedor de títulos de exploración y minería efectúe obras de rehabilitación antes de renunciar al título. Por el momento no existe un requerimiento en la Ley de Minería para que el proponente produzca cualquier forma de garantía financiera.

El gobierno actualmente está elaborando el *Reglamento y Principios Rectores para el Cierre de Minas*, desarrollado bajo la *Ley de Minería*. El borrador del 2005 requiere que la planificación para el cierre de minas sea parte integral de todas las operaciones mineras y que el proponente establezca una Garantía de Cierre de Minas y un Fideicomiso de Cierre de Minas. Este requisito es únicamente para las licencias de minería. Las licencias de exploración y los usufructos de aluviones son abordados en el *Código Ambiental para la Minería* desarrollado bajo la *Ley del Medio Ambiente 2000* y la *Ley de Minería*. La *Ley del Medio Ambiente* permite el depósito de una fianza ambiental para cualquier actividad que requiera un permiso ambiental.

Aun se realizan las discusiones para establecer la interacción exacta entre el Reglamento y *Lineamientos para el Cierre de Minas* y la *Ley del Medio Ambiente*. La manera de pensar actual es que, de ser requerida una garantía financiera bajo la jurisdicción de la *Ley de Minería*, entonces no se requeriría cobertura adicional bajo la *Ley del Medio Ambiente*. No obstante, los usufructos de pequeños aluviones aun estarían cubiertos por la *Ley del Medio Ambiente*.

El borrador del *Reglamento y Principios Rectores para el Cierre de Minas* permite que un proponente sea eximido del requisito de garantía financiera en los casos en que:

- “no sea práctico que el promotor proporcione la garantía o que dicha garantía no pueda ser proporcionado a un costo económico (comparado con la escala de la minería y la disponibilidad de recursos económicos del promotor); y
- Los beneficios al bienestar público provistos por el desarrollo de los recursos minerales compensen con creces el riesgo de permitir que proceda el proyecto, sin que se disponga de suficiente garantía para cubrir las obligaciones del cierre de la mina.”

La Autoridad de Recursos Minerales (MRA por sus siglas en ingles) es responsable por la administración de la *Ley de Minería* y el Departamento de Política Mineral (DMP por sus siglas en ingles) es responsable de formular las políticas relacionadas con las actividades de minería. Esta administración funciona en coordinación con el Departamento del Tesoro, Finanzas y Planificación para los aspectos financieros de la legislación.

El Departamento del Medio Ambiente y Protección (DEC por sus siglas en ingles) es responsable de la administración de la *Ley del Medio Ambiente* y la fianza ambiental. Tanto la MRA y el DEC revisarán y aprobarán el plan de cierre de minas mientras que el DMP aprobará las políticas relacionadas con las actividades mineras, incluyendo el cierre de minas. La mina Ok Tedi es gobernada por la *Ley (Acuerdo Ok Tedi) de Minería de 1976* y es enmendada por la *Ley de Acuerdos Suplementarios. La Ley (Noveno Acuerdo Suplementario Ok Tedi) de Minería del 2001*, también conocida como el *Código de Cierre de Minas y Desmantelamiento del 2001*, establece el requisito tanto para los planes de cierre como para la garantía financiera. Este caso se discute con mayor detalle en el encabezado ‘Experiencia’.

### 3.7.2. Plazos

El plan de cierre de mina debe presentarse con el estudio de factibilidad e incluir los costos estimados para el cierre y las disposiciones financieras. Tanto la garantía por los costos de cierre de la mina y el Fideicomiso del Cierre de la Mina deben establecerse antes de comenzar la construcción de la mina y después del otorgamiento de la licencia de minería. La legislación no define en qué momento debe depositarse la fianza ambiental.

### 3.7.3. Instrumentos de Garantía Financiera

El borrador del Reglamento y Lineamientos para el Cierre de Minas identifica como aceptables las siguientes formas de garantía financiera:

- . Garantía Bancaria
- . Garantía de Empresa Matriz
- . Póliza de Seguros
- . Depósito en Efectivo

Un Fideicomiso de Cierre de Mina puede ser depositado en el exterior a discreción de la Junta Asesora de Minería. La Ley del Medio Ambiente establece que la fianza ambiental puede ser presentada como Garantía bancaria, Póliza de Seguros o cualquier otra forma de garantía aprobada por el Director del Medio Ambiente.

### 3.7.4. Alcance de la Garantía Financiera

La Garantía de Cierre de Minas será establecida al inicio de las operaciones y está diseñada para cubrir los costos de aspectos relacionados con la rehabilitación técnica y física de un cierre prematuro de minas. El Fideicomiso de Cierre de Minas será acumulado durante la vida del proyecto y cubrirá los costos reales del cierre de la mina incluyendo el desmantelamiento, rehabilitación y monitoreo de pos-cierre. La Garantía del Cierre de Minas se reducirá en la medida que aumenta el Fideicomiso de Cierre de Minas. Aun no se define lo que estará incluido en la fianza ambiental.

Se requiere que cualquier poseedor de un usufructo de mina de aluvión pague impuesto sobre los ingresos derivados de la actividad. Este impuesto se acumulará en un fondo especial y será utilizado para remediar cualquier falta del minero aluvial de cumplir con los lineamientos de cierre los cuales incluyen protección del medio ambiente y remoción del equipo de minería. Es interesante señalar que el borrador del *Reglamento y Lineamientos para el Cierre de Minas* expresa que se establecerá un mecanismo distinto para cubrir las implicaciones sociales del cierre. Esto se discute en el Capítulo 5.9.

### 3.7.5. Nivel de la Garantía Financiera

El nivel de garantía financiera se basa en el costo estimado del cierre de la mina y debe incorporar el cierre prematuro.

### 3.7.6. Impuestos

El proponente puede declarar las contribuciones a la garantía financiera como gastos relacionados al cierre de la mina, mismos que son deducibles del impuesto. Cualesquiera fondos removidos de la garantía financiera que no sean por el propósito de implementar las obligaciones del cierre serán reconocidos como ingresos gravables y estarán sujetos a gravamen. Cualesquiera intereses que se acumulen en el fondo serán utilizados para el cierre de la mina. Adicionalmente, y para propósitos impositivos, los costos de rehabilitación durante la producción comercial pueden declararse como costos directos de operación.

### 3.7.7. Revisión

El plan inicial del cierre de la mina y la garantía financiera son revisadas por los departamentos de minería y del Medio Ambiente. Posteriormente estarán sujetas a una auditoría periódica durante la vida de la mina por parte del Comité de Enlace del Proyecto; cada dos años, en el caso que la vida de la mina sea menor a los diez años, y cada cinco años cuando la vida restante de la mina es mayor a los diez años. También serán revisadas en el caso que se efectúen cambios materiales al plan operativo. Estas revisiones incluirán la garantía financiera y tomarán en consideración los cambios que se requieran. El

Director del Medio Ambiente o el Consejo Asesor de Minería también podrán solicitar una revisión en cualquier momento.

### 3.7.8. Liberación

Los fondos de la garantía financiera no están disponibles al proponente para la rehabilitación durante el transcurso de operaciones. Una vez logrado el acuerdo de los criterios para completar el cierre y que estos sean satisfactorios para el Gobierno, MRA emitirá un certificado de cierre, el cual es el mecanismo para la renuncia formal del usufructo minero. No obstante, y según los requisitos de monitoreo pos-cierre establecidos en el plan de cierre de la mina, el usufructo minero no podrá ser renunciado por un periodo de por lo menos diez años. Durante este periodo, el proponente es responsable por cualquier trabajo adicional de rehabilitación. Se requiere la garantía financiera para respaldar estas obligaciones sea a través de la garantía original o por la provisión de un fondo específico.

### 3.7.9. Experiencia

Actualmente no se establecen las garantías financieras bajo el proceso anterior. No obstante, la *El Código Ok Tedi de Cierre de Minas y Desmantelamiento (2001)* brinda el marco legal para la preparación del plan de cierre de mina para la mina Ok Tedi. Este plan debe actualizarse cada 2 años. *El Código* también establece que la empresa debe establecer un seguro financiero para cubrir los costos del cierre incluido en el plan.

El borrador del Plan de Cierre de Mina<sup>2</sup> elaborado por Ok Tedi Mining Ltd (OTML) consiste en una descripción detallada del proceso físico del cierre y los costos que esto implica. Incluye la demolición y remoción de infraestructura, rehabilitación del sitio, monitoreo u cuidados posteriores hasta por 6 años y pagos de indemnización. También incluye un 20% de contingencia y una escalada anual de 3% hasta el 2013, la fecha prevista para el cierre de la mina. El total actual del seguro financiero es US\$ 126 millones de los cuales US\$ 75.6 fueron contribuidos por OTML (Agosto 2008). Los fondos contribuidos por Ok Tedi son deducibles del impuesto y los intereses devengados son exentos de impuestos y se mantienen en un Fideicomiso en el exterior, administrado por un banco del Reino Unido. Los costos fueron sujetos a una revisión de auditoría externa en el 2003 y a una revisión sin auditoría en el 2006.

El plan de cierre de mina incluye un informe social y económico que enfoca en las comunidades que serán más impactadas por el cierre de la mina. OTML ha establecido un número de fideicomisos diseñados para reducir el impacto inmediato de un cierre prematuro o planificado. Estos fondos reciben los dineros derivados de los derechos de dividendo, indemnizaciones y desarrollo. En la actualidad la empresa administra 13 fideicomisos y 7 fondos comunitarios. Existen arreglos un poco diferentes para cada fondo pero por lo general:

- . Algunos tienen un componente de efectivo;
- . La mayoría tienen un componente de desarrollo – usado para infraestructura, educación, actividades sociales, etc.;
- . Todos tienen un componente de inversión (fondo de generaciones futuras); y
- . La mayoría están en condición de exención de impuesto (GST).

Todos los fondos están depositados en cuentas de Fideicomisos en Papúa New Guinea y se ha establecido un Consejo Administrativo para cada uno de los fondos. Las Juntas están compuestas por representantes de los Gobiernos Provinciales y Nacional, el Consejo de Iglesias, OTML y las comunidades. Las resoluciones aprobadas por el Consejo Administrativo deben ser unánimes. Hasta el 2007, OTML ha contribuido un total de K800 millones a los varios fideicomisos. El plan de Cierre de Mina está disponible en el sitio Web de la OTML (ver Anexo 1) con. Las contribuciones se realizan anualmente

de conformidad con los acuerdos. Existe la figura de un Departamento de Administración de Fideicomisos para el manejo de estos fondos y OTML está a la expectativa para ver la manera en que estos fondos serán administrados posteriormente al cierre para asegurar que los fondos restantes continúen favoreciendo a los beneficiarios en el futuro.

### 3.8 AFRICA DEL SUR

#### 3.8.1. Legislación y Gobierno

En África del Sur, la Ley de Desarrollo de Recursos Minerales y de Petróleo (MPRDA) 2002, vigente desde 2004, provee el ambiente regulatorio para la industria de minerales y es respaldada por las Regulaciones del Desarrollo de Recursos Minerales y de Petróleo 2004. En la Ley Nacional de Manejo Ambiental de 1998 (NEMA) se establecen los principios del manejo ambiental que son aplicables a todas las operaciones de prospectar y minería. Estos sirven de lineamientos para la interpretación, administración e implementación de los requerimientos ambientales de la MPRDA.

La MPRDA incluye la obligación para que toda operación de prospectar y minería presente un plan o programa de manejo ambiental y que se rehabilite el medio ambiente afectado así como la provisión financiera para esta rehabilitación o manejo de los impactos negativos al medio ambiente. El Reglamento 2004 define que un plan o programa de manejo ambiental debe incluir los objetivos de cierre y ambientales y una provisión financiera. Este se conoce comúnmente como el plan de cierre de minas preliminar el cual se finaliza al acercarse la fecha del desmantelamiento.

Los aspectos ambientales de la MPRDA son responsabilidad del Ministro de Minerales y Energía y son administrados por el Departamento de Minerales y Energía (DME) tanto a nivel nacional como regional. Las enmiendas recientes a la MPRDA y NEMA, en este momento esperando su aprobación parlamentaria, transferirán las responsabilidades ambientales, incluyendo algunas provisiones de cierre y financieras, al Departamento de Asuntos Ambientales y de Turismo.

