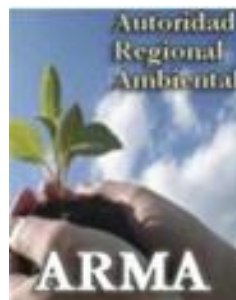




Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para la pequeña minería y minería artesanal

Junio 2014



Preparado para:

Autoridad Regional Ambiental de Arequipa

Elaboración del documento:

Dr. Oswald Eppers

Asesor Internacional de la Agencia de Cooperación Alemana (GIZ)
Programa ProAmbiente

Equipo de Revisión y Corrección:

Dra. Gladys Márquez Chaname

Jefa del Área de Fiscalización, ARMA

Ing. Percy Ponce Medina

Consultor del Ministerio de Energía y Minas

Ing. Jorge Antonio Delgado Pacheco

Especialista en Evaluación Ambiental, ARMA

Blgo. Rubén Hernán Apaza Toro

Especialista en Evaluación Ambiental, ARMA

Arequipa, Junio 2014

Contenido

Lista de Abreviaturas.....	v
1. Introducción.....	1
1.1 Objetivo	2
1.2 Alcance.....	3
1.3 Marco Legal.....	3
1.3.1 Leyes, reglamentos y decretos	3
1.3.2 Distribución de Competencias de Autoridades.....	3
2. Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para el Manejo de Aguas Industriales Mineras en la PM y MA.....	5
2.1 Límites Máximos Permisibles	5
2.2 Buenas Prácticas de Gestión Ambiental de Efluentes Industriales Mineros.....	5
2.3 Monitoreo Ambiental Obligatorio de Efluentes en la PM y MA	7
2.4 Monitoreo Ambiental Rutinario de Efluentes en la PM y MA	7
2.4.1 Monitoreo de Turbidez	8
2.4.2 Monitoreo de pH.....	8
3. Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para el Manejo de Aguas Servidas Domésticas y Excretas Humanas en la PM y MA.....	9
3.1 Situación Legal	9
3.2 Definición de Buenas Prácticas de Prevención y Mitigación	10
4. Buenas Prácticas de gestión ambiental para el manejo de residuos sólidos domésticos en la PM y MA.....	11
4.1 Situación Legal	11
4.2 Definición de Buenas Prácticas para la gestión ambiental de residuos sólidos domésticos en la PM y MA	12
5. Buenas Prácticas para el almacenamiento de combustibles, lubricantes u otras sustancias peligrosas.....	14
5.1 Marco Legal.....	14
5.2 Definición de Buenas Prácticas de Prevención y Mitigación.....	14
6. Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para la disposición temporal y final de relaves u otros residuos peligrosos mineros.....	16
6.1 Objetivos en el Manejo Ambiental adecuado de Relaves	16
6.2 Buenas Prácticas en el Manejo Ambiental de Relaves.....	17
6.2.1 Almacenamiento temporal.....	17
6.2.2 Disposición final de relaves.....	17
6.3 Caracterización de la Peligrosidad de Residuos Mineros	18
6.3.1 Clasificación como residuo normal o residuo peligroso o muy peligroso	18

6.3.2	Muestreo de Relaves o acopios de residuos.....	19
6.3.3	Estabilización de Relaves u otros residuos	19
6.3.4	Encapsulamiento de residuos contaminados	20
7.	Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para la disposición de desmontes	24
7.1	Impactos Ambientales causados por la disposición de desmontes	24
7.2	Buenas Prácticas de Prevención y Mitigación en el manejo de escombros y desmontes	25
8.	Buenas Prácticas para la Prevención y Mitigación de Emisión de Polvo	26
8.1	PM10 y PM2.5 como indicadores de contaminación atmosférica en la Minería	26
8.2	Marco Legal.....	27
8.3	Monitoreo de partículas suspendidas	27
8.3.1	Equipos de Monitoreo	27
8.3.2	Selección de puntos de monitoreo	28
8.3.3	Distancia a carreteras	28
8.4	Buenas Prácticas de Prevención y Mitigación Ambiental para el Control de Polvo.....	28
9.	Bibliografía	30
	ANEXO 1 – Manuales y Guías para Medidas de Prevención y Mitigación.....	32
	ANEXO 2 - Leyes, Reglamentos y Decretos relacionados a la gestión ambiental en la minería ...	34
	ANEXO 3 – Clasificación de Residuos.....	37
	ANEXO 4 – Reporte Generación y Manejo de Residuos Contaminados en PM y MA.....	39

Lista de Abreviaturas

ACGIH	American Conference of Industrial Hygienists (Conferencia Americana de Higienistas Industriales)
ANA	Autoridad Nacional del Agua
ARMA	Autoridad Regional Ambiental de Arequipa
DESA	Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental
ECA	Estándar de Control Ambiental
EPP	Equipo de Protección Personal
GIZ	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Cooperación Alemana)
BPGA	Buenas Prácticas de gestión ambiental
GREM	Gerencia Regional de Energía y Minas
HDPE	polietileno de alta densidad
LMP	Límite Máximo Permisible
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MINAM	Ministerio de Ambiente
MTC	Ministerio de Transporte y Comunicaciones
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
OMS	Organización Mundial de Salud
PA	Poliámidas
PCM	Presidencia del Consejo de Ministros
PE	Polietileno
PET	Poliéster
PM y MA	Pequeña Minería y Minería Artesanal
PM	Material particulado
PP	Polipropileno
PVC	Polivinil cloruro
SEDAPAR	Servicio de agua potable y alcantarillado
STS	Sólidos Totales Suspendidos
TCLP	Toxicity characteristic leaching procedure (ensayo de lixiviación)
US EPA	Agencia de Protección Ambiental de los EEUU

1. Introducción

Una de las características más resaltantes de la pequeña minería (PM) y minería artesanal (MA) en el Perú es el uso de técnicas de excavación, extracción, arranque y beneficio que no son compatibles con la salud de los mineros y sus familias, ni con la protección del medio ambiente. Otra característica también son los bajos márgenes de rentabilidad con que operan, ganando muchas veces solamente lo suficiente para su subsistencia.

Como consecuencia de esta presión económica y también de una desinformación y falta de capacitación general sobre salud y ambiente, no existe una conciencia muy desarrollada para la protección del medio ambiente, ni para la protección de su propia salud.

La gestión de cada proyecto minero requiere tener claridad y conocimiento de los impactos ambientales y del conjunto de medidas destinadas a evitar, mitigar o controlar los impactos ambientales negativos al ecosistema y a la salud humana, generados durante la construcción, operación y cierre del proyecto.

La gestión ambiental de todo proyecto de la PM y MA se apoyará en algunos principios, entre los que se destacan la optimización del uso de los recursos, la previsión y mitigación de impactos ambientales así como del ordenamiento territorial. A pesar de que cada proyecto minero tiene características e impactos determinados que requieren de una planificación específica de las medidas de mitigación y prevención, existen impactos ambientales considerados impactos genéricos ya que se encuentran mayormente en zonas mineras. Entre los más importantes se encuentran:

- Contaminación de suelos y cuerpos de agua, además de la transmisión de enfermedades contagiosas por una inadecuada estructura sanitaria y mal manejo de aguas negras domésticas.
- Contaminación ambiental por un inadecuado manejo de aguas industriales de mina.
- Contaminación de cuerpos de agua y suelos, además de la pérdida de suelos y paisaje natural por un inadecuado manejo de residuos sólidos y falta de la implementación de un plan de cierre progresivo.
- Contaminación de suelos y cuerpos de agua por un inadecuado almacenamiento de sustancias peligrosas como combustibles, lubricantes, etc.
- Impacto negativo ambiental, al paisaje y potencial turístico por un inadecuado manejo de escombros y desmontes.
- Contaminación atmosférica por la emisión incontrolada de partículas suspendidas al aire.

Existe un conjunto de guías de buenas prácticas de gestión ambiental para la minería elaborado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) que forman la base para la incorporación de medidas preventivas y de mitigación en la gestión ambiental de una empresa minera. Prioritariamente, las guías fueron desarrollados para actividades realizadas en empresas mineras de la gran o mediana escala. Un listado de guías y manuales se encuentra en el Anexo 1. El presente documento establece Buenas Prácticas de Gestión Ambiental (BPGA) complementarias a estas guías, considerando la problemática ambiental específica relacionada con la PM y MA. De esta manera, ayudarán a empresas de la PM y MA en la implementación de una gestión ambiental preventiva que responda a los impactos ambientales más significativo de este sector minera.

De la misma manera, las BPGA ayudarán a las autoridades ambientales en la realización de sus funciones. La práctica de la supervisión y fiscalización ambiental de la PM y MA en la región de Arequipa demostró que el solo monitoreo de parámetros físico-químicos de emisiones no asegura una evaluación objetiva y fundamentada de los impactos ambientales; además requieren muchos recursos económicos y humanos porque demandan equipos costosos y personal altamente capacitado. Con las BPGA para la PM y MA se obtendrá una herramienta adicional que será utilizada para la evaluación del empeño de la gestión ambiental de una empresa y de potenciales impactos ambientales negativos generados por esta.

En el siguiente documento se presentan BPGA para las siguientes actividades:

- a) Manejo de Aguas Industriales Mineras
- b) Manejo de Aguas Servidas y Excretas Humanas
- c) Manejo de residuos sólidos domésticos
- d) Almacenamiento de combustibles, lubricantes u otras sustancias peligrosas
- e) Disposición temporal y final de relaves u otros residuos peligrosos mineros
- f) Disposición de escombros y desmontes
- g) Control de Polvo

Además a las buenas prácticas presentadas en el presente documento, se ha definido las siguientes BPGA específicas:

- h) BPGA para Plantas Hidrometalúrgicas de la PM y MA que utilizan Cianuro
- i) BPGA para PM y MA que trabajan con Mercurio

Los proyectos de la PM y MA que generen impactos no previstos en el presente documento, deberán definir medidas de prevención y mitigación e implementarlas a su proyecto.

Una primera versión de las BPGA fue presentada en el mes de mayo 2014 a entidades públicas y a la población para remitir sus aportes y comentarios. El presente documento considera tanto las observaciones del público como de las entidades públicas (incluyendo las observaciones del Ministerio de Ambiente, emitido mediante Oficio N° 201-2014-MINAM-VMGA/DGPNIGA).

1.1 Objetivo

El presente documento establece las BPGA para fortalecer las políticas y estrategias ambientales a través de medidas de prevención y mitigación que permitan proteger la salud de la población y el ecosistema.

Objetivos específicos

- Establecer Buenas Prácticas de prevención y mitigación ambientales para la PM y MA a través de herramientas de control, operación y seguimiento;
- Facilitar la implementación de una gestión ambiental en empresas de la PM y MA que responda adecuadamente a impactos ambientales de este sector minera;
- Fortalecer la evaluación, supervisión y fiscalización de la PM y MA realizada por la Autoridad Regional Ambiental (ARMA), en coordinación con los Gobiernos Municipales, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA), Gerencia Regional de Energía y Minas (GREM), Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), entre otros.

1.2 Alcance

Las BPGA definidos en el presente documento se dirigen a:

- a) Toda persona natural o jurídica que realiza en las diferentes etapas de las actividades de minería metálica, no metálica, beneficio y actividades conexas de un proyecto minero y que se encuentran inmersos en el estrato de la PM y MA;
- b) La ARMA, tanto en el área de evaluación como en el área de supervisión y fiscalización de actividades relacionados con la PM y MA.

1.3 Marco Legal

1.3.1 Leyes, reglamentos y decretos

En el Anexo 2 se presenta una lista no exhaustiva de leyes, reglamentos y decretos importantes relacionados a la gestión ambiental en la minería. Una presentación más exhaustiva del marco legal se puede encontrar por ejemplo en la página web del MEM¹.

1.3.2 Distribución de Competencias de Autoridades

Tabla 1.1 resume la distribución de las competencias de las autoridades regionales y locales para la certificación ambiental, la supervisión y fiscalización de proyectos de la PM y MA, dependiendo de la fuente de impacto.

Tabla 1.1 – Competencias de Autoridades nacionales, regionales y locales relacionadas a la PM y MA.

