



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROTOCOLO PARA LA REVISIÓN DE DEPÓSITOS DE JALES
CON BASE EN LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL
MEXICANA, PROGRAMA DE AUDITORÍA INTERNA DE LOS
GRUPOS PEÑALES Y FRESNILLO**

INFORME ESCRITO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA

PRESENTA:

ROQUE LUIS EDUARDO CHACON WENCES

ASESOR:

M.I. JOSÉ ENRIQUE SANTOS JALLATH

MÉXICO, D.F., 2016





A Dios y a la Virgen de Guadalupe, quienes siempre me han llevado de la mano durante este viaje y que continúan llenándome de bendiciones.

A mi madre, quien siempre ha estado conmigo desde mi nacimiento hasta el día de hoy, siendo mi amiga y mi gran apoyo, formándome y compartiendo todos los momentos amargos y felices a mi lado y quien es la más feliz de verme triunfar.

Al Ing. Santos, quien no desistió pese a que me tarde, fue siempre un gran maestro para mí, siempre me estuvo apoyando, y sobre todo siendo un gran amigo durante toda esta etapa.

A mi novia Ashley, porque siempre me apoyo y no dejo que me rindiera, siempre impulsándome a seguir adelante y ayudándome en mis momentos de flaqueza.



AGRADECIMIENTOS

Al Ing. José Santos Jallath, quien me ayudó en todo el proceso de mi formación universitaria.

A Rodolfo Gómez, Director de Auditoría Interna, por haberme dado la oportunidad de trabajar en su área, compartiendo su experiencia y apoyo.

A mi jefa Nancy Acosta, quien además tengo la suerte de que también sea mi amiga, por apoyarme de manera tan intensa para completar mi carrera y siempre brindarme su apoyo, cariño y amistad.

A mis sinodales y todos los profesionales que me apoyaron para terminar este trabajo.

A mi familia y amigos, que siempre están conmigo.



INDICE

1. Introducción	7
2. Concepto General del Proceso de Auditoría.....	9
2.1 La Auditoría en el Sector Público y Privado	9
2.2 La contraposición entre las organizaciones públicas y las organizaciones privadas	10
2.3 La Auditoría Ambiental	10
3. La Auditoría Interna de Peñoles.....	12
3.1 La Dirección de Auditoría Interna (DAI), su propósito y funciones	12
3.1.1 Responsabilidades de la DAI.....	13
3.1.2 Participación de la DAI dentro de la organización del Grupo	13
3.1.3 Revisión de los depósitos de jales	16
3.2 Lineamientos Internacionales que cumple	16
3.3 Política Interna de auditoría en Peñoles.....	17
4. Los depósitos de jales y el marco normativo en México	20
4.1 Depósitos de Jales	20
4.2 Consideraciones ambientales de los jales.....	22
4.2.1 Generación de Drenaje Ácido	22
4.2.2 Afectaciones potenciales al ambiente.....	22
4.2.3 Movilidad de los constituyentes tóxicos de los jales.....	23
4.3 La normatividad en materia de presas de jales.....	24
4.3.1 Caracterización de los jales	25
4.3.2 Caracterización del sitio	25
4.3.3 Construcción, operación y postoperación	26
5. Desarrollo del Programa de Trabajo	27
6. Aplicación del programa de trabajo en campo.....	42
6.1 Unidad Minera Bismark	42
6.1.1 Hallazgos identificados sin la aplicación del programa de trabajo - Bismark.....	43
6.1.2 Hallazgos identificados con la aplicación del programa de trabajo - Bismark.....	43
6.2 Unidad Minera Fresnillo	47
6.2.1 Hallazgos identificados sin la aplicación del programa de trabajo – Fresnillo	48
6.2.2 Hallazgos identificados con la aplicación del programa de trabajo - Fresnillo.....	48



6.3 Unidad Minera Ciénega	50
6.3.1 Hallazgos identificados sin la aplicación del programa de trabajo - Ciénega	50
6.3.2 Hallazgos identificados con la aplicación del programa de trabajo - Ciénega.....	50
6.4. Unidad Minera Saucito	53
6.4.1 Hallazgos identificados sin la aplicación del programa de trabajo - Saucito	53
6.4.2 Hallazgos identificados con la aplicación del programa de trabajo - Saucito	54
6.5. Unidad Minera Velardeña	55
6.5.1 Hallazgos identificados sin la aplicación del programa de trabajo - Velardeña	56
6.5.2 Hallazgos identificados con la aplicación del programa de trabajo - Velardeña	57
7. Conclusiones.....	62
Referencias	63