#### 3.8.2. Plazos

Según la MPRDA, los que aplican para un permiso de reconocimiento, derecho de prospectar, derecho de minería o permiso para actividades mineras deben presentar, y obtener la debida aprobación de, un plan o programa de manejo ambiental antes de la entrada en vigor del título. Este plan o programa debe incluir los detalles de la garantía financiera que debe establecerse antes de ser otorgada la aprobación.

#### 3.8.3. Instrumentos de Garantía Financiera

Las Regulaciones del 2004 definen que los instrumentos de garantía financiera disponibles al proponente son:

- . Fideicomiso
- . Garantía Bancaria
- . Deposito en Efectivo

O cualquier otro método determinado por el Director General de la DME. Las principales empresas mineras en África del Sur generalmente utilizan fideicomisos y los centralizan a nivel corporativo.

#### 3.8.4. Alcance de la Garantía Financiera

La garantía financiera es evaluada por la DME usando el Documento de Lineamientos para la Evaluación de la Cuantía de la Provisión Financiera Relacionados Al Cierre Proporcionado por una Mina (2005). Este lineamiento brinda un abordaje genérico para determinar la garantía financiera de todos los componentes esenciales del cierre e incluye la remoción de infraestructura, sellar los huecos de la mina,

rehabilitación, manejo del agua y el mantenimiento y cuidados posteriores al cierre. Los cálculos se basan en los costos de terceros e incluyen 12.5% para manejo y administración general preliminar y un 10% para contingencias. La tasa maestra unitaria se determina según la clasificación del riesgo y área de sensibilidad.

#### 3.8.5. Nivel de la Garantía Financiera

El nivel de garantía financiera se basa en la suposición que el trabajo de rehabilitación será realizado por un tercero empleado por la DME. No se define, pero es implícito, que la garantía financiera no puede pagarse incrementalmente. Los Lineamientos de Evaluación incluyen un desglose detallado de los costos de cierre con una tasa maestra para cada componente y un factor multiplicador según la clasificación del riesgo y área de sensibilidad. Las tasas maestras se actualizan anualmente. Se ha propuesto que las operaciones de buscadores estén sujetas a una tasa fija de garantía financiera de la siguiente manera:

- R 20,000.00 por hectárea en ambientes de baja sensibilidad
- R 50,000.00 por hectárea en ambientes de mediana sensibilidad
- R 80,000.00 por hectárea en ambientes de alta sensibilidad

En donde cada hectárea no se refiera únicamente a las áreas alteradas sino a toda el área de prospecto según la identificación en el título.

#### 3.8.6. Impuesto

La garantía financiera debe incluir un VAT de 14%. Las contribuciones a un fideicomiso son deducibles del impuesto y se aplican a costos de operación. Cuando se usan con propósitos de rehabilitación después del desmantelamiento, los fideicomisos son exentos.

#### 3.8.7. Revisión

Según la MPRDA, el Ministro es responsable tanto por la evaluación de responsabilidad ambiental como por la garantía financiera y tiene la facultad de asignar un asesor independiente en caso que lo considere necesario. Se ha delegado esta función a las oficinas regionales. La Ley establece que el proponente debe evaluar anualmente su responsabilidad ambiental y elevar la garantía financiera a satisfacción del Ministro.

#### 3.8.8. Liberación

La garantía financiera no estará disponible para la rehabilitación durante el transcurso de operaciones. Se revisa cuando el Ministro emite un certificado de cierre, no obstante se retiene una porción para cubrir impactos ambientales latentes o residuales.

#### 3.8.9. Experiencia

Existen algunos ejemplos de minas que cierran prematuramente pero que operaban bajo las regulaciones anteriores. En la actualidad, la MPRDA esta renuente a la emisión de certificados de cierre.

### 3.9 SUECIA

#### 3.9.1. Legislatura y Gobierno

En la actualidad, tanto la *Ley de Minerales 1992* como el Código Ambiental 1998 contienen clausulas relacionadas con el desmantelamiento de minas y la rehabilitación y provisión de una garantía financiera, no obstante, que en términos muy generales. Sin embargo, las disposiciones del *Código Ambiental* en la práctica se aplican únicamente a las operaciones de extracción de canteras. La industria minera ha sido dominada por tres empresas mineras principales que han asumido la responsabilidad por las minas que han cerrado, invalidando la necesidad de contar con garantías financieras.

La legislación ofrece poca dirección en cuanto a los términos que deben incluirse en la garantía financiera, la manera de calcular la cantidad u otros detalles. Durante los cinco años anteriores se ha requerido de un número de garantías financieras como resultado de procedimientos judiciales no obstante que la manera en que se han aplicado las disposiciones financieras ha sido muy inconsistente.

Recientemente el gobierno adoptó las *Directrices de la Unión Europea (EU) 2006/21/EC del Manejo de Desechos de la Industria de Extracción*, que serán implementadas en la legislación nacional en el 2008 vía enmiendas al *Código Ambiental*. Las Directrices específicamente establecen el requerimiento de un plan de cierre de minas, rehabilitación y monitoreo y la provisión de una garantía financiera. Se han desarrollado los Lineamientos Técnicos (MonTec 2007) de la Comisión Europea para el establecimiento de una garantía financiera de conformidad con el Artículo 22 de las Directrices. Las Directrices se discuten en mayor detalle en el Capítulo 3.10. La entidad gubernamental responsable por el cierre de minas y la garantía financiera en Suecia es el Tribunal del Medio Ambiente.

### 3.9.2. Plazos

Establecer la garantía financiera constituye parte del procedimiento de licencias y no se pueden iniciar las operaciones hasta no estar el fondo debidamente a disposición.

### 3.9.3. Instrumentos de Garantía Financiera

El *Código Ambiental* define que los instrumentos aceptables para la garantía financiera son la Garantía Bancaria o Activos como Prenda. También se admiten los Fondos en Efectivo. En la actualidad hay 4 o 5 minas con una garantía financiera a disposición, con una división equitativa de Garantías Bancarias y Fondos en Efectivo.

### 3.9.4. Alcance de la Garantía Financiera

La legislación existente no detalla cuales elementos de un cierre deben incluirse en la garantía financiera. Por principio, todas las medidas incluidas en el plan de cierre son tomados en consideración.

### 3.9.5. Nivel de la Garantía Financiera

La legislación existente no detalla cual es el nivel requerido de la garantía financiera, la manera en que se deben establecer las cifras ni cuales aspectos deben incluirse.

### 3.9.6. Revisión

El nivel de la garantía financiera es calculado y propuesto por el proponente y revisado por el Tribunal del Medio Ambiente junto con otras autoridades y actores pertinentes como parte del procedimiento de licencias. Actualmente no existen requerimientos legales para que la garantía financiera sea revisada con regularidad, aparte del proceso de renovación del permiso. No obstante, la autoridad que otorga el permiso tiene la facultad de solicitar fondos adicionales en caso de ser requerido. Las Directrices de la UE requieren que el plan de manejo de desechos sea revisado cada cinco años y que en consecuencia se ajuste la garantía financiera. Es muy probable que la revisión sea realizada por la Administración del Condado y después sea aprobada por el Tribunal del Medio Ambiente.

### 3.9.7. Liberación

Los fondos no están a la disposición del proponente para la rehabilitación durante el transcurso de las operaciones. Los fondos son liberados cuando se completa la restauración.

### 3.9.8. Experiencia

A la fecha, ninguna operación ha cerrado con una garantía financiera a la disposición.

### 3.10 UNION EUROPEA

#### 3.10.1. Legislatura y Gobierno

La Unión Europea produce leyes legislativas conocidas como *Directrices* que requieren que los estados miembros logren un resultado particular sin dictar cuales medios se usarán para el logro de ese resultado. Existe un número de *Directrices* de la UE que se aplican a las operaciones mineras; la más específica es *Directrices de la Unión Europea 2006/21/EC del Manejo de Desechos de la Industria de Extracción* la cual debió ser implementada para el 1 de Mayo del 2008. El Artículo 5 de esta *Directriz* requiere que un operador elabore un plan de manejo de desechos que contenga el plan propuesto para el cierre, incluyendo la rehabilitación, y procedimientos y monitoreo pos-cierre.

El Artículo 14 establece la necesidad de una garantía financiera para cubrir la acumulación o el depósito de desperdicios o desechos. El término ‘desecho’ se define en el Artículo 1(a) of las *Directrices de Desechos del Consejo de la Comunidad Europea 75/442/EEC* y comprende “cualquier sustancia u objeto del cual el titular se deshace o es obligado a deshacerse”. *Las Directrices de la UE 2006/21/EC* enmienda las *Directrices de la UE 2004/35/EC sobre la responsabilidad ambiental relativa a la Prevención y Reparación de Daños Ambientales*. Esto último se refiere al principio de ‘el que contamina paga’ y requiere el uso de una garantía financiera para cubrir las responsabilidades de esta *Directriz*. Ambas *Directrices* son respaldadas por un documento referente elaborado por la Comisión Europea en julio del 2004, Las Mejores Técnicas Disponibles para el Manejo de Escombros y Roca Estéril en Actividades Mineras, y que incluye métodos de cierre no obstante únicamente se refiere a la garantía financiera en el glosario. Recientemente, la Comisión Europea ha encomendado la elaboración de Lineamientos para Garantías Financieras e Inspecciones para Instalaciones de Desechos Mineros que se publicarán en el portal electrónico del Directorio General del Medio Ambiente (DG) (MonTec 2007). El contenido de los Lineamientos no necesariamente representa la opinión formal de la Comisión Europea. Se puede acceder a todas las *Directrices* en el portal electrónico de la Base de Datos de la UE (ver el Anexo 1).

#### 3.10.2. Plazos

El Artículo 14 de las *Directrices de la UE 2006/21/EC* define que una garantía financiera debe estar a la disposición antes del inicio de cualquier operación que implica la producción de desechos.

#### 3.10.3. Instrumentos de Garantía Financiera

El Artículo 14 además establece que la garantía financiera será en forma de un depósito financiero, o su equivalente, lo cual puede incluir bonos de garantía por inversión mobiliaria endosados por el sector de la industria.

#### 3.10.4. Alcance de la Garantía Financiera y

*Las Directrices de la UE 2006/21/CE* cubren el manejo de desechos derivados de las industrias de extracción de tierra e incluye todos los desechos derivados de la extracción de búsqueda (incluyendo la etapa de desarrollo pre-producción), tratamiento y almacenaje de recursos minerales y del trabajo realizado en las canteras. Todos estos aspectos acerca de desechos deben ser contemplados por la garantía financiera incluyendo los procedimientos y monitoreo pos-cierre. La garantía financiera en esta *Directriz* no incluye la infraestructura y otras instalaciones relacionadas con una operación de minería o desechos inertes o tierras no contaminadas a no ser que estén depositadas en una instalación de desechos de Categoría A (desechos arriesgados o peligrosos u operación incorrecta). Algunos aspectos de las exclusiones podrían estar cubiertos por los requisitos de la garantía financiera de *las Directrices de la UE 2004/35/EC* no obstante que esta es una cuestión discutible.

### 3.10.5. Nivel de la Garantía Financiera

Las *Directrices de la UE 2006/21/EC* establecen que el nivel de la garantía financiera se debe basar en los costos de terceros.

### 3.10.6. Impuestos

Las *Directrices de la UE 2006/21/EC* no hacen referencia a las implicaciones impositivas de la garantía financiera.

### 3.10.7. Revisión

En las *Directrices de la UE 2006/21/EC* se presume que los cálculos de la garantía financiera son evaluados por un tercero. Requieren además que el plan de manejo de desechos sea revisado cada cinco años y que se establezcan las disposiciones para ajustar periódicamente la garantía en alineamiento con estas revisiones.

### 3.10.8. Liberación

El Artículo 12 de la *Directrices de la UE 2006/21/EC* responsabiliza al operador por las instalaciones de desechos, aun después del cierre, y el operador tiene la obligación de mantener informada a la autoridad regulatoria de los eventos o desarrollos que podrían afectar la estabilidad del sitio. Se puede revisar la garantía financiera cuando la autoridad competente apruebe el cierre o asume las tareas del operador.