Competencias de Autoridades				
Fuentes de Impacto	Actividad/Alcance	Certificación/ Permiso	Supervisión	Fiscalización
Aguas Industriales Mineras	Descargas a suelos o cuerpos de aguas naturales	ANA	ARMA/ANA	ARMA/ANA
	Infraestructura (plantas de tratamiento, etc.)	ARMA ²	GREM	GREM
	Seguridad y Salud Ocupacional	GREM ³	GREM	GREM
	Calidad de agua en cuerpos receptores	ANA	ANA	ANA
	Impactos Ambientales	ARMA	ARMA	ARMA
Aguas servidas y Excretas humanas	Descargas a suelos o cuerpos de agua naturales ⁴	ARMA/ANA ²	ARMA	ARMA
	Descargas a la red alcantarillado municipal	SEDAPAR (o quién haga sus veces)	SEDAPAR (o quién haga sus veces)	SEDAPAR (o quién haga sus veces)

¹ <http://www.minem.gob.pe/>

² La ARMA evaluará los potenciales impactos ambientales, la GREM evaluará y dará opinión técnica al diseño final de la instalación.

³ Plan de Minado (evaluación que será concordada con el instrumento ambiental aprobado)

⁴ Dentro de las concesiones mineras y de beneficio

	Saneamiento Básico (letrinas, pozos sépticos, etc.) ⁵	ARMA	ARMA	ARMA
Residuos sólidos domésticos	Disposición dentro de concesiones de extracción o aprovechamiento de recursos	ARMA/DIGESA	ARMA/DIGESA	ARMA/DIGESA
Almacenamiento de combustible, lubricantes u otras sustancias peligrosas como cianuro, mercurio, etc.	Infraestructura	GREM ⁴	GREM	GREM
	Seguridad y Salud Ocupacional	GREM ⁴	GREM	GREM
	Impactos Ambientales	ARMA	ARMA	ARMA
Manejo y disposición de relaves u otros residuos mineros	Infraestructura	GREM ⁴	GREM	GREM
	Seguridad y Salud Ocupacional	GREM ⁴	GREM	GREM
	Impactos Ambientales	ARMA	ARMA	ARMA
Disposición de escombros y desmontes	Infraestructura	GREM ⁴	GREM	GREM
	Seguridad y Salud Ocupacional	GREM ⁴	GREM	GREM
	Impactos Ambientales	ARMA	ARMA	ARMA
Uso de Cianuro	Impactos Ambientales/ Seguridad y Salud Ocupacional	ARMA/MEM (autorización del uso de cianuro)	ARMA	ARMA

La ARMA como autoridad competente ambiental, supervisará y fiscalizará en el marco de sus competencias con especial atención al cumplimiento de los estándares ambientales legalmente establecidos. Respecto al cumplimiento de las medidas de salud y seguridad como las deficiencias de infraestructura detectadas durante las inspecciones de supervisión, serán reportadas a las autoridades competentes correspondientes que realizarán el seguimiento para tomar las acciones necesarias al respecto.

2. Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para el Manejo de Aguas Industriales Mineras en la PM y MA

En las actividades mineras se generan efluentes potencialmente contaminados que deben ser controlados y tratados antes de su descarga al suelo o cuerpos de agua y así cumplir con los estándares ambientales legalmente establecidos.

Frecuentemente existen efluentes de boca de mina que son descargadas en aguas superficiales o al suelo sin previo tratamiento. Otros efluentes potencialmente contaminantes provienen de los procesos de beneficio, incluyendo procesos de concentración gravimétrica, lixiviación o amalgamación. Un problema particular son los lixiviados provenientes de desmontes y canchas de relaves, a menudo contaminados con cianuro, metales pesados, metaloides, sulfuros, ácidos, etc.

BPGA específicos para el manejo de aguas industriales en instalaciones hidrometalúrgicas de cianuración son definidos en el documento *Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para Plantas Hidrometalúrgicas la PM y MA que utilizan Cianuro*.

2.1 Límites Máximos Permisibles

Tabla 2.1 presenta los límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicos, establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM.

Tabla 2.1 - LMP para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicos

		Limite en cualquier momento	Límite para promedio anual
pH		6-9	6-9
sólidos totales en suspensión	mg/l	50	25
aceites y grasas	mg/l	20	16
cianuro total	mg/l	1	0.8
arsénico total	mg/l	0.1	0.08
cadmio total	mg/l	0.05	0.04
cromo hexavalente (*)	mg/l	0.1	0.08
cobre total	mg/l	0.5	0.4
hierro disuelto	mg/l	2	1.6
plomo total	mg/l	0.1	0.16
mercurio total	mg/l	0.002	0.0016
zinc total	mg/l	1.5	1.2

*en muestra no filtrada

2.2 Buenas Prácticas de Gestión Ambiental de Efluentes Industriales Mineros

- Siempre y cuando exista una descarga directa de un efluente minero al suelo o a cuerpos de aguas naturales, se debe monitorear la calidad de la descarga para verificar el cumplimiento de los LMP (ver Tabla 2.1).
- Los efluentes provenientes de drenajes de bocaminas o de plantas de beneficio deben ser recolectados en pozas de sedimentación (o tecnología equivalente) para reducir la concentración de sólidos suspendidos y de otros contaminantes por debajo de los LMP establecidos en el D.S. 010-2010 MINAM (ver Tabla 2.1).
- Efluentes de minas con pH menor a 6 deben ser neutralizados. La técnica más utilizada y recomendada para este fin es la adición de cal, por su bajo costo y alta eficiencia.

- d) Las bocaminas y chimeneas, grietas por subsidencia u otras vías de contacto de agua y aire con los yacimientos que contienen sulfuros (típicamente con concentraciones por encima de un 0,3%), tienen el potencial de originar aguas ácidas. En áreas con precipitaciones frecuentes o infiltraciones de agua subterránea, las labores abandonadas deben ser cubiertas y selladas para minimizar la formación y salida de aguas ácidas de mina y el riesgo de accidentes, utilizando sellos o coberturas adecuadas que tienen una baja permeabilidad, utilizando por ejemplo suelos de textura fina (arcillas o limos) o aplicando otras medidas de ingeniería (por ejemplo utilizando concreto o geomembranas).
- e) En el caso de efluentes contaminados con cianuro u otras sustancias peligrosas, las lagunas, estanques o pozos conteniendo estos efluentes deben ser impermeabilizados con materiales como concreto, alquitrán o una geomembrana sintética adecuada de un espesor no menor a 1 mm⁽⁵⁾. Requerimientos específicos para el monitoreo ambiental de efluentes en plantas hidrometalúrgicas utilizando cianuro son definidos en el documento *Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para Plantas Hidrometalúrgicas la PM y MA que utilizan Cianuro*.

Recomendaciones:

- a) Reusar las descargas líquidas para minimizar el gasto de agua y reducir la cantidad de efluentes que deben ser tratados antes de su descarga al suelo o cuerpos de aguas naturales.
- b) Realizar una caracterización geológica y geoquímica previa del yacimiento y de los componentes para predecir la posible formación de aguas ácidas.
- c) Para la reducción de la carga de sólidos suspendidos en el drenaje minero, se recomienda una separación por gravedad, utilizar lagunas, pozos o tanques de sedimentación mediante el almacenamiento temporal del agua. La condición principal de estas instalaciones es que el agua debe tener una baja velocidad de flujo para facilitar una sedimentación de los sólidos en suspensión.
- d) En caso de concentraciones de metales pesados o metaloides por encima de los LMP, se logra una reducción de los sólidos disueltos y una estabilización del pH mediante una aireación del drenaje minero en cascadas naturales o artificiales, con lechos de roca de diferentes tamaños y con la agregación de piedra caliza. En algunos casos puede ser necesario buscar el apoyo de un especialista en el campo para definir las medidas adecuadas de un tratamiento. Existe una variedad de métodos para la reducción de concentraciones de metales pesados y metaloides en agua, incluyendo la precipitación por ajuste de pH y la adición de floculantes, fitoremediación, osmosis inversa, etc⁶.

⁵ Ver especificaciones de geomembranas en el documento *Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para Plantas Hidrometalúrgicas de la PM y MA que utilizan Cianuro*.

⁶ Ver por ej. la *Guía Ambiental de Manejo de Agua en Operaciones Minero-Metalúrgicas*, publicado por el MEM (<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/manejoagua.pdf>)

2.3 Monitoreo Ambiental Obligatorio de Efluentes en la PM y MA

- a) La calidad de agua descargada al suelo o acuíferos superficiales debe ser monitoreada en el punto de descarga para verificar el cumplimiento de los LMP y/o de los parámetros básicos (ver Sección 2.4).
- b) Los resultados del control de efluentes deben ser registrados y presentados a la ARMA en el informe de Monitoreo Ambiental con carácter de declaración jurada.

En la región de Arequipa, la mayoría de los centros mineros de la PM y MA se encuentran alejados de laboratorios analíticos acreditados, lo que dificulta el monitoreo rutinario de la calidad de efluentes y otros parámetros ambientales para verificar el cumplimiento con la legislación vigente. Es por esta razón que un monitoreo de la calidad de los efluentes es costoso y muchas veces obstaculizado por largos viajes lo que dificulta o hace imposible el transporte de las muestras a un laboratorio dentro de los tiempos de almacenaje aceptables (24 horas para parámetros como el pH, análisis bacteriológico, sólidos suspendidos, sulfuro o el cromo-6). A continuación se establece parámetros básicos para un monitoreo rutinario en zonas alejadas que puede ser realizado sin la necesidad de analizar las muestras en un laboratorio.

2.4 Monitoreo Ambiental Rutinario de Efluentes en la PM y MA

La tabla 2.2 presenta una selección de parámetros básicos para el monitoreo de rutina en el campo, con sus respectivas acciones correctivas en el caso de una excedencia de los criterios establecidos. Los parámetros no serán utilizados por la ARMA para la fiscalización por no formar parte de los LMP legalmente establecidos nacionalmente. Sin embargo, forman una herramienta importante para el control rutinario de la calidad de efluentes que puede ser realizada en lugares alejados sin tener acceso a la infraestructura de laboratorios analíticos. Se recomienda registrar los parámetros básicos como mínimo una vez por mes.

Tabla 2.2 – Parámetros básicos recomendados de monitoreo ambiental básico de efluentes industriales

Parámetro a monitorear	Límite	Acción correctiva en caso de excedencia del Límite
pH	6 – 9	Neutralizar el agua; en el caso de un pH menor a 6, agregar cal para ajustar el pH a un rango 6-9.
Aceites y Grasas (A&G)	ausencia de película	En el caso de la presencia de aceites y grasas flotantes, se requiere la instalación de una cámara separadora de A&G (trampa de grasas) en la entrada a la piscina de sedimentación. Debe impedirse un contacto directo del agua con combustibles y lubricantes.
Turbidez	60 NTU	Si la turbidez excede repetitivamente el valor referencial, se deberá realizar el análisis de la concentración de los STS en un laboratorio acreditado para verificar si se requiere aumentar la permanencia del agua en la piscina de sedimentación, asegurando una mejor sedimentación (por ejemplo aumentando las dimensiones de la piscina o instalar una piscina adicional).
Integridad estructural del sistema de tratamiento de aguas		Deficiencias observadas en la integridad estructural, por ejemplo la presencia de fugas o deficiencias en el sistema de canales o geomembrana, deben ser reportadas junto con las acciones correctivas adoptadas.

El monitoreo de la calidad de efluentes mineros debe considerar lo estipulado en el Plan de Monitoreo Ambiental del instrumento ambiental aprobado, tomando en cuenta los impactos ambientales identificados y en particular las fluctuaciones en cantidad y calidad de los efluentes. Como mínimo se debe monitorear los parámetros especificados en D.S. 010-2010 MINAM

anualmente (ver Tabla 5.1) y el análisis debe ser realizado en laboratorios acreditados ante INDECOPI.

Se recomienda incluir los resultados rutinarios de monitoreo según Tabla 2.2 en el informe de Monitoreo Ambiental con carácter de declaración jurada. Los resultados son indicadores importantes para evaluar fluctuaciones y tendencias en la calidad de los efluentes.

2.4.1 Monitoreo de Turbidez

En contraste a la medición de Sólidos Totales Suspendidos (STS) que solamente puede ser realizado en un laboratorio bajo condiciones estandarizadas, la turbidez puede ser monitoreada fácilmente en el campo. A pesar de que la correlación entre turbidez y la concentración de sólidos totales depende del tipo y tamaño de los partículas en suspensión (Warner et al. 2002; Low Hui et al. 2011; Hannouche et al. 2011), se puede concluir que una concentración de sólidos totales suspendidos de 50 mg/L genera típicamente una turbidez en un rango de 40 y 80 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) con un promedio de aproximadamente 60 NTU.

Se debe enfatizar que el monitoreo de la turbidez solamente es una estimación de la concentración de los STS y no puede reemplazar por completo el LMP de STS, parámetro de cumplimiento obligatorio que debe ser monitoreado de acuerdo al Plan de Monitoreo definido en el instrumento ambiental. Sin embargo, el monitoreo de la turbidez es útil para un control rutinario de la calidad de los efluentes, antes de su descarga a un cuerpo de agua superficial natural o al suelo. La turbidez en el campo se mide usando un turbidímetro que mide la luz dispersa en un ángulo de 90° o alternativamente un con un simple tubo de turbidez que en su forma básica consiste en un tubo de metacrilato transparente graduado con un punto negro dibujado en el fondo.

2.4.2 Monitoreo de pH

La medición del pH puede ser realizado con un pH-metro electrónico. Sin embargo, debido a la frecuente ausencia de estándares o buffers en el campo que son requeridos para la verificación de la calibración del equipo, se recomienda el uso de tiras para medir el pH entre pH 1 y 14 con una resolución de ± 0.5 a 1 unidades de pH.

Debe enfatizarse que el uso de equipos electrónicos para la medición de la turbidez o del pH requiere un control de la calibración por medio de estándares adecuados (de preferencia certificados) con fecha de vencimiento vigente, antes de la realización de cada medición.

3. Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para el Manejo de Aguas Servidas Domésticas y Excretas Humanas en la PM y MA

En los centros mineros de la PM y MA, la contaminación ambiental y de salud por la no existencia o inadecuadas instalaciones sanitarias, además de la descarga incontrolada de aguas servidas domésticas y de excretas humanas, es un problema común.

Las aguas servidas domésticas contienen una variedad de potenciales contaminantes, incluido organismos patógenos contagiosos excretados por individuos enfermos o de portadores sanos, aceites y grasa, detergentes y otros restos de productos químicos domésticos como solventes, medicamentos, etc. La mayoría de los centros mineros de la PM y MA fueron diseñados como campamentos temporales, sin una estructura adecuada de saneamiento básico o tratamiento de aguas servidas.

El objetivo general de establecer BPGA para el manejo de aguas servidas y excretas humanas es la protección de la salud de la población y del medio ambiente en centros mineros de la PM y MA.

3.1 Situación Legal

Tanto el D.S. 023-2005-Vivienda, como la Ley 28870 priorizan los sistemas de saneamiento referidos a tratamiento de las aguas servidas. Sin embargo, en la práctica se presentan problemas de diseño adecuado y de disponibilidad de recursos para un tratamiento de aguas servidas domésticas en los centros mineros.

A nivel nacional, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), conduce, norma, orienta y promueve el desarrollo planificado de las estructuras urbanas en forma equilibrada, para contribuir al crecimiento de la infraestructura para vivienda y del equipamiento y sostenibilidad de los servicios urbanos, protegiendo y mejorando la calidad del ambiente.

La Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N° 27972 de 2003) establece una serie de competencias ambientales o de relevancia ambiental para los municipios. Según su Artículo 80, las municipalidades, en materia de saneamiento, salubridad y salud, ejercen las siguientes funciones:

“Funciones específicas exclusivas de las municipalidades provinciales:

- Regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial.
- Regular y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente.

Según el Artículo 16, los municipios coordinan con los otros organismos del sector público la mejor prestación de los servicios de interés local. Los organismos centrales y regionales del Sector Público prestan a las municipalidades la asistencia técnica necesaria para el cumplimiento de sus fines y supervisan tales servicios de manera que cumplan con las normas técnicas respectivas. El Instituto Nacional de Fomento Municipal es parte esencial de dichos servicios.

En los aspectos relacionados con la gestión ambiental de la PM y MA, la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales (Ley No 27867) establece que “en materia de energía, minas e hidrocarburos (los gobiernos regionales) tienen la función de fomentar y supervisar las actividades de la PM y MA en sus etapas de la exploración y explotación de los recursos mineros de la región con arreglo a Ley”. Asimismo, el artículo 14° de la Ley No 27651, Ley de Formalización y

Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal, modificado por el Decreto Legislativo No 1100, establece “los gobiernos regionales tienen a su cargo la fiscalización, sanción y demás facultades que les han sido transferidos en el marco del proceso de descentralización”.

Por lo tanto, en el marco de una gestión mancomunada coordinada y concertada con los municipios, la ARMA como autoridad ambiental competente de la región Arequipa supervisará y fiscalizará el cumplimiento con las BPGA respecto a un manejo adecuado de aguas servidas domésticas y excretas humanas dentro de las concesiones mineras de la PM y MA. Fuera de las concesiones, las municipalidades correspondientes están obligadas a realizar las acciones que correspondan para la protección de la calidad ambiental dentro de su jurisdicción.

3.2 Definición de Buenas Prácticas de Prevención y Mitigación

- a) Queda prohibido la disposición de excretas o aguas servidas al suelo o cuerpos de agua natural sin previo tratamiento en centros mineros, sean temporales o permanentes.
- b) Debe instalarse una infraestructura que cumpla su cometido al momento de crear barreras sanitarias ante la disposición de desechos líquidos, disposición de excretas y demás prácticas higiénicas.
- c) Para la disposición final de excretas en seco deben instalarse como mínimo letrinas sanitarias.
- d) Las letrinas deben cumplir con las siguientes Buenas Prácticas:
 - i. No deben contaminar las aguas subterráneas o superficiales que puedan servir de fuente de agua potable para uso doméstico o riego de plantas de tallo corto. No se permite la instalación de letrinas donde la base del hoyo llega al nivel de la napa freática, en cualquier momento del año.
 - ii. Deben tener una distancia mínima de 15 metros a pozos de agua, usados para consumo humano o animal.
 - iii. Deben tener una distancia mínima de 5 metros a viviendas.
- e) Instalaciones diseñadas para más de 50 personas deben contar con un tanque séptico con una capacidad suficientemente grande para recibir los efluentes de baños, duchas, cocina, etc.
- f) Los tanques sépticos deben cumplir con las siguientes Buenas Prácticas:
 - i. Deben tener un mínimo de 1.50 m distancia a construcciones, límites de terrenos, sumideros o campos de infiltración.
 - ii. Deben ser mínimamente 15.0 m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.
 - iii. Deben ser construidos de hormigón u otro material suficientemente impermeable para evitar la infiltración al subsuelo y la contaminación de cuerpos de agua.
 - iv. Deben ser limpiados y mantenidos frecuentemente, antes de una colmatación con peligro de rebalse de excrementos.

Para el diseño y la construcción de letrinas y tanques sépticos se recomienda considerar estándares generalmente aceptados, incluyendo por ejemplo:

- Norma Técnica Peruana I.S. 010 (instalaciones sanitarias)
- Norma Técnica Peruana I.S. 020 (tanques sépticos)
- Especificaciones técnicas para el diseño de letrinas ventiladas de hoyo seco de la Organización Panamericana de Salud (CEPIS 2003)

4. Buenas Prácticas de gestión ambiental para el manejo de residuos sólidos domésticos en la PM y MA

Un problema común en centros mineros de la PM y MA es la contaminación de suelos y cuerpos de agua por un mal manejo de residuos sólidos domésticos. Aparte de la contaminación de suelos y cuerpos de agua, un mal manejo de residuos sólidos causa un riesgo para la salud de la población por la proliferación de vectores y roedores. Además afecta negativamente al paisaje por la degradación estética y por ende daña el potencial turístico de la región.

El objetivo general de establecer BPGA de residuos sólidos domésticos en la PM y MA es la protección de la salud de la población y del medio ambiente en los centros mineros.

4.1 Situación Legal

Las competencias para la supervisión y fiscalización de la gestión de residuos sólidos domésticos en forma general y específicamente en la PM y MA se encuentran definidos en:

- Ley N° 27314 (Ley de Residuos Sólidos) de 2000
- Decreto Legislativo N° 1065 de 2008
- Ley N° 27972 (Ley Orgánica de Municipalidades) de 2003

El artículo 12 de la Ley de Residuos Sólidos (Ley N° 27314 del año 2000) fue modificado por el Artículo 1 del Decreto Legislativo N° 1065, publicado el 28 de junio 2008, cuyo texto es el siguiente:

“Artículo 12.- Coordinación y concertación - La gestión de los residuos sólidos de responsabilidad municipal en el país debe ser coordinada y concertada, especialmente en las zonas conurbadas, en armonía con las acciones de las autoridades sectoriales y las políticas de desarrollo regional. Las municipalidades provinciales están obligadas a realizar las acciones que correspondan para la debida implementación de esta disposición, adoptando medidas de gestión mancomunada, convenios de cooperación interinstitucional, la suscripción de contratos de concesión y cualquier otra modalidad legalmente permitida para la prestación eficiente de los servicios de residuos sólidos, promoviendo su mayor cobertura y la mejora continua de los mismos.”

El Artículo 34 del mismo Decreto Legislativo define para las competencias de la fiscalización que “el manejo de residuos sólidos y de las infraestructuras de residuos sólidos son fiscalizados de conformidad con las normas establecidas por los sectores, organismos reguladores, gobiernos regionales y municipalidades provinciales, correspondientes, los cuales están facultados para emitir normas complementarias o para el efectivo cumplimiento de sus funciones, en el marco de lo establecido por la presente Ley. Los generadores, operadores, EPS-RS y EC-RS deben facilitar el ingreso a sus instalaciones y el acceso a sus documentos técnicos y administrativos pertinentes, al personal acreditado para cumplir dicha función.”

La Ley N° 27972 establece una serie de competencias ambientales o de relevancia ambiental para los municipios. Según el Artículo N° 80, las municipalidades, en materia de saneamiento, salubridad y salud, ejercen las siguientes funciones:

“Funciones específicas exclusivas de las municipalidades provinciales:

- Regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial.

- Regular y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente.

Según el Artículo 6º del D.S. N° 057-2004-PCM, DIGESA aprueba el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) de los proyectos de infraestructura de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos con excepción de aquéllas que se construyan al interior de las instalaciones productivas, concesiones de extracción o aprovechamiento de recursos naturales de responsabilidad del generador, en cuyo caso serán aprobados por las autoridades sectoriales competentes debiendo contar con la opinión favorable de la DIGESA en la parte relativa a la infraestructura de residuos sólidos.

En centros mineros fuera de concesiones de extracción o aprovechamiento de recursos naturales, la recolección y disposición final de residuos sólidos es responsabilidad de los municipios. Durante las visitas de supervisión, la ARMA verificará las buenas prácticas del manejo de residuos sólidos y reportará las deficiencias a los gobiernos municipales correspondientes para iniciar las acciones correctivas.

4.2 Definición de Buenas Prácticas para la gestión ambiental de residuos sólidos domésticos en la PM y MA

- a) El manejo de residuos sólidos domésticos debe estar incorporado en el instrumento ambiental y forma parte del proceso de la certificación ambiental. Cada instalación de disposición final de residuos sólidos dentro de una concesión de extracción o aprovechamiento de recursos naturales requiere la aprobación por la ARMA con opinión favorable de la GREM y DIGESA en la parte relativa a la infraestructura.
- b) En cumplimiento con el artículo 17 del D.S. N° 057-2004-PCM, queda prohibida la quema artesanal o improvisada de residuos sólidos.
- c) Debido a que la producción de residuos sólidos en centros mineros de la PM y MA generalmente es baja, y que estos se encuentran alejados de municipios que prestan un servicio de recolección de residuos domésticos, el titular del proyecto tiene la obligación de implementar una disposición adecuada, utilizando por ejemplo el denominado "enterramiento cubierto" o "micro-relleno sanitario".
- d) Está prohibido la disposición de residuos sólidos domésticos de forma incontrolada en el suelo, mucho menos dentro o en proximidad de cuerpos de aguas naturales.
- e) El enterramiento cubierto puede realizarse en depresiones naturales, socavones de minas abandonados, trincheras o zanjas, hechas para el propósito. El área elegida no debe representar ningún riesgo evidente para la contaminación de un cuerpo de agua natural o para la población.
- f) Antes de la disposición final de residuos sólidos domésticos, debe realizarse una segregación de los residuos, separando residuos peligrosos (baterías, solventes, trapos con aceites y grasas, restos de medicamentos, etc.) para su entrega a una EPS (empresa privada de servicios) o alternativamente disponerlos en un sitio adecuado con autorización ambiental. Además, se recomienda segregar residuos que pueden ser reciclados (plásticos, vidrio, metales, papel).
- g) La poza artesanal de enterramiento cubierto debe cumplir con las siguientes características mínimas:
 - i. Debe ser localizada en un área geológicamente estable (sin riesgo evidente de deslizamientos o derrumbes), seca, no inundable y a una distancia no menor a 100 metros de cuerpos de agua (considerando la faja marginal), poblaciones, áreas agrícolas, áreas protegidas, u otras áreas sensibles.