### 3.10.9. Experiencia

Posteriormente al mes de mayo del 2008 no se permitirá la operación de ninguna instalación de desechos sin el debido permiso y todas las instalaciones de desechos que funcionan con licencia tienen la obligación de cumplir con las *Directrices de la UE 2006/21/EC*. Cualquier instalación de desechos que opera con un permiso de fecha previa a la fecha del 2008 tiene hasta mayo 1 del 2012 para cumplir con las disposiciones establecidas en estas *Directrices de la UE*. Esto no aplica a las instalaciones de desechos que hayan cerrado para el mes de mayo del 2008.

## 4 DISCUSION EN BASE A LOS CASOS DE ESTUDIO

### 4.1. Legislatura y Gobierno

El requerimiento legal para el plan de cierre de una mina o programa de rehabilitación puede encontrarse en la ley de minería, como en el caso de Ontario, Canadá, o en ambas leyes de minería y del medio ambiente, lo cual es más común. Rara vez se encuentra únicamente en la ley del medio ambiente. Algunas jurisdicciones, como la de Nevada, han desarrollado una ley únicamente para cubrir la restauración. De manera similar, el requerimiento para la garantía financiera usualmente se encuentra en las leyes de minería y del medio ambiente o ocasionalmente solo en la ley de minería, aun cuando estas generalmente no identifican los mecanismos aceptables.

Así como han elaborado leyes pertinentes de minería y del medio ambiente, la mayoría de gobiernos también han producido regulaciones, lineamientos o códigos de práctica que especifican los requerimientos para la rehabilitación en mayor detalle y, en algunos casos, los mecanismos de garantía financiera. Por ejemplo, en Canadá, la Regulación de Ontario 240/00 contiene calendarizaciones que brindan los detalles de los requerimientos de rehabilitación y la información a incluir en el plan de cierre. El Gobierno de Ontario además ha producido un documento de política que contiene información acerca del tipo y requisitos para cada una de las formas de seguros financieros aceptadas por la legislación. Estos están disponibles en el portal electrónico del Ministerio de Desarrollo y Minas del Norte.

Un número de países de los incluidos en la encuesta, como Victoria, Botsuana, Ghana y Suecia, no son específicos en cuanto al tamaño de un proyecto que requiera de una garantía financiera. La legislación se refiere al término genérico ‘minería’ bajo la presunción que esto comprende todos los aspectos pequeños, medianos, y grandes y la exploración. En algunas jurisdicciones, los proyectos más pequeños, la minería de aluvión y extracción de canteras se tratan por separado. Consulte la Tabla a continuación.

Tabla 4.1.1: Resumen del Titulo de Minería en la Legislación que requiera de una Garantía Financiera

Jurisdicción	Búsqueda	Exploración	Exploración Avanzada	Minería (genérica)	Otros
Ontario			Sí	Sí	
Nevada		Sí		Sí	Ninguna garantía financiera para proyectos < 5 acres o que produzcan < 36,500 t
Queensland				Sí	La exploración y proyectos más pequeños se cobran cantidad fija (ver Tabla en p.21)
Victoria		Sí		Sí	Canteras se especifican en legislación separada
Botsuana				Sí	
Ghana		Sí		Sí	
Papúa NewGuinea		Sí		Sí	Se requiere que el usufructo de la minería aluvial pague impuesto sobre ventas
África Del Sur	Cobrado por cantidad fija			Sí	
Suecia				Sí	Canteras se especifican en legislación separada
Unión Europea					Manejo de desechos

En la mayoría de países incluidos en la encuesta, el plan de cierre, la rehabilitación y la garantía financiera están bajo la jurisdicción del departamento de gobierno responsable por la minería o en conjunto con el departamento responsable por el medio ambiente. Una excepción notable es Queensland, Australia. En 1999, el gobierno decidió transferir la responsabilidad de la regulación ambiental y el manejo de minería bajo el Departamento de Minas y Energía a la Agencia de Protección del Medio Ambiente. Esto incluyó transferir la responsabilidad por el programa de rehabilitación aun cuando la recepción y manejo de la garantía financiera se mantuvo en el departamento responsable por la minería. En la mayoría de jurisdicciones, el departamento responsable por las finanzas del gobierno no se involucra en alguna medida en los aspectos financieros de la implementación de la legislación de

minería. Esto puede involucrar una plena coordinación en la recepción y administración de la garantía financiera, como es el caso de Papúa Nueva Guinea, o únicamente con propósitos impositivos.

#### 4.2. Instrumentos de la Garantía Financiera

La mayoría de autoridades regulatorias que respondieron a la encuesta permite que se utilice un número de instrumentos de garantía financiera, con la notable excepción de Victoria, Australia que únicamente acepta una Carta de Crédito (Garantía Bancaria). La forma más común de instrumento de garantía financiera actualmente en uso es la Carta de Crédito, la cual es aceptada en todos los países desarrollados incluidos en la encuesta. Los Bonos de Garantía, Fideicomisos y Efectivo son de uso bastante regular y tanto Ontario como Nevada aceptan Garantías Corporativas.

En algunas jurisdicciones, Nevada por ejemplo, se permite una combinación de mecanismos para una sola garantía. Esta es la de uso más común para las empresas de mayor tamaño que obtienen hasta un 75% de la garantía financiera como Garantía Corporativa. La experiencia en algunas jurisdicciones ha mostrado que las Garantías Corporativas no brindan suficiente protección mientras que en otras, los Bonos de Garantía no han cumplido con las expectativas o los Gravámenes por Unidad han dejado a gobiernos con déficit cuando los proyectos han cerrado prematuramente. Las garantías financieras en efectivo son más comunes para las empresas mineras más pequeñas que no cuentan con suficientes activos para cumplir con los requisitos de una Carta de Crédito. Es interesante notar que en Queensland el gobierno ya no acepta una Garantía Corporativa dado que la opinión pública no confía en ellas. La tendencia en países en desarrollo es usar los Fideicomisos como el instrumento preferido de garantías financieras. Estos también son aceptables en Ontario y Nevada pero rara vez son usados. En África del Sur, las principales empresas mineras usan Fideicomisos centralizados a nivel corporativo.

#### 4.3. Plazos

En la mayoría de jurisdicciones incluidas en la encuesta, no es necesario que la garantía financiera sea depositada sino hasta estar otorgado el título de minería. No obstante, la legislación en todos estos casos establece que no se permite iniciar los trabajos en el sitio mientras no está la garantía financiera a la disposición. En algunas instancias, como en Victoria, Australia, el gobierno emite una Autoridad de Trabajo por separado después de haber establecido la garantía. En Queensland, la garantía financiera para todos los títulos de minería debe depositarse antes de ser otorgado el título, con la excepción de la minería de usufructo. En este caso, se requiere de la garantía antes de iniciar las actividades en el sitio. En Botsuana, la propuesta es que la garantía financiera este a disposición antes de otorgar el título de minería.

Todas las jurisdicciones desarrolladas incluidas en la encuesta permiten que la garantía financiera sea financiada mediante pagos incrementales, con la excepción de Suecia que no hizo mención del punto. Esto no está establecido en la legislación de países en desarrollo. No obstante, la implicación para África del Sur es que la cantidad total de la garantía financiera debe estar a disposición antes de iniciar cualquier proyecto.

#### 4.4. Alcance de la Garantía Financiera

En todos los casos de estudio incluidos en esta revisión, la legislación primaria (Ley) no es específica en términos de lo que debe y no debe ser incluido en la garantía financiera. Se refiere al alcance en términos muy generales como 'cierre' o 'plan de restauración', 'rehabilitación' o 're-vegetación', y los detalles se establecen en la legislación secundaria (regulaciones, lineamientos, códigos etc.). Por ejemplo, en Ontario, la Ley de Minería obliga al proponente a presentar un plan de cierre que incluye la garantía financiera. El detalle de lo que se requiere en el plan de cierre, y por ende incluido en la garantía financiera, se establece en el Código de Rehabilitación de Minería. Esto le brinda al proponente

unos lineamientos comprensivos y le permite a la autoridad regulatoria variar los requerimientos sin tener que cambiar la legislación primaria.

Se espera que la garantía financiera cubra los costos de todos los aspectos del cierre físico del sitio. En algunas jurisdicciones esto incluye los costos administrativos y de gestión aun cuando estos pueden estar automáticamente incluidos en caso que los costos se basen en el trabajo realizado por terceros. No obstante, existe una cantidad considerable de ambigüedad en torno al tema del financiamiento del cuidado a largo plazo del sitio, o el periodo de tiempo que debe cubrir la garantía financiera después de haberse completado el trabajo de rehabilitación. En Queensland, recientemente se abordó esta discrepancia con la introducción de pagos por riesgos residuales. Estos permiten que se efectúen pagos en efectivo por separado para cubrir el mantenimiento y reconstrucción futura cuando sea cedida la Autoridad Ambiental o sea certificada la rehabilitación progresiva.

Cuando un proyecto incluye varias licencias o títulos diferentes, entonces la mayoría de autoridades regulatorias requieren únicamente una garantía financiera.

Los Lineamientos IFC del Medio Ambiente, Salud y Seguridad para la Minería (2007) establecen que el plan de cierre de minas debe incluir consideraciones socio económicas y, por asociación, la garantía financiera. La única legislación que incluye específicamente los impactos sociales y económicos en el plan de cierre de minas es el Código de Cierre y Desmantelamiento de Ok Tedi (ver el Capítulo 3.7). Los detalles de este requisito son establecidos por Ok Tedi Mining Ltd, en consulta con los actores pertinentes y es revisado cada dos años. En Papúa Nueva Guinea también existe un 'Fondo de Generaciones Futuras' que protege algunos beneficios de la mina para su uso por parte de generaciones subsecuentes. Adicionalmente, hay un esquema de incentivos de infraestructura a través del cual las empresas pueden utilizar parte de sus pagos de impuesto sobre ingresos para la construcción de proyectos de infraestructura de común acuerdo con la comunidad local.

En Filipinas, se requiere que una mina contribuya un porcentaje (90% del 1%) de los costos directos de minería y molienda a un Programa de Desarrollo y Gestión Social (SDMP por sus siglas en inglés) centralizado como parte de un plan de cinco años. Este programa está diseñado para servir en las mejoras sostenibles de los estándares de vida de la comunidad anfitriona y las circunvecinas mediante la creación de comunidades responsables, auto-sostenibles y que dependen de sus propios recursos. En el portal electrónico del Buró de Minas y Geo-ciencias se pueden consultar sobre los detalles de la SDMP (ver el Anexo 1).

#### 4.5. Nivel de la Garantía Financiera

El nivel de la garantía financiera puede oscilar entre unos pocos miles de dólares hasta los cientos de millones según el tamaño, naturaleza y complejidad del proyecto. En la mayoría de casos, la cantidad requerida para la garantía financiera se basa en los costos específicos desglosados de todos los componentes incluidos en el plan de cierre o rehabilitación. En algunas jurisdicciones, el detalle se deja al proponente mientras que en otras, la autoridad regulatoria ha establecido un listado de los componentes y métodos para realizar el cálculo.

Por ejemplo, en Queensland, el Código de Cumplimiento Ambiental para Proyectos de Usufructo de Minería (disponible en el portal electrónico EPA) contiene un programa de los costos de rehabilitación y establece que los costos de mantenimiento y monitoreo deben calcularse a 10% de los costos totales de la rehabilitación. Tanto Victoria y Nueva Gales del Sur usan la Herramienta URS/GSSE de Estimado de Costos de Rehabilitación (ver el Capítulo 5.5). A partir de la introducción de la Herramienta en Nueva Gales del Sur, los fondos de garantía han aumentado más del 50%. África del Sur tiene un método

similar para establecer la garantía financiera contenida en la Sección B del Documento de Lineamientos para la Evaluación de la Cuantía de la Provisión Financiera Relacionada Al Cierre Proporcionado por una Mina (disponible en el portal del Departamento de Minerales y Energía). El proceso, diseñado para ser usado por el personal del DME a nivel regional y de la oficina, involucra la clasificación de las minas de conformidad al riesgo y sensibilidad del área antes de aplicar las tasas por unidad de los varios componentes de cierre. Se puede agregar hasta un 13% de este total para los costos administrativos y de gestión y 10% de contingencia.