- ii. El terreno no debe presentar filtraciones ni debe estar dentro de quebradas o zonas de inundación. La base debe ser cubierta por tierra de tipo arcilla y la napa freática debe estar más bajo que el punto más bajo de la poza en cualquier momento del año.
 - iii. Luego de la colmatación debe ser compactado y cubierto con un mínimo de 30 cm de tierra.
 - iv. Se recomienda cerrar la poza una vez que la basura se acumule aproximadamente 0.50 metros respecto a la superficie del suelo de la poza.
- h) La responsabilidad de ejecución física de estas actividades dentro de una concesión de extracción o aprovechamiento de recursos naturales está a cargo del operador o titular del instrumento de gestión ambiental.

5. Buenas Prácticas para el almacenamiento de combustibles, lubricantes u otras sustancias peligrosas

El inadecuado almacenamiento de combustibles y lubricantes es una de las causas más importantes de la contaminación de suelos y cuerpos de agua en la PM y MA. Por lo tanto, es importante que estos productos y otras sustancias peligrosas sean almacenadas en áreas, lugares y ambientes que reúnan condiciones y garanticen su seguridad, evitando una contaminación del medio ambiente en caso de derrame o accidente.

5.1 Marco Legal

- D.S. N° 043-2007-EM: Reglamento de Seguridad para las Actividades de los Hidrocarburos
- D.S. N° 015-2006-EM: Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos combustible, lubricantes u otras sustancias peligrosas
- D.S. N° 052-93-EM: Reglamento de Seguridad para Almacenamiento de Hidrocarburos
- D.S. N° 026-94-EM: Reglamento de Seguridad para el Transporte de Hidrocarburos
- Norma Técnica A.130 – Requisitos de Seguridad
- D.S. N° 055-2010-EM: Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería

5.2 Definición de Buenas Prácticas de Prevención y Mitigación

En forma general, combustible, lubricantes u otras sustancias peligrosas deben ser almacenados de tal manera que evite una contaminación del suelo o cuerpos de agua naturales en caso de un derrame.

El almacenamiento de cantidades mayores requiere de medidas preventivas especiales. Cantidades de combustibles y/o lubricantes por encima de 200 litros (aproximadamente 50 galones) deben ser almacenadas considerando los siguientes criterios mínimos:

- a) El almacenamiento debe estar ubicado en una zona que reduzca el riesgo por posibles emisiones, fugas e incendios. No se permite establecer un almacén en zonas de inundación o en una distancia menor a 100 metros de un cuerpo de agua superficial o fuente de agua potable.
- b) El almacenamiento de sustancias peligrosas debe ser físicamente separado de las viviendas para evitar accidentes por acceso incontrolado.
- c) El almacenamiento debe tener una debida señalización (letreros, carteles, etc.), indicando la peligrosidad del lugar y las medidas de precaución que deben seguirse.
- d) El almacenamiento debe estar construido bajo los siguientes criterios:
 - i. debe tener un piso impermeabilizado (losa de concreto o geomembrana de PVC);
 - ii. debe contener una contención secundaria con canaletas y fosas de retención para captar los residuos y posibles derrames que fluyan al exterior del almacenamiento;
 - iii. la contención debe tener una capacidad de 110% del volumen del contenedor más grande del depósito;
 - iv. debe estar construido con materiales no inflamables y resistentes a las sustancias que se van a almacenar;
 - v. debe estar bien ventilado;
 - vi. debe tener un techo en zonas con altas precipitaciones para proteger el contenido por las lluvias.

- e) Los contenedores o recipientes de sustancias peligrosas deben ser debidamente identificados, respecto al etiquetado u otro medio normalizado con el nombre comercial, científico y/o fórmula y características y grado de peligrosidad de la(s) sustancia(s).
- f) Debe existir un control de acceso al almacenamiento de sustancias peligrosas (por ej. puerta asegurada con candado).
- g) Se debe contar con “Hojas de Seguridad” de las sustancias almacenadas, incluyendo información sobre la peligrosidad, adecuada manipulación, medidas a tomar en contingencias y su adecuada disposición final.
- h) El almacén debe tener un sistema para la lucha contra incendios (como mínimo un extintor tipo ABC).
- i) Para el almacenamiento de mercurio y cianuro, se debe considerar las características especificadas en los documentos específicos para el manejo de estas sustancias en la PM y MA⁷.

Imagen N° 1: Ejemplo de un almacén de combustible y lubricantes



⁷ Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para Plantas Hidrometalúrgicas de la PM y MA que utilizan Cianuro. y Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para la pequeña minería y minería artesanal que trabajan con Mercurio.

6. Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para la disposición temporal y final de relaves u otros residuos peligrosos mineros

Las BPGA para la disposición temporal y final de relaves u otros residuos peligrosos mineros presentados a continuación no son exhaustivos pero cubren una gran parte de los impactos negativos causados por la PM y MA.

Los relaves se definen como los desechos minerales sólidos o líquidos (pulpa) con partículas de granulometría entre arena y limo, provenientes de procesos como la concentración gravimétrica, cianuración o amalgamación. Los relaves en forma de pulpa son los que tienen el potencial más alto para contaminar el medio ambiente por su gran inestabilidad y la presencia de lixiviados tóxicos.

Debido a que el manejo de los relaves y colas dependen de las características del lugar y del material depositado, los impactos no previstos en los presentes Buenas Prácticas deben ser mitigados de acuerdo a procedimientos aceptados por las autoridades competentes. Entre las guías referenciales para el manejo de relaves se tiene:

- *Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros*, MEM (1995), aprobado por: R.D. N°035-95-EM/DGAA.
- *Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Residuos Sólidos provenientes de Actividades Mineras*, MEM (1998), aprobado por: R.D. No. 034-98-EM/DGAA.
- *Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para la pequeña minería y minería artesanal trabajando con Mercurio*; Anexo 1 - Caracterización de materiales contaminados con mercurio.
- *Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para Plantas Hidrometalúrgicas usando Cianuro en la PM y MA* (Sección 6 de esta guía).

6.1 Objetivos en el Manejo Ambiental adecuado de Relaves

En forma general, en el manejo de los relaves existen dos criterios importantes a considerar: la seguridad (i.e. estabilidad física de los depósitos de relaves) y la protección del medio ambiente. Mientras la seguridad y la protección de los trabajadores son un problema común y de alta importancia, el presente documento en primera instancia define buenas prácticas de prevención y mitigación para la protección del medio ambiente. La meta principal es mantener los relaves y el agua de proceso fuera de las quebradas, ríos, lagos o bofedales, no sólo durante la operación de la mina sino por un período indefinido de tiempo posterior a su cierre.

Los objetivos de un manejo adecuado de relaves son los siguientes:

- a) La estabilidad física de los depósitos de relaves debe estar asegurada durante la operación, cierre y a lo largo del período de post-cierre.
- b) La seguridad de las poblaciones potencialmente afectadas tiene prioridad. A pesar de que ciertas medidas de mitigación ambiental pueden entrar a menudo en conflicto con requerimientos de estabilidad física, este objetivo no puede ser comprometido.
- c) La migración de contaminantes a través del aire, agua superficial o subterránea debe ser minimizada. Durante el período de operación podrían requerirse medidas estructurales (por ejemplo recubrimientos para reducir la infiltración) a fin de cumplir con este objetivo.
- d) Los depósitos de relaves deben alcanzar una calidad que asegure la estabilidad de los mismos luego de la etapa de beneficio, sin la necesidad anticipada o pronosticada de

mantenimiento, reparación o intervención en la etapa de cierre y abandono. La sismicidad de la zona es un parámetro de riesgo que debe ser considerado en el estudio y construcción de pozas relaveras.

- e) En el caso de uso de sustancias peligrosas como el mercurio o cianuro, será importante conocer las características eco-toxicológicas del material depositado para evitar daños mayores en el futuro. Una clasificación de residuos contaminados se encuentra en el Anexo 3.

6.2 Buenas Prácticas en el Manejo Ambiental de Relaves

Se establece los siguientes BPGA para el manejo de relaves u otros residuos peligrosos mineros, dependiendo si el almacenamiento es temporal o permanente (o sea una disposición de hecho final de relaves). Se considera una disposición como temporal si en un promedio la disposición del material no excede unos 3 meses y además se puede verificar que el depósito está diseñado para un almacenamiento temporal.

6.2.1 Almacenamiento temporal

- a) Los relaves deben ser almacenados en condiciones que garanticen que no haya una contaminación del medio ambiente o alguno de sus componentes. Para tal efecto, deben tener una contención adecuada que garantice la impermeabilidad y protección del suelo.
- b) En áreas con frecuentes precipitaciones en la época de lluvia (alrededor de 200 mm/m² precipitación promedio anual) o en pendientes con peligro de escorrentías en época de lluvias, debe contar con sistemas de canales de coronación de agua para evitar pérdidas de material e infiltraciones de lixiviados en el suelo.
- c) Los depósitos de relave deben considerar las medidas técnicas necesarias para minimizar la emisión de material particulado por la erosión eólica, recomendándose mantener húmedo los relaves y/o usar materiales geosintéticos u otros de características similares para la cobertura.
- d) Debe reportarse el manejo de relaves en el informe del monitoreo anual, utilizando el formulario adjunto en el Anexo 4.

6.2.2 Disposición final de relaves

- e) Queda terminantemente prohibida la disposición final de relaves sin contar con la certificación ambiental.
- f) La relavera debe cumplir con los Buenas Prácticas de seguridad para garantizar la estabilidad física del depósito (ver R.D. N° 440-96-EM/DDGM y R.D. N° 224-97-EM/DDGM).
- g) Queda terminantemente prohibido la descarga de relaves u otros desechos mineros en una distancia menor a 100 metros a zonas urbanas u otras áreas sensibles como cuerpos de agua, incluyendo lechos de ríos o arroyos llevando agua esporádicamente.
- h) En el caso de la disposición final de relaves, debe realizarse un análisis químico para evaluar la concentración de potenciales contaminantes como metales pesados, metaloides y/o cianuro en el material como en el lixiviado. Basándose en los resultados del análisis, debe caracterizarse el material de acuerdo a los lineamientos establecidos en el Anexo 3 para definir los requerimientos de la disposición final:
 - Los relaves clasificados como “*residuos no peligrosos*” (ver Sección 6.3) en general no requieren de un control de la infiltración como un recubrimiento sintético utilizando una geomembrana. Sin embargo, en caso de condiciones geológicas no

favorables, la presencia de acuíferos importantes u otros factores sensibles ambientales, la ARMA puede exigir la implementación de un control de infiltraciones.

- Los relaves clasificados como “*residuos peligrosos*” solamente pueden ser dispuestos en relaveras con un recubrimiento impermeable, de acuerdo a especificaciones establecidas⁸. La Autoridad Ambiental competente solicitará un estudio hidrogeológico en áreas donde exista un potencial riesgo de contaminación de acuíferos.
 - Para la disposición final de relaves clasificados como “*residuos muy peligrosos*” por su muy elevada concentración de contaminantes en el material y/o lixiviado, debe realizarse un estudio de ingeniería para evaluar las posibilidades de estabilización físico-química del material. Ningún relave clasificado como residuo muy peligroso debe ser dispuesto sin previa estabilización, cuya eficiencia debe ser verificado en ensayos de lixiviación y aprobada por la ARMA (ver Sección 6.3).
 - Materiales conteniendo minerales sulfurosos tienen el potencial de la formación de aguas ácidas. En zonas climáticas con frecuentes precipitaciones y la sospecha de una presencia de minerales sulfurosos con un contenido de azufre por encima de 0,3%, se debe determinar el potencial de la formación de aguas ácidas (en un laboratorio acreditado) para establecer los requerimientos de una estabilización del material utilizando cal o equivalente⁹, previa disposición final.
- i) El agua descargada en un cuerpo de agua natural o al suelo debe cumplir como mínimo con los LMP establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM (ver Capítulo 5). Queda prohibida la descarga directa de las aguas de proceso (lixiviado) de un dique de relaves sin previo tratamiento.
- j) Se debe implementar un plan de cierre de la relavera que típicamente incluye la construcción de una cobertura adecuada, considerando parámetros como la composición química y toxicidad del relave, condiciones climatológicas de la zona, posibilidades de una revegetación, control de la infiltración de aguas pluviales, entre otros. El plan de cierre debe ser aprobado por la ARMA.

6.3 Caracterización de la Peligrosidad de Residuos Mineros

6.3.1 Clasificación como residuo normal o residuo peligroso o muy peligroso

Un material con concentraciones de uno o más contaminantes por encima de niveles críticos en el material y/o lixiviado debe ser manejado de tal forma que evite un riesgo no aceptable para la vida humana y/o el ecosistema en general.

Aparte de los ECA establecidos para la calidad de suelos en el D.S. 002-2013 MINAM, no existe en el Perú una caracterización explícita de un residuo minero respecto a su peligrosidad. Debido a que los ECA para suelos son definidos de acuerdo al uso del suelo y no para la caracterización de un residuo minero, no son aplicables para la clasificación de la toxicidad de relaves. Por lo tanto, en el presente documento se toma como referencia la experiencia en la caracterización de residuos del Ministerio del Medio Ambiente de Australia (NSW EPA 2009). Esta institución realizó

⁸ Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para Plantas Hidrometalúrgicas de la PM y MA que utilizan Cianuro (Sección 6.2, Uso de Geomembranas).

⁹ Realizando por ejemplo un análisis ABA (recuento ácido-base) para evaluar su efectivo potencial de la generación de aguas ácidas

una de las caracterizaciones más avanzadas de un material peligroso respecto a su manejo y disposición, basándose en estudios recientes de la ecotoxicología y toxicología humana.

Según la normativa Australiana, un material impactado por contaminantes es clasificado de acuerdo a la concentración del contaminante, tanto en el material mismo como en el lixiviado. La concentración del contaminante en el lixiviado determina la biodisponibilidad y por ende la toxicidad. La clasificación de un residuo con metales pesados y cianuro basándose en la concentración promedio en el material y la concentración en el lixiviado según el ensayo TCLP está presentada en las Tablas A1 y A2 en el Anexo 3.

6.3.2 Muestreo de Relaves o acopios de residuos

El muestreo de relaves debe ser realizado por personal capacitado, debido a que la distribución de los contaminantes en los relaves generalmente no es homogénea. Para realizar un muestreo lo más representativo posible, se recomienda dividir el relave en sectores. Luego se toma muestras de diferentes profundidades que pueden ser unidas para la preparación de muestras compuestas de dos a tres sub-muestras. Debido a que generalmente los contaminantes se encuentran en la fracción de las partículas finas, es recomendable eliminar piedras y otro material grueso. Las muestras potencialmente conteniendo mercurio o cianuro deben ser transportadas en contenedores de vidrio o plástico herméticamente cerrados. Para minimizar una evaporación del contaminante, se recomienda mantener las muestras a una temperatura baja durante todo el transporte hasta el laboratorio, usando preferiblemente hielo en bolsas de plástico cerradas.

En la Tabla 6.1 se presenta el número mínimo de muestras que se debería tomar de un relave, basándose en consideraciones estadísticas [EPA Victoria 2009].

Tabla 6.1 Número mínimo de muestras para un acopio de residuos o relave

Volumen [m ³]	Número de muestras
<75	3
75-100	4
100-150	6
150-2 000	8
>2 000	1 muestra cada 250 m ³ [10]

6.3.3 Estabilización de Relaves u otros residuos

Los materiales caracterizados como muy peligroso por su alto contenido de contaminantes deben ser tratados antes de su disposición final. Existen diferentes posibilidades de tratamiento para reducir la cantidad del residuo que debe ser estabilizado antes de su disposición final en un relleno de seguridad o encapsulados en una celda de confinamiento. Una concentración gravimétrica muchas veces es capaz de reducir la cantidad del residuo y los costos de su estabilización antes de su disposición final. La estabilización es necesaria para minimizar el impacto ambiental después de la vida útil de una primera barrera, típicamente una geomembrana. El fin de la estabilización es

¹⁰ El número propuesto de muestras en relaves con volúmenes por encima de 200 m³ se base en el cálculo del UCL95 (límite de confianza superior de 95% del promedio, o sea donde con una probabilidad de 95% la concentración es menor que el valor calculado de UCL95).

disminuir la movilidad y por lo tanto la biodisponibilidad y consecuentemente la toxicidad del contaminante. Una estabilización es considerada exitosa si se logra reducir la concentración en el lixiviado del ensayo TCLP (ensayo de lixiviación) por debajo de niveles aceptables. Existe una variedad de técnicas para la estabilización de residuos peligrosos, incluyendo el uso de productos químicos como la aplicación de barreras físicas que son capaces de reducir la toxicidad del material en forma definitiva.

Las relaveras muchas veces pueden ser estabilizadas utilizando una cobertura adecuada de baja permeabilidad (arcilla u otros materiales), con el uso de equipo de construcción convencional, colocando y compactando el material. La cobertura convenientemente inclinada y nivelada, previene la acumulación de las escorrentías y reduce la infiltración en condiciones de post-clausura, a la vez que restringe simultáneamente el ingreso de oxígeno a los relaves controlando de esta manera la formación de aguas ácidas de mina. Más detalles sobre la estabilización de relaveras se encuentran en la *Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros* (R.D. No. 035-95-EM/DGAA).

Cada método de estabilización debe ser aprobado por la ARMA previa aplicación.

6.3.4 Encapsulamiento de residuos contaminados

Suelos en sitios que según el D.S. 002-2014 MINAM requieren una remediación para bajar el riesgo para la salud humana o el ecosistema a niveles aceptables, deben ser descontaminados o dispuestos en un sitio seguro.

Para su disposición final, la opción de un encapsulamiento bajo tierra es una opción que siempre debería ser considerada debido a la escasez de rellenos de seguridad y de otros métodos de tratamiento de residuos contaminados en la región de Arequipa.

Para un encapsulamiento, el material de impermeabilización preferible es una geomembrana [Ulises Ruíz Saucedo 2003]. Las geomembranas son láminas homogéneas aislantes constituidas por un material sintético con un espesor entre 1.0 y 2.5 mm. Se utilizan en la construcción de celdas de confinamiento y rellenos sanitarios debido a su resistencia contra ataques químicos, resistencia física y su flexibilidad. Por lo común están constituidos por polietileno de alta densidad (HDPE), Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Poliéster (PET), Cloruro de Polivinilo (PVC) o Poliamida (PA). En general, una geomembrana de PVC es reconocida como la más durable y segura debido a su alta resistencia y durabilidad. La vida útil de una geomembrana aproximadamente es entre 15 y 50 años, dependiendo del material, espesor, tipo de residuos, exposición a la luz y clima, estabilidad geológica del terreno, etc. Luego de este tiempo, el segundo nivel de barreras, la barrera geológica, debe ser capaz de mantener el contenido del depósito sin causar un riesgo para el medio ambiente y la salud de la población.

Está fuera del alcance del presente documento describir en detalle la construcción de una celda de encapsulamiento con una geomembrana en el presente documento. Detalles técnicos se encuentran en el D.S. N° 057-2004-PCM y en guías internacionales, por ejemplo en la publicación de la GIZ México, editado por Ulises Ruíz Saucedo [Ulises Ruíz Saucedo 2003]. En la región de Arequipa, hasta la fecha no se conoce ningún sitio donde esta técnica de encapsulamiento haya sido aplicada. Sin embargo, por la ausencia de rellenos de seguridad establecidos, un encapsulamiento en la cercanía del lugar de generación del residuo es una opción que puede ser considerada bajo ciertas condiciones que son resumidas a continuación.

En forma general, para que la opción de un encapsulamiento de residuos mineros bajo tierra sea factible, se debe considerar los siguientes criterios:

1. Debe realizarse un estudio de los residuos, explicitando el origen, tipo, volumen, características físicas, químicas, tóxicas entre otras; sustentados con ensayos de un laboratorio acreditado.
2. La localización de un relleno de seguridad para residuos peligrosos deberá estar en un área geológicamente estable y de fácil acceso. No se permite la instalación en áreas con pendientes pronunciadas con peligro de derrumbes y/o deslizamientos.
3. No esté dentro o cerca de áreas naturales protegidos, zonas urbanas, comerciales, turísticas, recreacionales u otras áreas sensibles. Según Artículo 69° del D.S. N° 057-2004-PCM, deberán ubicarse a una distancia no menor de mil (1000) metros de poblaciones así como de granjas porcinas, avícola, entre otras.
4. No esté ubicada a una distancia inferior de 150 m de carreteras troncales.
5. La celda de confinamiento debe estar en una distancia mayor a 150 metros de un cuerpo de agua superficial (lagos, lechos de ríos, quebradas, etc.), zonas de inundación frecuentes, zona de captación de pozos, fuentes de agua potable, o zonas donde se recarguen acuíferos.
6. La profundidad de la napa freática debe estar un mínimo de 2 metros por debajo del punto más bajo de la celda, en cualquier momento del año.
7. Se debe usar un diseño considerando los lineamientos internacionalmente aceptados, considerando criterios importantes como la selección de la geomembrana, drenaje de aguas infiltrados, capa de drenado, etc.
8. Lodos húmedos deben ser secados antes de ser encapsulados.
9. Relaves o residuos que requieren una estabilización, deben ser tratados previa encapsulación; cada tratamiento debe ser aprobado por la ARMA.
10. Debe realizarse una impermeabilización de la base y los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados. Por lo tanto, el subsuelo deberá demostrar una permeabilidad de $K_f \leq 10^{-9}$ m/s y una profundidad mínima de 0.50 m, salvo que se cuente con una barrera geológica natural para dichos fines, lo cual estará sustentado técnicamente. El grado de compactación de la superficie de soporte para la celda deberá de tener una densidad $\geq 95\%$ como densidad Proctor [Ulises Ruíz Saucedo 2003]. El material de fundamento deberá contener por lo menos 10 % en peso de minerales de arcilla altamente adsortiva. Los suelos con las siguientes texturas son adecuados para soportar una celda de confinamiento: Arcillas, arcillas limosas, arcillas migajosas, migajon-limosos y suelos semejantes. La textura del suelo debe de ser homogénea en el área total a ocupar por la celda.
11. La geomembrana debe tener un espesor mínimo de 2.0 mm y se debe proteger la geomembrana con un geotextil adecuado.
12. Para el abandono, la celda de confinamiento deberá ser cubierta mínimamente con 0.5 m de suelo limpio y se debe instalar una cerca para controlar el acceso al predio. También se deberá instalar un letrero indicando que es prohibido realizar excavaciones en el sitio por la presencia de residuos peligrosos.
13. No se permite construir este tipo de celdas de confinamiento en sitios con subsuelos ricos en grietas o con estratos rocosos porosos y agrietados.
14. No deben existir especies vegetales o animales en peligro de extinción en el área si existe un riesgo que pueden ser dañados por la presencia del relleno.

15. Debe considerarse la instalación de dispositivos de control y monitoreo ambiental, como, impermeabilización, pozos de monitoreo, drenes y sistemas de tratamiento de lixiviados.
16. Deben existir sistemas contra incendios y dispositivos de seguridad de acuerdo a las características del sitio.
17. Otros requisitos establecidos por Ley (D.S. N° 057-2004-PCM u otros si correspondan).

Es obligatorio obtener un permiso de la autoridad competente (DIGESA) para la construcción de una celda de confinamiento, antes de la construcción de la misma. Se deberá presentar como mínimo la siguiente información:

1. Ubicación geográfica con coordenadas UTM y datum WGS84 o PSAD56
2. Plano de ubicación de la celda de confinamiento con una visualización de los componentes del proyecto, centros poblados cercanos, vías de accesos, hidrografía y otros a una escala no mayor a 1:10000.
3. Cantidad de residuos a disponer
4. Características físicas y químicas de los residuos,
5. Nombre y distancia de poblaciones en radio menor a 1 km,
6. Detalles sobre la geología e hidrología de la ubicación,
7. Riesgos geológicos y sísmicos en la zona,
8. Profundidad y uso actual del agua subterránea,
9. Distancia a cuerpos de agua superficial,
10. Uso actual de la tierra,
11. Información sobre la flora y fauna del área (incluyendo proximidad de áreas protegidas),
12. Seguridad/protección del depósito,
13. Planos de construcción, incluyendo las características del material de impermeabilización del encapsulamiento, drenaje de agua, etc.,
14. Potenciales impactos negativos para el medio ambiente y medidas de prevención y mitigación,
15. Plan de contingencias.

Detalles del proceso de autorización por DIGESA son establecidos en el D.S. N° 057-2004-PCM.

El uso de terrenos de propiedad privada, concesiones u otros derechos adquiridos para la instalación de una infraestructura de residuos, debe contar previamente con el consentimiento expreso del titular o poseedor de los derechos de usufructo del predio, o en su defecto con una declaración expresa de necesidad pública, de acuerdo a Ley (Artículo 70° del D.S. N° 057-2004-PCM).