Es práctica común que la garantía financiera incluya costos administrativos y de gestión, generalmente en base porcentual. El nivel de la garantía financiera se basa frecuentemente en el trabajo que realiza un tercero, como ser un contratista externo. La única autoridad incluida en la encuesta que aceptó la garantía financiera bajo la modalidad de Gravamen por Unidad es Ontario. Esto se establece al considerar la vida proyectada de la mina, los costos estimados para el cierre y el rendimiento de la mina, negociando después una tasa dolarizada por cada tonelada minada y los plazos de los pagos. Las negociaciones también establecen que la garantía financiera se cubre al llegar a la mitad de la vida de la mina. No obstante, varias de las jurisdicciones aceptan pagos incrementales para un número de instrumentos de garantía financiera, conocidos como Fondos de Amortización (Sinking Fund).

En Queensland, la garantía financiera para proyectos de exploración y pequeños proyectos mineros (estándar) se basa en el total del área de alteración y el riesgo asociado con la rehabilitación (ver el Capítulo 3.3). En el 2008, el Departamento de Industria y Recursos en el Occidente de Australia publicó nuevas tasas para el cálculo de las fianzas de cumplimiento de contrato ambiental (fianza de garantía). Estas representan una tasa mínima que será variada de conformidad al nivel de riesgo en un sitio en particular. La fianza mínima generalmente será A\$10,000.

Tabla 4.5.1: Tasas Mínimas de Fianza en el Occidente de Australia - 2008

Tasa	Descripción	\$ A
1*	Instalaciones de Almacenaje de Escombros, incluyendo disposición en fosas, lixiviación en apilamientos/tanque, embalses de evaporación, embalses pequeños de tierra (Turkey Nest), Vertederos de desechos, Playas de Mineral, reservas pobres en oxido, sitios de planteles, talleres y embalses de aguas de procesamiento	20,000
2	Campamentos, Explotación de Cielos Abiertos (huecos mineros rellenos), conductos híper salinos (>15,000 TDS), paso elevado, vías de acarreo, estanques de aguas residuales y rellenos.	5,000
3	Caminos y rieles de acceso, conductos de agua "Fresca", áreas de intervalo, fosas y pistas de aterrizaje	3,000
4	Exploración – lugar en que se realiza la limpieza, detección de metales, secado por aire y por búsqueda	2,000

\* *Instalaciones y características geológicas de alto riesgo (con presencia de sulfatos, altamente erosionable o >25m altura) puede atraer una tasa más alta y será determinada caso por caso).*

Las grandes empresas en Nevada pueden obtener una Garantía Empresarial conocida como Garantía Corporativa Estatal, hasta por 75% del total de la garantía financiera si es que pueden cumplir con los criterios regulatorios de demostrar una salud financiera adecuada. De manera similar, en Queensland las empresas pueden hacerse acreedoras a un descuento del 75% en base al cumplimiento ambiental previo.

#### 4.6. Implicaciones Impositivas

El tratamiento de la garantía financiera relacionado con propósitos impositivos varía de un país a otro. En Nevada, en la legislación tanto Estatal como Federal, los pagos hechos a una garantía financiera son tratados como costo operativo y, por ende, deducibles del impuesto, al igual que los gastos reales para la rehabilitación. Adicionalmente, los operadores pueden distribuir la obligación de rehabilitación durante un número de años y así reducir aún más los impuestos. En contraste, en Ontario no existen indulgencias impositivas para una garantía financiera dado que el gobierno no la considera como gasto en vista que será devuelta a la empresa una vez completada la rehabilitación. En Botsuana, la industria presiona al gobierno a que deposite en un fideicomiso con propósitos de garantía financiera, exento de impuesto.

#### 4.7. Revisión

En todos los casos incluidos en la encuesta, el nivel de la garantía financiera la establece el proponente y, en todos menos uno, es revisado por el departamento gubernamental pertinente. La excepción es Queensland en donde el proponente debe certificar que se han utilizado los procedimientos correctos y el gobierno tiene la facultad de imponer multas severas por brindar información falsa o engañosa. Ninguna autoridad utiliza la verificación de terceros en el proceso de aceptación de una garantía financiera aun cuando, en Nevada, se le permite al público en general hacer las revisiones y comentarios del caso. La legislación, en todas las jurisdicciones exceptuando Ontario, permite que la garantía financiera sea revisada y ajustada con regularidad. Los plazos para estas revisiones varían desde periodos anuales (África del Sur) hasta cada diez años (Queensland) según el tamaño del proyecto, la duración proyectada o responsabilidad por riesgo. En Victoria, el borrador de los Lineamientos contiene una matriz de evaluación para el periodo de revisión, reproducido a continuación.

**Tabla 4.7.1: Periodos de Revisión de Garantías en Victoria**

Consecuencias	Probabilidad			
	Alta	Mediana	Baja	Insignificante
<b>Altas</b>	2 años Mina grande - oro	3 años Mina grande – otros metales Arena HM	6 años Mina grande – no metales (otros que menos carbón para fuerte generación de energía)	10 años - Carbón (fuerte generación de energía)
<b>Medianas</b>	3 años Small mine – oro y otros metales	6 años WA – importancia regional	10 años WA – importancia estatal	10 años
<b>Bajas</b>	6 años Mina pequeña – no metales	10 años WA – importancia local	10 años	10 años

La mayoría de jurisdicciones también requieren que una garantía financiera sea revisada y ajustada al renovar un título de minería, al haber un cambio en el plan operativo, al haber una transferencia de activos o cuando la autoridad regulatoria tenga un motivo debido para solicitar una revisión. En el momento de la revisión se puede aumentar o reducir el nivel de la garantía financiera. En caso que el proponente pague la garantía financiera en cuotas incrementales, entonces los plazos de la revisión usualmente son más frecuentes.

#### 4.8. Liberación

En ninguna de las encuestas completas se expresa que los fondos están disponibles al proponente para la rehabilitación durante el transcurso de las operaciones en la vida del proyecto. Sin embargo, el trabajo completado al momento de la revisión podría ser tomado en consideración durante la re-evaluación del nivel de la garantía financiera. Por ejemplo, en Nevada, se puede permitir la liberación parcial de la garantía en la medida que se completan pasos diferenciados en el plan de restauración.

Posteriormente de la conclusión exitosa de la rehabilitación y que estén satisfechos que no habrá reclamos futuros, la generalidad de autoridades devuelven la mayoría de los fondos de la garantía al proponente. No obstante, al ser necesario, un número de jurisdicciones mantienen los fondos para cubrir los costos de cuidados a largo plazo. Una variación de esto es en Queensland que puede requerir un pago en efectivo por riesgo residual en el momento de liberar la garantía financiera original.

#### 4.9. Experiencia Adicional

Tres de los casos de estudio de países desarrollados reportaron que las garantías financieras no fueron suficientes para cubrir los costos de cierre de las minas cuando estas cerraron por causa de dificultades económicas. En los países en desarrollo, la respuesta al requisito de garantía financiera es que se tiene muy poco tiempo de operar para que existan ejemplos, o estaban renuentes a brindar la información. Se incluyen los siguientes ejemplos para tener una idea de lo costoso que pueden ser los legados de cierre.

En el Reino Unido, posteriormente al programa de cierre de minas de carbón en las décadas de 1980 y 1990, la Autoridad de Carbón se enfrentó a sustanciales responsabilidades ambientales y de seguridad y sin los fondos para financiar las obras requeridas. En el año fiscal 2007/2008, la Autoridad de Carbón gastó £18.9 millones en el manejo de legados de responsabilidad (£16.6 millones 2006/2007), y en la actualidad tiene has 46 planes de tratamiento de agua que cubren 300 Km. de cursos de agua. Se han identificado 84 planes adicionales de tratamiento de agua que deben construirse para el 2027 y se calcula que la responsabilidad del tratamiento de agua de las minas tendrá que extenderse durante otros 100 años. Según el más reciente Informe Anual, al finalizar el mes de junio del 2007, el Departamento de Industria y Recursos del Occidente de Australia mantenía en su poder 3,365 fianzas incondicionales de cumplimiento de contrato (fianzas de garantía) con un valor total de A\$608.3 millones. Este valor representa aproximadamente 25% del total de los costos esperados para la rehabilitación. En el 2005, la cantidad mantenida en bonos era A\$430 millones con un promedio de A\$2,395 por hectárea.

La mina Island Copper Mine de BHP Billiton en Colombia Británica, Canadá, cerró en 1995. El plan de cierre presentado al gobierno en 1994 calculó los costos de mitigación y monitoreo ambiental en C\$15 millones y se estableció un fondo adicional para el paquete de beneficios por prestaciones y el desmantelamiento. Se presumía que se requeriría monitorear hasta unos 10 años, reduciendo significativamente el nivel de monitoreo en los últimos cinco años. Los costos actuales han sido mucho más altos. En el 2007, se reportó que la re-vegetación de las 700 hectáreas había tenido gran éxito y que, a través del tiempo, se espera lograr los objetivos del cierre de la mina o sea, un bosque productivo y el hábitat de la vida silvestre. Sin embargo, desde el cierre inicial, BHP Billiton se ha percatado que el sitio de la mina cerrada aun requerirá cuidados, mantenimiento y monitoreo a perpetuidad, debido principalmente a la naturaleza evolutiva del drenaje de la mina y los requerimientos de su tratamiento. Para mayores detalles, consulte el 'Galardón Anual Jake McDonald 2007 de Restauración de Minas de Colombia Británica ([www.trcr.bc.ca](http://www.trcr.bc.ca)).

## 5 LINEAMIENTOS DE IMPLEMENTACION

Una garantía financiera es esencial para asegurar que un proyecto de exploración o minería no sea una carga para el gobierno a través del detrimento ambiental o legado social. No obstante, la garantía debe hacer más que solo proteger a la autoridad regulatoria del riesgo de omisión; debe también funcionar como incentivo para que el proponente mantenga los impactos físicos a un nivel mínimo y que realice obras progresivas de rehabilitación. Este incentivo puede aumentarse al efectuar revisiones periódicas y liberar la garantía en la medida que se completan las obras. La rehabilitación del sitio debe ser progresiva para que, en lo posible, el ritmo de la restauración sea similar al ritmo de la exploración o explotación.

Quizás el cierre no siempre ocurra según la planificación. La vida de un proyecto de exploración depende de los descubrimientos que se hagan, o que no se hagan, y es muy común que la vida de una mina se extienda al volver a evaluar las reservas existentes, cambios en los mercados de materias primas, nuevos descubrimientos metalíferos, etc. Se puede acomodar este tipo de cambio revisando el plan de cierre y revisando y modificando la garantía financiera. Alternativamente, la vida de un proyecto de exploración o de minería puede acortarse inesperadamente sea por la caída de precios de metalíferos, dificultades técnicas o problemas financieros de la empresa. En estas circunstancias, si la empresa no tiene una posición financiera para realizar algo de la rehabilitación planeada, es esencial que la autoridad regulatoria disponga de los fondos para encomendar a un tercero las obras de rehabilitación por su cuenta. Antes de establecer una garantía financiera, es esencial establecer las metas de la rehabilitación. Estas deben involucrar la restauración de todas las áreas afectadas a su valor económico y social apropiado, en lo posible. Esto no siempre implica que el sitio vuelva a su estado o uso original. Los objetivos principales de la rehabilitación de un sitio son la reducción del riesgo de contaminación, restaurar la tierra y el paisaje, mejorar los aspectos estéticos del área y evitar una mayor degradación. Estos objetivos deben ser discutidos como parte del proceso de consulta y los puntos de vista y opiniones de los dueños de tierra y de la comunidad local, así como del gobierno provincial y nacional, deben ser tomados en consideración.