Artículo 72° del D.S. N° 057-2004-PCM establece que todo proyecto nuevo o de ampliación de infraestructura de residuos, debe contar con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) aprobado por la DIGESA, como requisito previo a su aprobación. Para estos efectos, se deberá contar con la constancia de no afectación de áreas naturales protegidas por el Estado, otorgada por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA); de no afectación de restos arqueológicos otorgada por el Instituto Nacional de Cultura (INC) y; de no encontrarse en un área vulnerable a desastres naturales otorgada por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

Artículo 68° del mismo decreto define que las municipalidades provinciales coordinarán con las municipalidades distritales, la Autoridad de Salud de la jurisdicción correspondiente y otras

autoridades sectoriales competentes, la evaluación e identificación de los espacios geográficos en su jurisdicción que puedan ser utilizados para la ubicación de infraestructuras de residuos. Las municipalidades provinciales, una vez definido el destino del área para infraestructura de residuos sólidos no deberán habilitar esta área para otros fines; debiendo, así mismo, respetar la intangibilidad de la zona de influencia que se establece en su contorno.

Debe existir una inspección del sitio de confinamiento mínimamente una vez por año, realizado por el concesionario. La DIGESA podrá exigir un monitoreo de la calidad de agua subterránea, suelos, estabilidad geotécnica, erosión, etc., dependiendo de las características del residuo, incluyendo los aspectos hidrogeológicos y geológicos del sitio.

7. Buenas Prácticas de Gestión Ambiental para la disposición de desmontes

Los desmontes son los desechos que se generan como producto de los trabajos de exploración, desarrollo y preparación de un yacimiento y por lo general no poseen un valor económico.

En relación con la morfología del terreno, los depósitos de desmontes suelen ubicarse en hondonadas, laderas, quebradas, llanuras, plataformas o combinaciones de algunas de estas formas. Para el diseño existen varios tipos de conformación, incluyendo vertido libre, fases adosadas, dique de pie y fases superpuestas. En la PM y MA, el vertido libre es el más usado por su bajo costo pero al mismo tiempo es la forma geotécnicamente más desfavorable por el riesgo de arrastre de material pendiente abajo.

7.1 Impactos Ambientales causados por la disposición de desmontes

En muchas minas en el Perú y en la región de Arequipa, escombros y desmontes son acumulados en una ubicación “conveniente”, usualmente sobre el curso más cercano de agua, a fin de que sean arrastradas por él.

Los desmontes o descargas de mina pueden ser una amenaza ambiental bajo las siguientes circunstancias:

1. Los desmontes de mina pueden contener arcillas u otro material fino que genera un riesgo para la contaminación de aguas superficiales (si depositado en la cercanía a ríos, riachuelos o quebradas) con partículas suspendidas y de aire por la emisión de polvo fino.
2. La colmatación de quebradas, ríos o arroyos puede generar un cambio del cauce y de la velocidad del agua superficial en época de lluvias, causando problemas de erosión hídrica, deslizamientos, inundaciones, etc.
3. Si el material aún contiene concentraciones de minerales sulfurosos, una vez en contacto con el aire comienza un proceso de oxidación con la formación de aguas ácidas en el lixiviado (drenaje de aguas ácidas). Estas aguas ácidas pueden disolver notables concentraciones de metales pesados presentes en el material, contaminando gradualmente los suelos, aguas subterráneas y superficiales.
4. Los desmontes pueden contener metales pesados y/o metaloides en cantidades por encima de niveles críticos para el medio ambiente (ver Sección 6).
5. La modificación del paisaje causa problemas socio-económicos por el daño del potencial turístico de la región. Por la falta de una estrategia y/o el cumplimiento con un plan de cierre progresivo de la zona de actividad, los desmontes de mina muchas veces tienen un impacto grande en la topografía natural del terreno y forman parte principal de la devastación del terreno trabajado.

La definición de Buenas Prácticas de prevención y mitigación ambiental tienen los siguientes objetivos principales:

- Adecuar los taludes y pendientes de las desmonteras, para realizar todas las labores de restauración y revegetación (de acuerdo a la ubicación geográfica del sitio).
- Integrar la desmontera al paisaje natural del área y evitar la colmatación incontrolada de quebradas.

- Evitar una contaminación ambiental por la formación de aguas ácidas de minas o un aumento de los sólidos suspendidos en cuerpos de agua superficiales.

7.2 Buenas Prácticas de Prevención y Mitigación en el manejo de escombros y desmontes

Para el manejo de escombros y desmontes, se establecen las siguientes Buenas Prácticas de prevención y mitigación ambiental:

1. En proyectos donde se depositaron desmontes inadecuadamente deben implementarse medidas de ingeniería correctiva (drenajes, muros de contención, etc.) para mitigar impactos ambientales y/o de seguridad. En el caso de la disposición de escombros y desmontes en la cercanía de ríos o quebradas donde existe el peligro de que sean arrastradas por el curso del agua, debe presentarse un estudio de ingeniería y definir medidas de mitigación y/o de contingencias para su implementación. Detalles geotécnicos para el manejo de desmontes se encuentra por ejemplo en el documento *Protocolos de la Evaluación Ambiental para Proyectos de la PM y MA* (ARMA 2013).
2. Los desmontes dispuestos en áreas con precipitaciones estacionales (por encima de unos 200 mm promedio por año) y en particular en la minería de minerales sulfurados, deben contar con un sistema de red de canales perimetrales en torno a su corona y pie para la recolección de las aguas pluviales de escorrentía y su tratamiento en un pozo de tratamiento y sedimentación previa descarga a cuerpos de agua naturales (ver Sección 2).
3. En el marco de un manejo adecuado durante la etapa de explotación, debe realizarse una restauración progresiva del terreno de acuerdo a los requerimientos establecidos en la Ley 28090 y su correspondiente reglamento, promulgado mediante D.S. 033-2005-EM. Para tal efecto, paralelo al avance de las actividades de desarrollo y explotación, deben establecerse medidas de ingeniería y/o una revegetación adecuada que permitan minimizar el impacto visual y la contaminación del aire por emisión de partículas en suspensión originadas por la erosión eólica.
4. Se debe mitigar la contaminación atmosférica por polvo generado durante el transporte de desmontes (ver Sección 8).

Cada operación debe asegurar la estabilidad de los taludes para evitar accidentes por deslizamientos o derrumbes, aplicando medidas de manejo como por ejemplo los definidos en la *Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Residuos Sólidos provenientes de Actividades Mineras* (Referencia de aprobación: R.D. No. 034-98-EM/DGAA).

8. Buenas Prácticas para la Prevención y Mitigación de Emisión de Polvo

El polvo es un componente natural de la atmósfera que particularmente en zonas áridas puede llegar a altos niveles durante días ventosos. La composición de partículas suspendidas en el aire representa una mezcla compleja de sustancias inorgánicas, orgánicas, polen, esporas de hongos, bacterias y virus. El impacto potencial para la salud depende de varios parámetros, incluida la concentración (número de partículas por unidad de volumen), el tamaño y distribución de las partículas y también la naturaleza mineralógica y composición química de las partículas. Los indicadores generalmente utilizados para monitorear y evaluar el riesgo para la salud humana es la concentración másica de las partículas con un diámetro por debajo de 10 micrones (PM10) y 2.5 micrones (PM2.5). Como regla general, se puede concluir que el riesgo para la salud humana es más alto si las partículas son más pequeñas. La fracción de partículas que respiramos ingresa al tracto respiratorio, pasa a través de la tráquea y se deposita en los pulmones. Dependiendo de la composición y tamaño se puede causar enfermedades como alergias, enfermedades cardiovasculares, bronquitis, enfisema, asma o en caso extremo cáncer de pulmón. Determinados asbestos pueden producir asbestosis y la sílice silicosis. Por esta razón, las actividades industriales que generan polvo con partículas muy finas – incluyendo la actividad minera – generan un riesgo para la salud humana como para el ambiente entero.

8.1 PM10 y PM2.5 como indicadores de contaminación atmosférica en la Minería

Las emisiones de polvo fugitivo en la minería son generados por actividades de extracción y beneficio, depósitos de relaves y desmontes, tráfico en trochas, producción de agregados, plantas de energía eléctrica y procesos de fabricación diversos. La minería genera una serie de emisiones a la atmósfera, incluyendo polvo (fundamentalmente durante la carga y el transporte y voladuras) y gases (pirometalurgia, escapes de vehículos). Aparte de la formación de ruido y vibraciones, la emisión de polvo fugitivo tiene el mayor impacto al ambiente como a la salud de los trabajadores como de población en general. Una amenaza particular para la salud de los mineros existe en espacios cerrados o confinados en la actividad subterránea.

El polvo generado en la minería por lo general es un conjunto de pequeñas partículas de 1 a 100 micrones de diámetro, capaces de permanecer temporalmente en suspensión en el aire. Las partículas con un diámetro entre 0.1 y 1 micron tienen un tiempo de permanencia en el aire que puede variar entre días a semanas y las partículas en el rango de 1 a 10 micrones generalmente permanecen entre horas y días antes de precipitarse (OMS 2013). Existen varias investigaciones de la composición química de las fracciones de partículas PM10 y PM2.5, tanto en el ámbito urbano como en áreas con actividades mineras (Clark 1992; Quijano Parra et al. 201; Chow et al. 1993; New Minerals Council 2013).

Las partículas PM2.5 típicamente contienen los aerosoles formados secundariamente por medio de una aglomeración gas – partícula, partículas de combustión (particularmente hollín formado por la combustión de hidrocarburos), vapores de compuestos orgánicos, vapores de óxidos de metales (por ejemplo en operaciones de fundiciones metálicas) y emisiones como resultado de voladuras (New Minerals Council 2013). Las partículas entre PM2.5 y PM10 típicamente contienen polvo inorgánico generado por erosión eólica en zonas áridas o polvo fugitivo emitido durante el uso de trochas, procesamiento de minerales, voladuras, etc. En el ambiente de la minería, la fracción entre PM2.5 y PM10 usualmente tiene el impacto más importante para la salud humana (New Minerals Council 2013).

Basándose en la información disponible sobre la correlación entre las partículas suspendidas y los efectos adversos a la salud, por lo menos en centros urbanos el monitoreo de PM2.5 demuestra ser un mejor indicador que el monitoreo de PM10. La razón es principalmente la alta toxicidad de partículas orgánicas en la fracción de PM2.5, conteniendo compuestos tóxicos como compuestos policíclicos aromáticos (PAH) que principalmente provienen del hollín que es producto de la combustión de hidrocarburos (particularmente diésel).

8.2 Marco Legal

Los Estándares de Calidad de Aire están definidos en el D.S. 074-2001 PCM y D.S. 003-2008 MINAM (Tabla 8.1).

Tabla 8.1 – Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para material particulado

	Promedio aritmético durante 24 horas	Fuente
PM10 (ECA)	0.150 mg/m ³	D.S. 074-2001 PCM
PM2.5 (ECA)	0.025 mg/m ³	D.S. 003-2008 MINAM

Para la selección de los puntos de monitoreo de partículas suspendidas en el aire y la interpretación de los resultados, se debe diferenciar entre las ECA y Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Lugar de Trabajo como establecidos en el D.S. N° 015-2005-SA.

Mientras los ECA están definidos para la protección ambiental y la salud de la población en general, los Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Lugar de Trabajo son definidos para la protección de los trabajadores mineras. Como consecuencia, el monitoreo de los ECA debe realizarse en el entorno a la operación, prioritariamente donde existen receptores humanos o ambientales (por ejemplo viviendas u otras áreas sensibles). Las mediciones para definir medidas de seguridad ocupacional en el lugar de trabajo hay que realizarlas en las áreas con mayor formación de polvo. Particularmente en operaciones en espacios confinados como en la minería subterránea o en instalaciones encapsulados, el control de polvo y el uso de EPP son de gran importancia para la protección de la salud de los trabajadores.

8.3 Monitoreo de partículas suspendidas

En el entorno de operaciones mineras de la PM y MA con formación de polvo debe monitorearse la calidad de aire, midiendo la concentración de PM10 y/o PM2.5 de acuerdo a los establecido en el instrumento de gestión ambiental aprobado.

El monitoreo debe ser realizado con equipo debidamente calibrado y por personal capacitado, de acuerdo a procedimientos internacionalmente aceptados (por ejemplo Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones del MEM)¹¹.

8.3.1 Equipos de Monitoreo

Para el monitoreo de partículas suspendidas en el aire se recomienda el uso de muestreadores de alto volumen, conocido comúnmente como Hi-Vol (High Volumen). Un muestreo debe realizarse

¹¹ <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/procaliaire.pdf>

en forma continua durante 24 horas, succionando a través de un filtro de cuarzo una cantidad determinada de aire (1 a 1.2 m³/min) a condiciones reales. El proceso de medición es no destructivo y la muestra puede someterse a análisis físicos y químicos posteriores.

Para el muestreo de PM10, se utiliza el mismo Hi-Vol con un cabezal de entrada de gases que excluye un alto porcentaje de las partículas mayores de 10 micrones y admite primordialmente el material particulado respirable. El PM10 permite muestreos más representativos de la calidad de aire por ser menos sensible a los cambios de velocidad y dirección de los vientos.

El método de referencia para la medición de PM2.5 (US EPA 1998) permite medir la concentración de PM2.5 por medio de un muestreador de bajo volumen que tiene un separador de partículas que separa partículas finas con un diámetro aerodinámico de 2.5 micrones. El equipo succiona una cantidad determinada de aire a través de un filtro de fibra de teflón durante un periodo de muestreo de 24 horas.

8.3.2 Selección de puntos de monitoreo

El equipo de monitoreo debe instalarse preferiblemente en una altura que coincide con la zona de respiración media de los seres humanos. Como quiera que las partículas suspendidas también se depositan sobre las hojas de los árboles, el equipo de monitoreo deberá instalarse a por lo menos veinte metros de distancia de éstos.

Debe estar alejado de cualquier tipo de flujo proveniente de chimeneas o incineradores, en particular si dichos flujos son el resultado de la combustión de petróleo, carbón o residuos sólidos. Como regla general, para eliminar los efectos de obstáculos tales como edificaciones, la distancia entre el obstáculo y el muestreador debe estar como mínimo dos veces la altura de excedencia entre ellos. Además, hay que asegurar que exista un flujo de aire en un arco no inferior a 270° alrededor del muestreador.

8.3.3 Distancia a carreteras

La proximidad de los monitores a vías de alto tráfico vehicular influye de manera directa en el registro de altas concentraciones de material particulado. Se recomienda evaluar en detalle las distancias óptimas para la ubicación de monitores con relación a las vías, teniendo presente que, en ningún caso, es aconsejable la ubicación de muestreadores en proximidad a trochas.

8.4 Buenas Prácticas de Prevención y Mitigación Ambiental para el Control de Polvo

1. En toda operación minera de extracción y beneficio deberá minimizarse la formación y dispersión de polvo fugitivo, utilizando regado con agua u otras medidas de ingeniería como encapsulamiento de las fuentes emisoras de polvo, instalación de filtros, etc. Debe minimizarse el polvo fugitivo emitido por el tráfico vehicular en la cercanía a áreas sensibles como poblaciones, cuerpos de agua superficiales, áreas protegidas, zonas agrícolas, etc. Las posibilidades de control de emisión de polvo consisten en el riego frecuente de trocha o un revestimiento de carreteras con asfalto u otro material adecuado para minimizar la formación de polvo. Dependiendo de la granulometría del suelo de las carreteras, un estricto control de la velocidad puede lograr una eficiente reducción de la generación de polvo. Entre las medidas más destacadas se tienen una adecuada señalización (preventiva, reguladora e informativa) y sobre todo reductores de velocidad como rompemuelles.

2. Debe realizarse un monitoreo de PM10 y/o PM2.5 en el caso de que exista una fuente de emisión de polvo fugitivo con potencial de generación de contaminación ambiental, incluyendo:
 - i. Plantas de beneficio con emisiones de polvo (chancadoras, molinos, etc.).
 - ii. Depósitos abiertos de materiales de granulometría fina (por ejemplo relaves, molinos de minerales metálicos y no metálicos, etc.).
 - iii. Trochas transitadas frecuentemente cerca de receptores sensibles (como poblaciones, áreas protegidas, cultivos agrícolas o áreas con ganadería, etc.).
 - iv. En la minería no-metálica.
3. El monitoreo de calidad de aire debe demostrar que la actividad no tiene un impacto significativo sobre los receptores adyacentes, humanos y/o ecológicos. Las actividades mineras con un impacto potencial sobre centros poblados, zonas agrícolas, cuerpos de agua superficiales u otros ecosistemas sensibles deben realizar un mínimo de 2 monitoreos por año o de acuerdo a las exigencias definidas por la autoridad ambiental competente en concordancia con las características del proyecto.
4. Para el monitoreo de la calidad de aire, se debe considerar como mínimo los aspectos técnicos especificados en la Sección 8.3. Debe realizarse un monitoreo tanto cerca de la fuente de emisión como de los receptores más cercanos a las operaciones.

En concordancia con el D.S.055-2010-EM, el personal en el ambiente de trabajo expuesto a partículas suspendidas en el aire por encima de los límites establecidos en el D.S. N° 015-2005-SA debería utilizar una protección adecuada contra polvo para prevenir enfermedades causadas por la inhalación de partículas fino.

9. Bibliografía

- [1] Bradshaw, A. D. (1980). *Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería*;
http://www.igme.es/internet/sidPDF%5C065000%5C106%5C65106_0001.pdf
- [2] CEPIS (2003), Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Especificaciones técnicas para el diseño de letrinas ventiladas de hoyo seco, OMS OPS/CEPIS/01.42UNATSABAR; http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnologia/documentos/sanea/etLetrina_ventiladas.pdf
- [3] Chow, J.C., Watson, J.G., Lowenthal, D.H., Solomon, P.A., Magliano, K.L., Ziman, S.D. y Richards, L.W. (1993). *PM10 and PM2.5 compositions in California's San Joaquin Valley*, *Aerosol Science and Technology*, 18: 105–128.
- [4] Clark, A.G. (1992). *Sources of atmospheric acidity*. Radojevic, M. & Harrison, R.M., eds. *Atmospheric acidity, sources, consequences and abatement*. Barking, pp. 39–72.
- [5] EPA Victoria (2009). *Industrial Waste Resource Guidelines: Soil Sampling*, Publication IWRG702; <http://www.epa.vic.gov.au/~media/publications/iwrg702.pdf>
- [6] Hannouche, A., Chebbo, G., Ruban, G., Tassin, B., Lemaire, B.J. y Joannis, C. (2011). *Relationship between turbidity and total suspended solids concentration within a combined sewer system*, *Water Science and Technology* 64, 12, pp. 2445-52.
- [7] Low Hui Xiang Daphne, Handojo Djati Utomo, Lim Zhi Hao Kenneth (2011). *Correlation between Turbidity and Total Suspended Solids in Singapore Rivers*, *Journal of Water Sustainability*, Volume 1, Issue 3, pp- 313–322.
- [8] MEM (1995). Ministerio de Energía y Minas, *Guía Ambiental para la Perforación y Voladuras en Operaciones Mineras*, <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/perforacion.pdf>
- [9] New Minerals Council (2013). *Federal Senate Inquiry into the Impacts on Health of air Quality in Australia*; http://www.nswmining.com.au/NSWMining/media/NSW-Mining/Publications/130313_EC_Fed-Senate-Inquiry-into-Air-Quality-NSWMC-Submission-FINAL.pdf
- [11] Norma Técnica Peruana I.S. 010, *Instalaciones Sanitarias para Edificaciones*;
http://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/IS.010.pdf
- [12] NSW EPA (2009), New South Wales Environmental Protection Agency, *Waste Classification Guidelines Part 1: Classifying Waste*, Australia, ISBN 978 1 74232 507 1;
www.environment.nsw.gov.au
- [13] OMS (2013), Organización Mundial de Salud, *Health effects of particulate matter, Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia*.
- [14] Quijano Parra, A., Quijano Vargas, M.J., Henao Martínez, J.A. (2010). *Caracterización fisicoquímica del material particulado fracción respirable PM2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia Bistua*, *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 8, núm. 1, enero-junio, 2010, pp. 1-20, Universidad de Pamplona Colombia.
- [15] Ruíz Saucedo, U. (2003). *Recomendaciones técnicas general es para el diseño y construcción de celdas de confinamiento y rellenos sanitarios*, GIZ México, Proyecto Desarrollo Institucional y Gestión de Sitios Contaminados, PN: 99.21.34.3;

<http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/Materiales%20y%20Actividades%20Riesgosas/sitioscontaminados/GTZ/L-Recomendaciones%20t%C3%A9cnicas%20para%20dise%C3%B1o%20de%20confinamientos%20de%20RP.pdf>

[16] US EPA (1996). *Air quality criteria for particulate matter*, vol. I. Washington, DC, US Environmental Protection Agency (EPA/600/P-95/001aF).

[17] Warner, R. y Sturm, T. (2002). *Turbidity as a surrogate to estimate the effluent suspended sediment concentration of sediment control at a construction site in the southeastern United States*, Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop, April 30 – May 2, 2002, Reno, NV.

ANEXO 1 – Manuales y Guías para Medidas de Prevención y Mitigación

- Mejía G.S., Rodríguez Villanueva C. y Mucho Mamani R. (2005), *Guía para Uso y Manejo de Mercurio, Ministro de Energía y Minas.*
- Ministro de Energía y Minas (2005), *Orientaciones para hacer Minería, Tomo 5, Pequeña Minería y Minería Artesanal, Uso adecuado del mercurio.*
- Tovar Jumpa O., Sánchez WE, Alvarez C.G. (2005), *Guías Mineras, Implementación y Uso de Retorta en el Proceso de Refogado, Ministerio de Energía y Minas.*
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) (2008), *Technical Guidelines on Mercury Management in Artisanal and Small-Scale Gold Mining.*
- Ministerio de Energía y Minas (1996), *Guía Ambiental para el Manejo de Cianuro, Subsector Minería, Volumen XIII, Referencia de aprobación: R.D. No. 025-96-EM/DGAA.*
- Ministerio de Energía y Minas (1996), *Guía Ambiental para el Proyecto de Lixiviación en Pilas, Referencia de aprobación: R.D. No. 002-96-EM/DGAA.*
- Ministerio de Energía y Minas (sin año), *Uso y Manejo de Cianuro en la Pequeña Minería, Orientaciones para hacer minería, Tomo 4.*
- Ministerio de Energía y Minas (1994), *Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua, Referencia de aprobación: R.D. No. 044-94-EM/DGAA.*
- Ministerio de Energía y Minas (1996), *Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje de Acido de Minas, Referencia de aprobación: R.D. No. 035-96-EM/DGAA.*
- Ministerio de Energía y Minas (1994), *Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones, Referencia de aprobación: R.D. No. 044-94-EM/DGAA.*
- Ministerio de Energía y Minas (1995), *Guía Ambiental para el Manejo de Agua en operaciones Minero-Metalúrgicas, Referencia de aprobación: R.D. No. 035-95-EM/DGAA.*
- Ministerio de Energía y Minas (1995), *Guía Ambiental para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental, Referencia de aprobación: R.D. No. 015-95-EM/DGAA.*
- Ministerio de Energía y Minas (1995), *Guía Ambiental para Elaborar Programas de Adecuación y Manejo Ambiental, Referencia de aprobación: R.D. No. 015-95-EM/DGAA.*
- Ministerio de Energía y Minas (1995), *Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros, Referencia de aprobación: R.D. No. 035-95-EM/DGAA.*
- Ministerio de Energía y Minas (1996), *Guía Ambiental para el Abandono y Cierre de Minas, Referencia de aprobación: R.D. No. 002-96-EM/DGAA.*
- Ministerio de Energía y Minas (1998), *Guía Ambiental para el Manejo de Problemas de Ruido, Referencia de aprobación: R.D. No. 034-98-EM/DGAA.*
- Ministerio de Energía y Minas (1998), *Guía Ambiental para la Estabilidad de Taludes de Residuos Sólidos provenientes de Actividades Mineras, Referencia de aprobación: R.D. No. 034-98-EM/DGAA.*
- Rivas, MS, Martínez C (2003), *Guía de Buenas Prácticas Ambientales para la Pequeña Minería, SERNAGEOMIN, Chile,*
http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/ambiente/manejo_mercurio.pdf
- Cueva E, Hruschka F, Paredes Z, Salinas C, Sarango M, Tamay J (1999), *Manual de Operación Ambiental para la Pequeña Minería,*
http://www.hruschka.com/pmsc/manual/moa_0.html
- Manejo Ambiental en la pequeña minería, Proyecto MEDMIN, Bolivia 1998,
<http://www.gama-peru.org/libromedmin/>
- Logsdon Marc J., Hagelstein Karen y Mudder Terry (2001), *El Manejo de Cianuro en la Extracción de Oro, The International Council on Metals and the Environment, ISBN 1-*

895720-35-4 ([http://www.caem.com.ar/wp-content/uploads/EI%20Manejo%20del%20cianuro%20\(ICMM\).pdf](http://www.caem.com.ar/wp-content/uploads/EI%20Manejo%20del%20cianuro%20(ICMM).pdf))

- Código Internacional para el Manejo del Cianuro para la Fabricación, el Transporte y el Uso del Cianuro en la Producción de Oro" - <http://www.cyanidecode.org/bienvenido-al-icmi>
- ARMA (2013), *Protocolos de la Evaluación Ambiental para la Pequeña Minería y Minería Artesanal*, Gobierno Regional de Arequipa.