El cierre de un sitio, especialmente en el caso de una operación de minería, puede ser difícil de definir dado que quizás se requiera de un periodo discreto de monitoreo pos-cierre y cuidados de largo plazo después de haberse completado el trabajo de rehabilitación. La autoridad regulatoria debe tomar los pasos necesarios para asegurar que se disponga de suficientes fondos para el pago del monitoreo pos-cierre y el mantenimiento y, al ser necesario, acciones correctivas. Estos fondos pueden formar parte de la garantía financiera o puede establecerse un fondo separado que se auto perpetua cuando la garantía financiera original es liberada.

Es crucial que la garantía financiera se utilice únicamente para el propósito que fue diseñada y que ninguno de los actores pertinentes la perciban como fuente general de fondos. Por esto se aconseja que el manejo y control del fondo sea compartido por la autoridad regulatoria y la empresa, con una cláusula que permita la liberación del fondo en caso de omisión de la empresa. También es esencial que la garantía financiera sea puesta en cuarentena de los demás activos de la empresa para que no pueda ser sujeta de embargo en el caso de declararse en quiebra la empresa, y del abuso del gobierno. La garantía financiera debe ser devuelta a la empresa después de la finalización exitosa del cierre de la mina y del programa de rehabilitación.

### 5.1. Legislatura y Gobierno

La tendencia general es que la legislatura sea no-normativa, que permita la flexibilidad al regular para no reprimir el desarrollo. En el caso de la garantía financiera, demasiada flexibilidad puede resultar en confusión e inconsistencias lo cual, a su vez, puede disuadir la inversión. Como puede verse por la encuesta realizada para el presente informe, hay tantas variaciones en la forma de incluir los requerimientos en las garantías financieras en la legislación y administradas por la autoridad regulatoria como hay casos de estudio. La conclusión simple es que no hay una manera ‘correcta’ de legislar, o manejar, los requisitos para las garantías financieras. No obstante, si un sistema es demasiado complejo, ni la industria ni el gobierno lo implementarán con éxito. La legislación también debe diseñarse para que tome en consideración la estructura y capacidad del gobierno.

Pareciera ser que funciona mejor tener una ley de cierre de minas independiente que establezca una sola agencia para implementar la ley. Este modelo le brinda al sector empresarial la seguridad que una sola agencia atenderá sus problemas y que no tendrá el sector que responder a muchas opiniones divergentes sobre cómo se medirá el éxito operativo, de restauración y de cierre. El modelo también le permite al público en general y a las ONGs acudir a una sola instancia para obtener información de regulaciones mineras.  
Ref: Cochilco, MMSD 2002

En la actualidad, cualquier proyecto de minería sea de exploración o explotación, casi en cualquier país, debe obtener una licencia de minería (o exploración) y un permiso ambiental. Estos requisitos están contenidos en la Ley de Minería y en la Ley del Medio Ambiente que generalmente son administradas por separado y por los departamentos pertinentes. Antes de obtener un permiso ambiental, la mayoría de jurisdicciones requieren que el proponente produzca una evaluación de impacto al medio ambiente que también contiene un plan de cierre o de rehabilitación. Consecuentemente es lógico suponer que el requisito de la garantía financiera para la rehabilitación estaría incluido en la legislación del medio ambiente y sería administrada por el departamento pertinente. En la práctica, sin embargo, esta lógica no aguanta el escrutinio. Muchas, o la mayoría, de las responsabilidades ambientales asociadas con la minería actualmente son aceptadas como parte integral de la operación global y los planes de cierre son una parte tan importante del plan operativo como lo es la evaluación ambiental. Además, es práctica común que la legislación de minería incluya la mayoría, si no es que todos, de los aspectos financieros de la licencia. Por esto es que tiene más sentido que el requisito de la garantía financiera sea parte de la legislación minera y bajo la autoridad del departamento responsable por la minería. Habiendo dicho esto, es esencial que la administración y manejo de la garantía financiera contenga la consulta con los departamentos pertinentes, incluyendo el medio ambiente, agua y finanzas.

#### **Recomendaciones:**

- La garantía financiera debe ser un requisito para todos los proyectos pero debe hacerse a la medida para que se ajuste al tamaño y la complejidad del proyecto.
- El requisito de la garantía financiera debe declararse con claridad en la legislación y debe enlazarse con el proceso de otorgamiento de permisos.
- El marco legislativo, regulatorio y físico de la garantía financiera debe ser claro y de aplicación consistente.
- El requerimiento de la garantía financiera se deben incluir fundamentalmente en la legislación de minería, preferiblemente asociada directamente con el cierre de minas.

- La Ley debe ser respaldada por las regulaciones y/o lineamientos que definan específicamente los requisitos de rehabilitación y los mecanismos de la garantía financiera.
- El departamento responsable por la minería debe administrar la garantía financiera en consulta con otros departamentos pertinentes

### 5.2. Instrumentos de Garantía Financiera

El éxito de cualquier instrumento de garantía financiera depende del cuidado y esfuerzos que se le dedica para establecerlo y manejarlo. Si se hacen apropiadamente, la mayoría funcionan. Las formas más comunes de garantía financiera son las Cartas de Crédito, Fianzas de Garantía, Fideicomisos y Efectivo.

La *Carta de Crédito* (Garantía Bancaria) es el tipo de instrumento de garantía financiera usado con más frecuencia. Esta es aceptable para la industria por tener un costo relativamente bajo y es atractiva para el gobierno por tener menos requisitos administrativos. Sin embargo, la obtención de una Carta de Crédito puede reducir el poder de préstamo de la empresa.

La *Fianza de Garantía* tiene muchos atributos similares a la Carta de Crédito y son atractivas para las empresas más pequeñas dado que no implican tener capital inactivo. No obstante, debe tomarse en consideración la viabilidad a largo plazo de la compañía aseguradora que emite la fianza.

Los *Fideicomisos* son más visibles y se entienden mejor que las otras formas de garantías financieras. Cualquier exceso creado en el fondo puede ser devuelto al proponente con más facilidad pero de estar invertidos entonces existe la posibilidad que se reduzca el valor del fondo. Puede ser difícil asegurar que su valor se mantenga alineado con las obligaciones de la rehabilitación. Los fideicomisos están más disponibles a las pequeñas empresas mineras que no cuentan con suficientes activos para satisfacer los requisitos de una Carta de Crédito o una Fianza de Garantía.

El *Efectivo* también es una opción más atractiva para las empresas pequeñas (ver Fideicomiso) y el fondo puede devengar intereses y mantener la delantera a la inflación. No existen atrasos para acceder al dinero y no es necesario cobrar la totalidad del fondo en caso que únicamente se requiera una parte. Además, es más fácil colocar el efectivo en un fondo común. No obstante, un fondo en Efectivo es más accesible a la malversación. También existe el riesgo de que los depósitos en efectivo puedan ser recuperados por un receptor en caso que la empresa se declare en quiebra.

La *Garantía Corporativa* es el instrumento preferido de las empresas mineras por no necesitar dinero y trámites administrativos. Sin embargo, tienden a fracasar dado que cuando más se necesita el dinero es cuando la empresa menos puede entregar. Tampoco son populares con el público en general ya que no ven a la industria minera con buenos ojos y como resultado no confía en esta forma de garantía financiera. Este tipo de instrumento de garantía financiera es fácilmente aceptable únicamente para las empresas grandes y sólidas y por tanto se percibe que son desventajosas para las operaciones de menor cuantía.

Los *Planes de Seguros* no están actualmente disponibles a la industria minera fuera de los Estados Unidos.

El *Gravamen por Unidad y Activos como Prenda* es poco probable que estos sean aceptados como instrumentos de garantía financiera por la incertidumbre que el fondo cumpla con los requisitos de la

rehabilitación.

El *Fondo Común* y la *Transferencia de Responsabilidad* no están fácilmente accesibles y por lo general no se recomiendan.

La elección del instrumento de garantía financiera dependerá de los antecedentes y solidez financiera del proponente, el nivel de garantía requerida y el periodo durante el cual se necesita. Es esencial que la garantía financiera pueda convertirse con seguridad en efectivo y de manera expedita y que únicamente pueda usarse para el propósito por el cual fue diseñada. También es esencial que la garantía financiera sea puesta en cuarentena de los demás activos de la empresa para que no pueda ser sujeta de embargo en el caso de declararse en quiebra la empresa, y del abuso del gobierno. En algunas instancias una combinación de instrumentos de garantía financiera puede proporcionar la mejor cobertura.

**Recomendaciones:**

- Producir lineamientos que identifiquen cuales formas de garantías financieras son aceptables y la forma en que deben implementarse.
- Permitirle a los proponentes una elección del tipo de fondo, preferiblemente a partir de los cuatro que están en el listado anterior.
- Asegurar que se disponga de asesoría financiera imparcial en la elección que se dará de la garantía financiera y su manejo.
- Asegurar que la garantía financiera este en cuarentena de los demás activos de la empresa para que no sea sujeta a un embargo en el caso de declararse en quiebra la empresa, y del abuso del gobierno.
- Asegurar que la garantía financiera se utilice únicamente para el propósito que fue diseñada y de manera oportuna.

**5.3. Plazos**

La garantía financiera puede estar a disposición antes de otorgarse el título de minería o después de otorgado el título pero debe estar antes que al proponente se le permita iniciar el trabajo en el sitio. Ningunas de las dos opciones ofrece algún beneficio o desventaja siempre que la garantía sea depositada antes de iniciar cualquier trabajo en el sitio que requiera rehabilitación. El pago incremental de una garantía financiera puede ser una opción aceptable, especialmente en el caso de un proyecto de gran tamaño y de larga vida. No obstante, no debe ser la opción preferida para sitios de exploración o proyectos de menor cuantía.

**Recomendaciones:**

- La garantía financiera debe estar a disposición antes de iniciar el trabajo en el sitio.
- En caso que la garantía financiera será pagada incrementalmente, asegúrese que los fondos siempre sean de suficiente cantidad para cubrir los costos de cierre.

**5.4. Alcance de la Garantía financiera**

El alcance de la garantía financiera esta actualmente aceptada para que incluya todos los aspectos físicos del cierre de la mina. Esto debe incluir las actividades relacionadas con el desmantelamiento, remoción del plantel y la infraestructura, así como la rehabilitación. Ahora la pregunta principal es cuan normativa debe ser la autoridad administrativa en la definición de todos los elementos. Mientras que algunas jurisdicciones sienten que es necesario darle a los proponentes las listas detalladas de los elementos específicos a incluir en la garantía financiera, otras jurisdicciones apenas brindan un poco de orientación. La mejor opción sería buscar un balance entre ambas posiciones.

Es esencial que el cierre de la mina y las metas de rehabilitación del sitio sean parte integral del alcance de la garantía financiera. Estas pueden establecerse como criterios o estándares de cierre y deben tomar en consideración el potencial uso final del sitio. Casi todos los sitios, especialmente las licencias de minería, requerirán alguna forma de monitoreo de pos-cierre y, en algunos casos, cuidado de largo plazo y/o acciones correctivas. Estos requisitos deben incluirse en el alcance de la garantía financiera.

Los aspectos sociales y económicos del cierre de una mina, y las implicaciones financieras, se discuten por separado (ver el Capítulo 5.9) y no se incluyen en las siguientes recomendaciones.

**Recomendaciones:**

- Establecer los criterios o estándares del cierre físico de la mina y de la rehabilitación.
- Establecer los lineamientos de los elementos del cierre de la mina y la rehabilitación que serán incluidos en la garantía financiera.
- Consultar con las autoridades ambientales pertinentes para asegurar que se atiendan todos los aspectos de la evaluación ambiental.
- Consultar con la comunidad acerca de los objetivos de la rehabilitación y el uso final del sitio.
- Establecer los procedimientos para definir los requisitos del mantenimiento a largo plazo y monitoreo, y el método de financiamiento.

**5.5. Nivel de la Garantía financiera**

Para los sitios de exploración y proyectos mineros pequeños de bajo riesgo es factible usar una fórmula básica para calcular el nivel requerido de la garantía financiera. Para las minas de mayor tamaño y riesgo más alto es aconsejable establecer un desglose de todos los componentes con sus costos individuales. El nivel de la garantía financiera usualmente lo prepara el proponente y lo presenta a la autoridad regulatoria para su debida revisión. Frecuentemente, en el caso de empresas internacionales, la persona que calcula las cifras no está en su país de origen y por lo tanto no está en una posición de conocer cuáles serán los diferentes costos. Por la misma naturaleza especializada del trabajo, puede ser difícil obtener todas las cifras. El establecimiento de los costos exactos de la rehabilitación no es una ciencia exacta y esto únicamente agrega otro nivel de incertidumbre.

El nivel de garantía financiera se puede calcular de varias maneras:

- Uso de una fórmula basada en el tipo de proyecto, plan de rehabilitación y/o antecedentes de la empresa.
- Definida en la legislación sobre tasas y costos unitarios estándar.
- Un porcentaje de los costos capitales
- Negociado en base al estudio de factibilidad.
- Negociado en base por tonelada.

Cualquiera que sea el método elegido para establecer una garantía financiera, los detalles deben trabajarse en base a sitio por sitio y cualquier modelo o lineamiento debe usarse únicamente como punto de inicio. En Australia se ha desarrollado una Herramienta de Estimado de Costos más complejo (ver el Recuadro 5.5.1) el cual podría ayudar a remover algunas discrepancias en toda la industria y la necesidad de una revisión detallada por parte del gobierno. Esta Herramienta también debe asegurar que el nivel de la garantía financiera no sea dependiente del éxito de negocios de la empresa o de las condiciones económicas en general en la industria minera. En Australia, todas las minas en Nueva Gales del Sur, y las minas más complejas en Victoria, están obligadas a usar la Herramienta para ayudar en los cálculos de garantía.

También se ha desarrollado otros Modelo de Estimación de Costos para el Cierre de Minas para una disertación de doctorado en la Universidad de Colorado (Peralta-Romero 2007). Este modelo usa el interface grafico de MS Excel con tres módulos funcionales principales; insumos y utilidades; costos de actividades de cierre; y productos, con la diferenciación por color. La información contenida en una base de datos se puede incorporar en las hojas de cálculo Excel, incluyendo las tasas de alteración, tipo y modelo de equipo, tasas de producción y costos por unidad. El modelo entonces genera un resumen ejecutivo de costos.

La garantía financiera debe diseñarse para cubrir todos los costos de cierre de minas al momento del cierre, sea planificado o no, en ausencia del proponente. Esto significa que, como mínimo, la cantidad debe basarse en costos de terceros y debe incluir todos los costos administrativos, de mantenimiento y de monitoreo. Existen también buenos argumentos para la inclusión de una contingencia, y el margen para rediseño de ingeniería e inflación. El estándar requerido de la rehabilitación es específico al sitio y esto se debe reflejar en los cálculos de la garantía financiera.

Las empresas mineras más jóvenes y las locales quizás no tengan los recursos financieros necesarios para establecer la totalidad de la garantía antes del inicio de un proyecto. El pago incremental de la garantía financiera quizás sea la única alternativa. No obstante, con las contribuciones incrementales siempre existe el riesgo, en cualquier momento en el tiempo, que la garantía no sea suficiente para cubrir los costos de la rehabilitación en caso de omisión del proponente. La mayoría de empresas más jóvenes utilizan financiamiento externo en cuyo caso está la posibilidad de involucrar a la institución financiera respectiva para que también extienda una Garantía Bancaria. Alternativamente, la empresa podría reducir el tamaño inicial del plan operativo para reducir tantos los costos capitales como la garantía financiera.

**Recomendaciones:**

- Establecer los lineamientos que contengan un perfil de los costos de rehabilitación.
- Asegurar que estos costos se basen en uso de un tercero contratista, y que incluya todos los costos administrativos, una contingencia y el factor inflacionario.
- Usar costos específicos al sitio basados en los planes de cierre específicos al sitio.
- Incluir una partida separada en la garantía financiera para las acciones correctivas, mantenimiento y monitoreo.
- Aceptar los pagos incrementales de la garantía financiera como última opción.

**5.6. Implicaciones Impositivas**

Existen cinco temas separados relacionados con impuestos y un fondo de garantía financiera. Estos son:

1. ¿El dinero pagado a la garantía financiera se contabiliza como costo operativo o un gasto, siendo por tanto deducible del impuesto?
2. ¿Los costos de desmantelamiento y rehabilitación se consideran como costos operativos y por tanto son deducibles del impuesto?
3. Al devengar intereses la garantía financiera, ¿son estos sujetos a pagar impuesto?
4. ¿Se paga impuesto por toda utilidad generada por la garantía financiera?
5. Al liberar una garantía financiera y devolverla a la empresa, ¿está la garantía sujeta al pago de impuestos?

### **Casilla 5.5.1: Herramienta para la Estimación del Costo de la Rehabilitación**

Dos compañías consultoras en Australia, URS y GSSE, desarrollaron una Herramienta para la Estimación del Costo de la Rehabilitación. Esta herramienta es un libro de cálculo, que utiliza Microsoft Excel, y cuyo propósito es proporcionar a los operadores de minas o al gobierno una guía general para calcular una estimación de la rehabilitación adecuada.

El diseño del libro es un enfoque escalonado que establece el nivel de detalle requerido en base a la escala y el tipo de la operación. El sitio de la mina se divide en una serie de campos, cada uno representa un área y comprende un número de precintos. Al seleccionar el tipo de operación de minería el campo del libro de trabajo pertinente se activará automáticamente.

La Herramienta incluye todos los aspectos del cierre de la mina, desde la demolición y la remoción de la infraestructura, hasta el mantenimiento y el monitoreo de la rehabilitación. Los costos de terceras partes, así como los de administración y gestión están también incluidos en el libro de trabajo. Los costos unitarios que utiliza la Herramienta se basan en tasas genéricas, aunque existe la facilidad para los usuarios de utilizar los propios, con una justificación. Los costos no incorporan un cálculo automático para determinar valores futuros.

Comentarios de la industria indican que la Herramienta es fácil de utilizar y proporciona un marco útil para elaborar el plan de cierre y tiene un enfoque claro y sistemático. Sin embargo, los costos integrados en la Herramienta no toman en cuenta variaciones regionales. Así mismo, se han reportado aumentos sustanciales en las estimaciones de costos de rehabilitación desde la introducción de la Herramienta.

Para mayor información contactar a [michael\\_woolley@urscorp.com](mailto:michael_woolley@urscorp.com).

Una pregunta es, si los fondos pagados a una garantía financiera son deducibles de los impuestos, entonces los costos de desmantelamiento y rehabilitación no deberían serlo o viceversa. Sin embargo, existe un problema en que los costos de desmantelamiento y rehabilitación sean deducibles de impuestos ya que la mayoría de los gastos se dan una vez que la mina ha cesado operaciones y por consiguiente no hay ingresos contra los que se puede compensar el impuesto. Una forma de resolver este problema es permitir a una compañía que reclame deducciones fiscales para las reservas para el cierre en base a unidad de producción durante el periodo de vida del proyecto.

Los países que participaron en esta encuesta generalmente aceptaron que los costos administrativos asociados con el establecimiento y la administración de las garantías financieras son deducibles de impuestos como un gasto de negocios. También se reconoce que todo interés devengado por la garantía financiera, o las ganancias del capital realizadas por el fondo pagan impuestos, pero la liberación de los fondos originales no. Por razones obvias, la industria de minería querrá asegurar tantas reducciones fiscales como sea posible y la responsabilidad recae en el gobierno de establecer un sistema justo que tome en consideración las implicaciones financieras para la industria. Como puede verse de los estudios de caso, las actitudes varían en el mundo y en relación a este tema tan sensible. Pese a ciertas actitudes, no puede haber una forma correcta o incorrecta de tomar estas decisiones, solamente lo mejor para el país involucrado.

#### **Recomendaciones:**

- Antes de tomar cualquier decisión enlazarse con el departamento responsable de las finanzas del gobierno.
- Antes de establecer los requerimientos contactar la industria minera en cuanto a las implicaciones de los diferentes regímenes tributarios.
- Establecer un régimen tributario y mantenerlo – evitar negociaciones en una base sitio por sitio.

### 5.7. Revisión

Cuando se presenta una garantía financiera a la autoridad reguladora, generalmente pasa por un proceso de revisión interna. Este proceso es complejo, requiere considerables recursos y puede consumir mucho tiempo ya que involucra negociaciones y consultas. Si el departamento pertinente no tiene la capacidad de realizar la revisión interna, debería considerarse la verificación por una tercera parte. Esto podría hacerlo el proponente, con un sistema de certificación o la autoridad reguladora. Los arreglos de la garantía financiera deberían también ser parte de un proceso de consulta comunitaria para poder establecer el uso final del sitio. Lo ideal es que esto se haga simultáneamente con las consultas sobre los impactos ambientales y sociales y deberán incluirse en el plan de cierre de la mina y rehabilitación.

Durante la vida del proyecto los requerimientos de cierre y rehabilitación pueden cambiar debido a modificaciones imprevistas a la exploración o plan de operaciones. Esto significa que es necesario que exista un mecanismo para revisar y ajustar la garantía financiera. También debería existir un requerimiento por ley de revisiones periódicas de la garantía financiera para que el regulador pueda garantizar que el nivel de la garantía sea el correcto y que el fondo esté correctamente asegurado. El periodo entre las revisiones dependerá de la duración del proyecto. El Informe del Banco Mundial (2002) recomienda cada 5 años para proyectos con una vida de 30 años y, cada 2 años para proyectos con una vida de 10 años. Los Principios Rectores de la CIF (2007) establecen que los requerimientos de cierre de una mina deberían revisarse anualmente y los arreglos de financiamiento para el cierre ajustados como corresponde

La revisión podría realizarla el proponente y luego someterse a la autoridad reguladora. Deberá repetirse el mismo proceso de verificación y consulta que para la presentación inicial. Simultáneamente a esta revisión podría considerarse también todas las obras de rehabilitación realizadas por el proponente para poder así restablecer el nivel de la garantía financiera. No obstante, deberá evaluarse lo apropiado de las obras de rehabilitación antes de aceptar cualquier reducción en la garantía financiera.

#### **Recomendaciones:**

- Establecer la evaluación inicial de la garantía financiera la realizará la autoridad reguladora, el proponente o se realizará una verificación por una tercera parte.
- Establecer el proceso de consulta
- Establecer los requerimientos y procesos de las revisiones periódicas

### 5.8. Liberación

El fondo de la garantía financiera no deberá estar disponible para que el proponente pague rehabilitación en curso. Sin embargo, si la rehabilitación ya se ha hecho, podría tomarse en consideración al momento de las revisiones periódicas. Reducciones escalonadas en el nivel de la garantía financiera podría ayudar a promover la rehabilitación progresiva y buenas prácticas.

Posteriormente, a la finalización satisfactoria del programa de cierre y rehabilitación, el fondo de la

garantía financiera podrá devolverse al proponente. Antes de devolver cualquier dinero la autoridad reguladora deberá establecer que el programa ha sido completado con éxito y no se requieren obras adicionales en el sitio. Un método utilizado con mucha frecuencia para evaluar la liberación de la garantía financiera es el éxito del programa de revegetación. También se pueden utilizar la estabilidad de la superficie o calidad del agua, o una combinación de las tres.

Si el sitio requiere monitoreo, mantenimiento o acciones de remediación a largo plazo, debería establecerse un fondo separado para financiar los mismos durante el período requerido. Este fondo debería ser auto perpetuo para que la autoridad reguladora nunca quede con un déficit.

**Recomendaciones:**

- Establecer criterios prácticas para evaluar la suficiencia y lo adecuado de los esfuerzos de rehabilitación (criterio de finalización).
- Establecer criterios para la liberación de la garantía financiera, incluyendo reducciones escalonadas durante la vida de operaciones del proyecto.
- Establecer un método de financiamiento a largo plazo para el monitoreo, mantenimiento y las acciones de remediación.