ANEXO 2 - Leyes, Reglamentos y Decretos relacionados a la gestión ambiental en la minería

- Constitución Política del Perú
- Ley N° 28611 (2005): Ley General del Ambiente
- Ley N° 26505 (1995): Ley de la Inversión Privada en el desarrollo de las Actividades Económicas en las tierras del territorio nacional y en las comunidades campesinas y nativas.
- Ley N° 26570 (1996), Sustituye artículo de la Ley N° 26505, referido a la utilización de tierras para el ejercicio de actividades mineras o de hidrocarburos.
- Ley N° 27314 modificada por Decreto Legislativo N° 1065, Ley General de Residuos Sólidos.
- Ley N° 27446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Ley 28256: Ley que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- Ley N° 28271: Ley que regula los Pasivos Ambientales de la actividad minera.
- Ley N° 28296: Ley de Áreas Naturales Protegidas.
- Ley N° 26821: Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.
- Ley N° 28090: Ley que Regula el Cierre de Minas.
- Ley N° 27651 (2002): Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal, define funciones de los gobiernos regionales.
- Ley N° 27474 (2001): Ley de Fiscalización de las actividades Mineras.
- Ley N° 29023 (2007): Ley que regula la comercialización y uso de cianuro.
- Ley N° 28551 (2005): Ley sobre la obligación de elaborar y presentar Planes de Contingencia.
- Ley N° 27867: Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.
- Ley N° 29325 (2009): Sistema Nacional Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA).
- Ley N° 27902 (2003): modifica la ley 27867, establece en su artículo 380 que el Consejo Regional, como órgano normativo del Gobierno Regional, tiene la atribución de aprobar la organización y la administración del Gobierno Regional y reglamentar materias de su competencia a través de Ordenanzas Regionales.
- Ley N° 29783: Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Ley N° 30193 (2014): Ley que modifica el Decreto Legislativo 1103, que establece medidas de control y fiscalización en la distribución, transporte y comercialización de insumos químicos que puedan ser utilizados en la minería ilegal.

Decretos y Reglamentos

- D.S. N° 001-2010-AG: Reglamento de la Ley N° 29338 (Ley de Recursos Hídricos)
- D.S. N° 002-2013-MINAM: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo
- D.S. N° 002-2008-MINAM: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua
- D.S. N° 004-2012-MINAM - Disposiciones Complementarias para el Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo (IGAC), para la Formalización de Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal en curso.
- D.S. N° 010-2010-MINAM: Límites Máximos Permisibles para la descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas.
- D.S. N° 013-2002-EM: Reglamento de la Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal.

- Texto Único Ordenado (TUO) del D.S. N° 014-92-EM (04.06.92): Ley General de Minería.
- D.S. N° 015-2003-AG (2003): Modifica artículos del reglamento del artículo 7° de la Ley N° 26505, sobre procedimiento para el establecimiento de Servidumbre legal minera.
- D.S. N° 015-2005-SA (2005): Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Lugar de Trabajo.
- D.S. N° 017-1996-AG (1996): Reglamento del artículo 7° de la Ley N° 26505, referido a las servidumbres sobre tierras para el ejercicio de actividades mineras o de hidrocarburos.
- D.S. N° 018-92-EM: Reglamento del TUO de la Ley General de Minería.
- D.S. N° 020-2012-EM (Anexo A): Procedimiento de solicitud de autorización de beneficio para minería artesanal o modificaciones y de otorgamiento de concesión de beneficio y autorización de funcionamiento para pequeña minería, mediana minería y gran minería o modificaciones; modificatoria del D.S. 018-92-EM.
- D.L. N° 757 (13.nov.1991): Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada.
- D.S. N° 021-2008-MTC: Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
- D.S. N° 032-2013-EM: Fortalecen proceso de formalización de la Pequeña Minería y Minería Artesanal al amparo de lo dispuesto por el Decreto Legislativo N° 1105.
- D.S. N° 038-2001-AG: Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas.
- D.S. N° 038-2004-PCM: Plan Anual de Transferencia de Competencias Sectoriales a Gobiernos Regionales y Locales.
- D.S. N° 045-2013-EM: Reglamento sobre la comercialización y uso de cianuro.
- D.S. N° 046-2001-EM: Reglamento de Seguridad e Higiene Minera.
- D.S. N° 055-2010-EM: Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería.
- D.S. N° 057-2004-PCM: Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos
- D.S. N° 068-2006-PCM: Norma que establece disposiciones relativas a la culminación de las transferencias programadas a los gobiernos regionales y locales.
- R.J. N° 300-2011-ANA: Aprueban Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales en Cursos Fluviales y Cuerpos de Agua Naturales y Artificiales.
- D. L. N° 1100 (2012): Regula la interdicción de la minería ilegal en toda la República y establece medidas complementarias.
- D. L. N° 1103 (2012): Establece establece medidas de control y fiscalización en la distribución, transporte y comercialización de Insumos Químicos que puedan ser utilizados en la minería ilegal. D.S. N° 045-2013-EM: Reglamento de la Ley N°29023 sobre la comercialización y uso de cianuro.
- D.S. N° 054-2013 PCM: Nuevos Criterios Técnicos para la Evaluación de Proyectos de Modificaciones y/o Ampliaciones de Componentes Mineros o de mejoras tecnológicas en Unidades Mineras en Exploración y Explotación con Impactos Ambientales negativos no significativos que cuentan con Certificación Ambiental.
- D.S. N° 002-2014 MINAM: Disposiciones complementarias para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.
- R.D. N° 440-96-EM/DDGM: Normas a fin de garantizar la estabilidad de los depósitos de relaves.
- R.D. N° 224-97-EM/DDGM: Dictan disposiciones destinadas a uniformizar la presentación de Estudios de Impacto Ambiental y establecer las condiciones en que debe efectuarse la deposición de relaves en caso de reutilización de depósitos antiguos de relaves previamente paralizados.
- N° 073-2014-EF (2014): Dictan normas reglamentarias para la aplicación de lo dispuesto en la Primera Disposición Complementaria Final del Decreto Legislativo N° 1103 que establece medidas de control y fiscalización en la distribución, transporte y comercialización de Insumos Químicos que puedan ser utilizados en la minería ilegal.

Una presentación más exhaustiva del marco legal se puede encontrar en la página web del MINEM¹².

¹² <http://www.minem.gob.pe/legislacionSector.php?idSector=4> y
<http://www.minem.gob.pe/area.php?idSector=4&idArea=56&idTitular=614&idMenu=sub611&idCateg=334#>

ANEXO 3 – Clasificación de Residuos

Tabla A1 - Clasificación de un residuo conteniendo metales pesados según concentración promedio en el material (en mg/kg) y concentración en el lixiviado según el ensayo TCLP (en mg/L)

Conc.	TCLP	Conc.	TCLP	Conc.	TCLP	Conc.	TCLP	Conc.	TCLP	Conc.	TCLP	Conc.	TCLP	Conc.	TCLP	Clasificación del residuo
Arsénico		Berilio		Cadmio		Cromo VI		Plomo		Mercurio		Níquel		Selenio		
< 50	nr	< 20	nr	<10	nr	<100	nr	<140	nr	< 6.6	nr	<40	nr	<20	nr	RNP
50– <500	< 5	20- <100	<5	10- <100	<1	100 – < 1 900	<5	140 – <1 500	<5	6.6– <50	< 0.2	40 – <1 050	<2	20– <50	<1	RNP
100– <500	> 5	20- <100	>5	20- <100	>1	100 – < 1 900	>5	100 – <1 500	>5	6.6– <50	> 0.2	40 – <1 050	>2	20– <50	>1	RP
500– <2 000	< 20	100- <400	<4	100- <400	<4	1 900- < 7 600	<20	1 500- <6 000	<20	50– <200	< 0.8	1 050- <4 200	<8	50- <200	<4	RP
500– <2000	> 20	100- <400	>4	100- <400	>4	1 900- < 7 600	>20	1 500- <6 000	>20	50– <200	> 0.8	1 050- <4 200	>8	50- <200	>4	RMP
>2 000	nr	>400	nr	>400	Nr	>7 600	nr	>6 000	nr	>200	nr	>4 200	nr	>200	nr	RMP

nr = no requerido; RNP=residuo no peligroso (puede ser depositado en relavera o relleno sanitario sin control de lixiviados); RP=residuo peligroso (requiere disposición en relavera o relleno especial, impermeabilizado y con control de lixiviados); RMP=residuo muy peligroso (requiere disposición en relavera o relleno especial, impermeabilizado y con control de lixiviados, luego de una estabilización química o física para reducir la peligrosidad del material)

El ensayo de TCLP debe ser realizado de acuerdo al procedimiento EPA 1311 o equivalente.

Tabla A2 - Clasificación de un residuo conteniendo cianuro

Análisis	Conc. promedio en el residuo [mg/kg]	Conc. de cianuro en el lixiviado TCLP [mg/L]	Clasificación del residuo y requerimientos para la disposición final
CN libre	< 70 ¹³	Nr	RNP
CN total	< 320	Nr	
CN libre	70 - <300	< 3.5	
CN total	320 - <5 900	< 16	
CN libre	70 - <300	> 3.5	RP
CN total	320 - <5 900	> 16	
CN libre	300 – 1 200	< 14	RMP
CN total	5 900–23 600	< 64	
CN libre	300 – 1 200	> 14	
CN total	5 900–23 600	> 64	
CN libre	> 1 200	Nr	
CN total	> 23 600	Nr	

nr = no requerido; RNP=residuo no peligroso (puede ser depositado en relavera o relleno sanitario sin control de lixiviados); RP=residuo peligroso (requiere disposición en relavera o relleno especial, impermeabilizado y con control de lixiviados); RMP=residuo muy peligroso (requiere disposición en relavera o relleno especial, impermeabilizado y con control de lixiviados, luego de una estabilización química o física para reducir la peligrosidad del material)

¹³ Según D.S. 002-2013 MINAM, el ECA para suelos agrícolas, residenciales y parques es 0.9 mg/kg y para suelos en zonas comerciales, industriales y extractivos 8 mg/kg. Debe considerarse estos ECAs para la disposición en áreas no asignados como relleno sanitario con control de lixiviados.

ANEXO 4 – Reporte Generación y Manejo de Residuos Contaminados en PM y MA

REPORTE DE GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS CONTAMINADOS EN PEQUEÑA MINERÍA Y MINERÍA ARTESANAL

Nombre del Generador de Residuos:	Lugar/Proyecto :
	Fecha:
Ubicación de la planta de procesamiento (en coordenadas UTM):	Periodo de reporte:

A. RESIDUOS SÓLIDOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS

1. CANTIDAD Y TIPO DE RESIDUOS

	SI	NO	CANTIDAD (m ³ /mes)
¿Genera usted residuos potencialmente contaminados con mercurio, cianuro u otros metales pesados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Genera usted relaves de amalgamación con Mercurio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Genera usted relaves del proceso de cianuración?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
¿Genera usted colas (desechos) de la concentración gravimétrica?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

2. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE LOS RESIDUOS

CONDICIONES	SI, ¿Cuál?	NO, ¿Por Qué?
¿Los relaves son almacenados evitando el contacto directo con el suelo?		
¿Los relaves son almacenados evitando la emisión de polvo?		

¿Los relaves son almacenados evitando la infiltración de aguas de lluvia?

B. RESIDUOS CON MERCURIO

1. PROCESOS UTILIZADOS

	Tipo de Equipos usados	Cantidad de Residuos Generados
¿Cómo realiza la amalgamación con Mercurio?		
¿Cómo realiza la separación de Oro del Mercurio?		

2. TIPO Y CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS QUE POTENCIALMENTE CONTIENEN MERCURIO

Tipo de Amalgamación	Número de Equipos	Cantidad de Mercurio utilizado (lt/mes)	Volumen de Agua (lt/mes)	Cantidad de Relaves Generados (m ³)	m ³ de relaves comercializados
Amalgamación en "circuito abierto" (Quimbalete, "Molino Chileno", etc.)					
Amalgamación de concentrados (Gravimetría)					
Amalgamación en circuito cerrado (Cilindro amalgamador)					
Amalgamación en planchas amalgamadoras					

3. DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS

Nombre de Empresa Compradora de los Relaves	Dirección del Centro de Acopio y Concentración