**5.9. Social y Económico**

Se está empezando a aceptar que es fundamental establecer fondos de reserva en las primeras etapas del desarrollo de un proyecto con el propósito de financiar los aspectos sociales y económicos relacionados con el cierre de una mina. Después del cierre de una mina pueden darse situaciones de riesgo económico si el proyecto es la única fuente directa o indirecta de empleo en la región o si la infraestructura social no sostenible que previamente sostenía la mina podría colapsar. Los elementos a tomar en consideración son:

- Pago de Prestaciones Laborales
- Esquemas de capacitación en otras áreas
- Apoyo para negocios dependientes (derivados)
- Servicios Públicos: energía eléctrica, agua, comunicaciones etc.
- Instalaciones sociales: salud, educación, justicia, etc.
- Infraestructura: carreteras, pistas de aterrizaje, muelles, etc.
- Seguridad Alimentaria
- Sistema Financiero

Actualmente, no es común que se creen reservas financieras para cubrir estos aspectos del cierre de una mina, aunque existen ciertos ejemplos notables como Papúa Nueva Guinea y las Filipinas (ver Capítulo 4.4).

La planificación integrada de cierre, como lo indica su nombre, debería incluir todos los aspectos del cierre de una mina y por asociación tomar en cuenta también las implicaciones financieras de los impactos sociales y económicos. No obstante, la naturaleza de los requerimientos es muy diferente a la garantía financiera física y podría haber muchas ventajas en mantener fondos individuales. Esto podría lograrse estableciendo un Fideicomiso especializado o una fundación diseñada para existir por un periodo de tiempo determinado después del cierre de una mina.

## 6 REFLEXIONES FINALES

La declaración más memorable durante la investigación y las consultas realizadas para la elaboración de este informe es la siguiente:

***“Nunca he visto un programa de cierre que costara menos que lo estimado.”***

Incluso con la mejor voluntad del mundo, predecir estimaciones exactas para costos de cierre es algo extremadamente difícil y lo mejor que puede esperarse es una aproximación cercana a la realidad. La tentación podría ser sobre estimar con el propósito de no encontrarse con déficit, pero esto no deberá hacerse en detrimento de la viabilidad financiera de la industria.

En 1999, un especialista ambiental principal del Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo identificó un número de riesgos y mitigaciones sugeridas en relación a las garantías financieras. Estas se presentan en la Casilla 6.1. Todos estos riesgos continúan siendo pertinentes hoy en día y deben tomarse en consideración al establecer la política y el marco regulatorio para la implementación de garantías financieras.

Tanto la autoridad reguladora como las compañías de minería tienen un interés creado en acordar un nivel realista de garantía financiera. El gobierno necesita asegurar que existan suficientes fondos para completar de manera satisfactoria el programa de rehabilitación, pero al mismo tiempo mantener un clima de inversión atractivo. La compañía minera necesita contar con el capital suficiente para continuar con la inversión.

El nivel requerido de garantía financiera podría ser una porción sustancial de los costos de capital del proyecto y compañías de minería pequeñas y locales pueden no contar con los recursos financieros para proveer fondos por adelantado. En este caso, el gobierno deberá decidir si quiere o no tomar el riesgo de que estas compañías incumplan sus obligaciones. El requerimiento de un compromiso anticipado de pagar el monto total de la garantía financiera es una forma de poner a prueba el compromiso y decisión de la compañía. Debería también funcionar como incentivo para que el proponente mantenga los impactos físicos al nivel mínimo y realice una rehabilitación progresiva.

Existe también un riesgo asociado con los instrumentos de garantía financiera. La viabilidad a largo plazo de que el banco o compañía de una Carta de Crédito o Fianza puede no estar garantizada. En Australia, una compañía que otorgaba Fianzas a la industria minera colapsó y las finanzas quedaron sin valor alguno. Adicionalmente, si una compañía de minería quiebra, la garantía financiera que no está aislada podría ser congelada o reclamada para pagar los acreedores. También existe el riesgo de cualquier forma de inversión en efectivo pueda ser considerada demasiada tentación para alguien con tendencias corruptas.

A pesar de todos los riesgos, las garantías financieras son esenciales para asegurar que los impactos físicos de la minería serán minimizados en el corto plazo y no existentes en el largo plazo.

### Casilla 6.1: Riesgos Específicos y Mitigación Sugerida

**Terminación prematura durante la construcción:** Una terminación del proyecto por razones técnicas o financieras puede mitigarse con garantías de finalización apropiadas que aseguren que una terminación prematura o un abandono desencadenarán una obligación para el aval de ejecutar o causar la ejecución y financiar a una tercera parte para que ejecute un programa de cierre satisfactorio.

**Cambios materiales a los requerimientos de cierre y objetivos:** Acordando una definición, clara, transparente, anticipada, realista y aprobada de el uso de la tierra pos operaciones, las normas de cumplimiento ambiental a cumplir con un período de tiempo especificado y los procedimientos de aprobación que se seguirán podrían evitar el tener cambios materiales durante la vida de la mina.

**Cambios materiales al proyecto y procesos:** Estos cambios pueden tener implicaciones relacionadas con los requerimientos de cierre de la mina y los costos relacionados. Los planes de cierre de la Mina, las implicaciones para los costos relacionados y las garantías financieras deberían ser sometidas a procesos de revisión periódicos, con el fin de que la implicación de cualquier cambio material pueda evaluarse y resolverse; esto mitigaría también el riesgo de una sub o sobre capitalización de fondos de cierre y las garantías relacionadas las que debería reflejar la vida del proyecto de minería en base a estimaciones de reservas probadas.

**Riesgo de una quiebra financiera:** La quiebra financiera de la compañía de minería y organizaciones involucradas en la garantía financiera (el titular de la reserva en efectivo, Fideicomiso, etc.) resultando en la imposibilidad de proveer los fondos para el cierre de la mina pueden mitigarse estableciendo reservas no contables para el monitoreo del desempeño financiero, separando la estructura financiera para el fondo de cierre del de la compañía, permitiendo únicamente inversiones de los fondos de cierre en instrumentos financieros que garanticen un pago futuro y diversificando el riesgo en una mezcla de vehículos financieros para asegurar conjuntamente los fondos de cierre.

**El riesgo que los fondos de cierre sean reorientados:** Esto podría mitigarse al utilizar una estructura financiera y proceso de certificación no fungible, por ejemplo la participación de un fideicomitente, para el uso apropiado de las ganancias con el fin de salvaguardar y evitar que los fondos de cierre se utilicen, para el pago de medidas no relacionadas al proyecto como por ejemplo perforaciones adicionales o repago de préstamos en situación de mora.

**El Gobierno podría continuar operando un proyecto 'heredado':** Esto podría ocurrir sin que se de la debida consideración a la rentabilidad y a las implicaciones ambientales que de otra forma hubiese requerido la ejecución de las actividades de cierre de la mina. La experiencia pareciera sugerir que las limitaciones de financiamiento podrían 'desanimar' al gobierno a ejecutar el cierre de una mina si no se dispone de los fondos reservados para este propósito.

Ref: Nazari 1999

## 7 REFERENCIAS

ANZMEC, Minerals Council of Australia (2000) Strategic Framework for Mine Closure.

Cochilco (2002) Research on Mine Closure Policy. Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD) No. 44. IIED, London.

Danielson, L. (2006) Pers Comm.

Da Rosa, Carlos (1999) Financial Assurances. Mining Environmental Management Magazine, March 1999.

DITR (2006) Best Practice Mine Closure and Completion Booklet (Draft). Department of Industry Tourism and Resources, Australian Government.

European Commission (2004) Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities.

Golder Associates (2004) Guideline Document for the Evaluation of the Quantum of Closure Related Financial Provision Provided by a Mine. Department of Minerals and Energy, South Africa.

ICMM (2005) Financial Assurance for Mine Closure and Reclamation.

ICMM (2006) Guidance Paper: Financial Assurance for Mine Closure and Reclamation.

IFC (2007) Environmental, Health and Safety Guidelines: Mining.

Jones, H. (2006) The Surety Conundrum. Proceedings of 1st International Seminar on Mine Closure. Australian Centre for Geomechanics, Perth, Western Australia.

Lindhal, Lars-Ake (2003) Financial securities – An Industry Perspective. Seminar on Financial Guarantees and Securities in the Extractive Industries.

Mackenzie, S. et al (2007) Progressive Reduction of Liabilities and Recovery of Financial Sureties in Recognition of Successful Rehabilitation in Western Australia. Proceedings of 2nd International Seminar on Mine Closure. Australian Centre for Geomechanics, Santiago, Chile.

Marcus, Jerrold J. (ed) (1997) Mining Environmental Handbook: Effects of Mining on the Environment and American Environmental Controls on Mining. Imperial College Press  
MonTec (2007) Guidelines on Financial Guarantees and Inspections for Mining Waste Facilities. European Commission, DG Environment.

Nazari, Mehrdad M. (1999) Financial Provisions for Mine Closure. Mining Environmental Management Magazine, May 1999.

Peralta-Romero, A. & Dagdelen, K. (2007) A New Model for Estimation of Mine Closure Costs. Proceedings of 2nd International Seminar on Mine Closure. Australian Centre for Geomechanics, Santiago, Chile.

Pierce, G.L. & Wen, M.E. (2006) Planning for In-Perpetuity Mine Closure Costs. Proceedings of 1st International Seminar on Mine Closure. Australian Centre for Geomechanics, Perth, Western Australia.

Strongman, J. (2000) Mine Closure: An Overview of the Issues. Mine Closure Workshop, Jakarta, Indonesia.

Wilde, L. (2007) Costs of Mine Closure – Learning from the Past. Proceedings of 2nd International Seminar on Mine Closure. Australian Centre for Geomechanics, Santiago, Chile.

Wilson, Ian. (2006) Pers Comm. Environmental Protection Agency, Queensland, Australia. Woolley, M. & Hutton, A. (2006) A New Regulatory Approach in Rehabilitation Cost Estimation. Proceedings of 1st International Seminar on Mine Closure. Australian Centre for Geomechanics, Perth, Western Australia.

World Bank & IFC (2002) Mine Closure around the World: It's Not Over When It's Over. World Bank Mining and Development Series.

***Lectura adicional***

ANZMEC & MCA (2000) Strategic Framework for Mine Closure. Australia and New Zealand Minerals and Energy Council and Minerals Council of Australia. Bureau of Land Management (2005) BLM Nevada 3809 Reclamation Bonding Guidelines.

Forest Service (2004) Training Guide for Reclamation Bond Estimation and Administration for Mineral Plans and Operation.

González, Patricia. (1999) Tratamiento Normativo de la Fase Minera Post Operacional en los Países Mineros Latinoamericanos y La Planificación del Cierre. International Development Research Centre, Canada.

MMSD (2002) Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development. International Institute for Environment and Development, London.

Kuipers, James R. (2000) Hardrock reclamation Bonding Practices in the western United States. Centre for Science in Public Participation (CSP2).

Lagos, G. et al (1998) Análisis de Normas de Abandono de Tranques de Relaves y Faenas Mineras. Catholic University of Chile and Ministry of Mining.

Office of the Deputy Prime Minister (2003) Proceedings of a Seminar on Financial Guarantees and Securities in the Extractive Industries, Geological Society, London.

Miller, George C. (1998) Use of Financial Surety for Environmental Purposes. International Council on Metals and the Environment (now ICMM).

National Research Council (1999) Committee on Hardrock Mining on Federal Lands: Hardrock Mining on Federal Lands.

Nevada Bonding Task Force (2003) Current Mining Bonding Issues in Nevada.

Warhurst, A. & Noronha, L. (eds) (1999) Environmental Policy in Mining: Corporate Strategy and Planning for Closure.

World Bank & MMAJ (2000) Mine Closure and Sustainable Development Workshop Proceedings.  
Mining Journal Books, London.

## **ANEXO H-1 DE SITIOS WEB**

### **Australia**

NSW – Department of Primary Industries [www.dpi.nsw.gov.au](http://www.dpi.nsw.gov.au)  
Queensland – Environmental Protection Agency [www.epa.qld.gov.au](http://www.epa.qld.gov.au)  
Queensland – Department of Mines and Energy [www.dme.qld.gov.au](http://www.dme.qld.gov.au)  
Victoria – Department of Primary Industries [www.dpi.vic.gov.au](http://www.dpi.vic.gov.au)  
Victoria – Department of Sustainability and Environment [www.dse.vic.gov.au](http://www.dse.vic.gov.au)  
Victoria – Legislation [www.dms.dpc.vic.gov.au](http://www.dms.dpc.vic.gov.au)  
State – Department of Industry, Tourism and Resources [www.industry.gov.au](http://www.industry.gov.au)  
Best Practice Environmental Management in Mining Booklets  
[www.natural-resources.org/minerals](http://www.natural-resources.org/minerals)  
Minerals Council of Australia [www.minerals.org.au](http://www.minerals.org.au)  
Western Australia – Department of Industry and Resources [www.doir.wa.gov.au](http://www.doir.wa.gov.au)

### **Botswana**

Department of Mines [www.mines.gov.bw](http://www.mines.gov.bw)  
Department of Environmental Affairs [www.envirobotswana.gov.bw](http://www.envirobotswana.gov.bw)

### **Canada**

Legislation – Mining Law and Regulations [www.e-laws.gov.on.ca](http://www.e-laws.gov.on.ca)  
Ontario Ministry of Northern Development and Mines [www.mndm.gov.on.ca](http://www.mndm.gov.on.ca)  
Ontario Mineral Exploration and Mining [www.serviceontario.ca/mining](http://www.serviceontario.ca/mining)

### **European Union**

European Commission – DG Environment [www.ec.europa.ec/environment](http://www.ec.europa.ec/environment)  
EU Database [www.europa.eu.int/eur-lex](http://www.europa.eu.int/eur-lex)

### **Ghana**

Ghana Minerals Commission [www.ghanamining.org](http://www.ghanamining.org)  
Ghana Environmental Protection Agency [www.epa.gov.gh](http://www.epa.gov.gh)

### **Papua New Guinea**

Department of Mining [www.mineral.gov.pg](http://www.mineral.gov.pg)  
Mineral Resources Authority [www.mra.gov.pg](http://www.mra.gov.pg)  
Government Departments [www.pngonline.gov.pg/government](http://www.pngonline.gov.pg/government)

### **SASSOON 2008 WORLD BANK**

58

Ok Tedi Mining Ltd [www.oktedi.com](http://www.oktedi.com)

### **Philippines**

Department of Environment and Natural Resources  
Mines and Geoscience Bureau [www.mgb.gov.ph](http://www.mgb.gov.ph)

### **South Africa**

Department of Minerals and Energy [www.dme.gov.za](http://www.dme.gov.za)  
Department of Environmental Affairs and Tourism [www.environment.gov.za](http://www.environment.gov.za)

### **Sweden**

Swedish Government [www.sweden.gov.se](http://www.sweden.gov.se)  
Mining Inspectorate [www.bergsstaten.se](http://www.bergsstaten.se)  
Environmental Protection Agency [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)

### **USA**

Nevada Bureau of Land Management [www.nv.blm.gov](http://www.nv.blm.gov)  
Nevada Division of Environmental Protection [www.ndep.nv.gov](http://www.ndep.nv.gov)  
Nevada Commission of Mineral Resources [www.minerals.state.nv.us](http://www.minerals.state.nv.us)

Nevada Legislation [www.leg.state.nv.us](http://www.leg.state.nv.us)

Nevada Standardized Reclamation Estimator Model [www.nvbond.org](http://www.nvbond.org)

US Forest Service [www.fs.fed.us/geology](http://www.fs.fed.us/geology)

**Odds**

International Council on Mining and Metals [www.icmm.com](http://www.icmm.com)

International Institute for Environment and Development/MMSD [www.iiied.org/mmsd](http://www.iiied.org/mmsd)

Centre for Science in Public Participation [www.csp2.org](http://www.csp2.org)

The World Bank [www.worldbank.org/mining](http://www.worldbank.org/mining)

Department for Communities and Local Government [www.communities.gov.uk](http://www.communities.gov.uk)

(Proceedings of Seminar On Financial Guarantees)

## **ANEXO H-2 TEMPLATE DE CARTA DE CREDITO**

### **BORRADOR DE FORMULARIO DE CARTA IRREVOCABLE DE CREDITO**

(Para ser completado en papel membretado del Banco)  
Su Majestad la Reina en Derecho de Ontario representada por  
El Ministro de Desarrollo del Norte y Minas  
Ministerio de Desarrollo del Norte y Minas  
933 Ramsey Lake Road  
6th Floor  
Sudbury, Ontario  
P3E 6B5

Por este medio emitimos esta Carta de Crédito Irrevocable Standby a su favor por el monto de <X MONTO EN DÓLARES (CAD \$X)>, la cual está disponible mediante pago contra su solicitud por escrito dirigida a <BANCO X, DIRECCIÓN>, que incluya la cláusula “de conformidad con la carta de crédito standby Número... emitida por <BANCO X, DIRECCIÓN>.”

Cualquier petición de pago por escrito debe estar acompañada por su certificado firmado mencionando que el Ministerio de Desarrollo del Norte y Minas tiene derecho a exigir el pago de conformidad con un plan de cierre entre el <PROPONENTE Z> y el Ministerio de Desarrollo del Norte y Minas con respecto a los costos del cierre para la <MINA ABC/SITIO/UBICACIÓN>. En ese caso, atenderemos su solicitud sin indagar si usted tiene derecho como entre usted y nuestro cliente, el <PROPONENTE Z>, para hacer tal petición y sin reconocer ningún reclamo de nuestro Cliente.

Esta Carta de Crédito continuará vigente hasta el <FECHA, 200x> y vencerá en esa fecha y usted puede exigir el pago del monto total pendiente bajo esta Carta de Crédito en cualquier momento, hasta el cierre de dicho día hábil en esa fecha. Una condición de esta Carta de Crédito es que se considerará prorrogada automáticamente por un año contado a partir de la presente fecha de vencimiento o cualquier fecha futura de vencimiento de la misma, a menos que notifiquemos por escrito con por lo menos noventa (90) días de anticipación a cualquiera de esas fechas, por Correo Certificado, que hemos decidido no considerar la renovación de ningún período adicional de esta Carta de Crédito. En el caso de una notificación de no renovación, el Ministerio puede exigir el pago total o de cualquier porción de este crédito, siempre y cuando el cliente no haya proporcionado al Ministerio una total seguridad financiera alternativa para el Ministerio por lo menos 10 días antes del vencimiento de esta Carta de Crédito.

Queda entendido que el monto de este crédito puede reducirse eventualmente a medida que sean cumplidas las obligaciones del <PROPONENTE Z> conforme al Acuerdo antes mencionado; tal reducción será efectuada al recibir su aviso por escrito enviado a esta oficina.

Las peticiones por escrito del monto total o de cualquier porción o porciones del mismo deben ser presentadas a nosotros junto con este Instrumento de Crédito original.

Esta Carta de Crédito está sujeta a las “Reglas y Usos Uniformes Relativos a los Créditos Documentarios (Revisión de 1993) de la Cámara de Comercio Internacional, Publicación Número 500”.

### **ANEXO H-3 TEMPLATE DE BONO DE GARANTIA**

#### **GARANTÍA DE REHABILITACIÓN DE TIERRAS**

Monto del Bono #:

HÁGASE SABER por medio del presente que [*nombre de la compañía*] (en lo sucesivo llamada el Mandante) con domicilio social en [dirección de la compañía] y [*nombre de la compañía de seguros*] (en lo sucesivo llamada el Garante) con domicilio social en [dirección de la compañía de seguros] se obligan y se comprometen solidariamente para con Su Majestad la Reina en Derecho de Ontario representada por el Ministro de Desarrollo del Norte y Minas, sus herederos y sucesores (en lo sucesivo llamado el Acreedor) con domicilio social en B6 - 933 Ramsey Lake Road, Sudbury, Ontario P3E 6B5, por la suma punitiva de [*monto de la garantía*] dinero legal de Canadá para el pago del cual firmemente nos obligamos nosotros, nuestros herederos, administradores y sucesores y cesionarios por medio del presente.

CONSIDERANDO que el Mandante operará/opera una [*actividad minera*] ubicada en [*descripción legal de la propiedad*] (localmente conocida como \_\_\_\_\_) de conformidad con un Plan de Cierre certificado presentado al Director de Rehabilitación de Minas el \_\_\_\_\_.

POR LO TANTO, la condición de esta obligación es tal que, si el Mandante cumple con los términos del Plan de Cierre certificado, entonces, esta obligación será nula; de lo contrario, permanecerá en pleno efecto y vigencia sujeto a las siguientes condiciones:

1. Si el Mandante incumple y el Acreedor declara que ha incumplido con los términos del Plan de Cierre certificado, el Acreedor enviará una carta por correo certificado tanto al Mandante como al Garante, mencionando de forma considerablemente detallada los hechos que condujeron al incumplimiento.
2. Que la obligación del Garante para con el Acreedor será únicamente el pago de los montos exigidos por el Acreedor y esta garantía quedará totalmente exonerada al envío de tales montos vencidos al Acreedor; siempre y cuando, sin embargo, que la obligación total del Garante en ningún caso exceda de la suma punitiva del Garante.
3. El plazo de esta garantía continuará en pleno efecto y vigencia hasta el momento en que el Ministerio de Desarrollo del Norte y Minas la libere o será reemplazada por una forma de garantía financiera aceptable para el Director de Rehabilitación de Minas.
4. Si el Garante da aviso por escrito al Acreedor y al Mandante en cualquier momento, por lo menos con tres meses calendario de anticipación, de su intención de dar por terminada esta obligación, entonces, se considerará que esta obligación ha terminado en la fecha mencionada en el aviso y tal fecha no será menos de tres meses calendario contados a partir de la fecha en que dicho aviso fue recibido por el Acreedor o por dicho Mandante, en la fecha de recepción que ocurrió más tarde; si el Mandante falla en proporcionar una garantía financiera de por lo menos la misma cantidad que esta garantía y en una forma aceptable para el Acreedor dentro de dos meses calendario contados a partir de la fecha de recepción que ocurrió más tarde mencionada anteriormente, el Garante pagará automáticamente e inmediatamente el monto total de la garantía al Acreedor.
5. Cualquier demanda o acción por esta garantía contra el Garante debe ser iniciada por el Acreedor dentro de 120 días contados a partir de la fecha de aviso de incumplimiento mencionado en la cláusula #1 anterior.
6. En el caso de que el Garante sea incapaz de cumplir con sus obligaciones bajo la garantía por cualquier razón, deberá dar aviso inmediatamente al Mandante y al Acreedor por medio de

correo certificado. Al recibir el Acreedor la notificación del Garante o ante la incapacidad del Garante por razón de quiebra, insolvencia o revocatoria de su licencia, se considerará que el Mandante se encuentra sin cobertura de garantía y se exigirá que presente una garantía financiera alternativa dentro de 30 días, sujeto a la aprobación del Acreedor y tal como lo exige la Sección 145 de la Ley de Minería.

7. El Garante está aprobado bajo la Ley de Seguros o su sucesor.
8. Al completar parcialmente la rehabilitación y rescate del sitio y a la presentación de una solicitud por escrito por parte del Mandante bajo la Sección 145 de la Ley de Minería, incluyendo los respaldos técnicos y la información relevante, el Director de Rehabilitación de Minas puede reducir, a su discreción, el monto de la garantía a un monto de acuerdo con los requisitos financieros del trabajo de rehabilitación pendiente de completar.
9. Esta garantía será válida por el plazo comprendido entre el *[fecha de la garantía sellada]* y el *[fecha dentro de 1 año]* y será renovada automáticamente, sin necesidad de más documentación de un año a otro posteriormente a menos que se dé por terminada tal como se determinó anteriormente, siempre y cuando que el Garante pueda, si así lo desea, emitir certificados como prueba de dicha renovación.

Sellado con los respectivos sellos del Mandante y del Garante el día \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

**SELLADO, FIRMADO Y ENTREGADO [NOMBRE DE LA COMPAÑÍA]**

En presencia de

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Nombre del Firmante (Por favor, escriba en letra de imprenta)

**[NOMBRE DEL GARANTE]**

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Nombre del Firmante (Por favor, escriba en letra de imprenta)