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Líneas de defensa para administración de riesgos.....	14
Figura 2. Marco del Instituto de Auditores Internos.....	17
Figura 3. Método constructivo “aguas arriba”	20
Figura 4. Método constructivo “aguas abajo”	21
Figura 5. Marco estructural NOM-141-SEMARNAT-2003	25
Figura 6. Dispersión eólica de los polvos en la presa de jales de la unidad Bismark.. ..	44
Figura 7. Pileta de agua contaminada por los jales en dispersión.	45
Figura 8. Talud del depósito con jales expuestos por las corrientes eólicas.....	46
Figura 9. Jal derramado en las periferias de las presas de jales, contaminando el suelo vegetal... ..	47
Figura 10. Presa de jales “Los Chinos” con falta de recubrimiento	49
Figura 11. Vegetación sepultada por falta de programa de remoción en la presa No.2	51
Figura 12. Información de los jales de Velardeña	59
Figura 13. Clasificación de los jales de Velardeña de acuerdo a su PGDA	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Procesos auditados por la DAI.....	15
Tabla 2. Riesgos relacionados a los depósitos de jales	28



1. Introducción

En el ámbito de la minería, los aspectos ambientales han ido cobrando más relevancia con el paso del tiempo, cada vez se vuelven más críticos todos los impactos que son causados por la industria minera, dentro de ellos se encuentran los originados por los depósitos de jales. Afortunadamente se ha incrementado la conciencia social con respecto al cuidado del medio ambiente, y aunque la minería sigue teniendo una imagen negativa ante el ser humano de ser una industria que afecta de manera importante el medio ambiente, contaminándolo y afectando los paisajes originales del mismo, ha habido avances en cuando a la normatividad ambiental mexicana con relación a la industria minera.

Tanto en el ámbito internacional como en el de México, las regulaciones al respecto cada vez son más estrictas, desde sanciones económicas hasta el cierre de la unidad minera, por lo que es indispensable que los depósitos de jales de las diferentes minas se encuentren bajo los mejores estándares de construcción, operativos o post operativos, con el objeto de cumplir con todo lo requerido por la NOM-141-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004); previniendo posibles afectaciones por desbordamientos de presas, fallo en los sistemas para la canalización del agua como son bóvedas, alcantarillas, sistemas de bombeo, posible contaminación de cuerpos acuíferos por derrames de jales, generación de drenaje ácido, acumulación de metales pesados, etcétera; así como también para mantener la filosofía del grupo Peñoles, la cual se basa en un desarrollo autosustentable y de trabajar protegiendo al máximo el medio ambiente y las comunidades que lo rodean.

Es por lo anterior que surge la necesidad de que exista un protocolo para hacer una revisión basada en los principales riesgos asociados con los depósitos de jales, por lo que se decidió diseñar un programa para la revisión de los mismos, para tener un estándar de calidad y poder medir los controles que se tienen establecidos en las diferentes minas de los grupos Peñoles y Fresnillo y así mitigar los riesgos asociados con los depósitos de jales. El programa se integrará dentro de las revisiones de la Dirección de Auditoría Interna, la cual tiene como función vigilar el correcto desempeño de las unidades mineras, siempre enfocándose en los riesgos más críticos de las minas, con una filosofía de reducción de costos y optimización de procesos.

El programa de trabajo presentará una matriz con los principales riesgos asociados a la construcción, operación y post operación de los depósitos de jales, así como una metodología en la que se abordarán los temas antes descritos, enfocándose en pruebas puntuales; haciendo referencia a la documentación necesaria para poder llevar a cabo las pruebas, así como también dejar documentado cuál fue el proceso que se llevó a cabo y los resultados obtenidos, ya sea positivos o negativos; también podrá ser utilizado para identificar mejores prácticas operativas, lo cual servirá



como un parámetro de referencia entre las diferentes unidades mineras, con lo cual se podrá aspirar a que todas las minas tengan el mismo estándar de calidad.

Cabe señalar que, como se mencionó anteriormente, el programa se basa en la NOM-141-SEMARNAT-2003; sin embargo, únicamente es un punto de partida, puesto que la siguiente etapa será una constante actualización del documento, adicionando y/o complementando pruebas del mismo, con el objetivo de que éste se encuentre monitoreando nuevos riesgos e implementando pruebas que puedan agregar nuevo valor al programa de auditoría interna.

Es importante señalar que el detalle de las pruebas, así como la descripción y comentarios en las mismas, serán de tal manera que cualquier auditor pueda aplicarlas, sin que exista la necesidad de que tenga conocimientos más que básicos acerca de la minería y la operación de los depósitos de jales, lo anterior con el objetivo de poder asegurar la continuidad en la aplicación del programa de trabajo.

El objetivo de este trabajo, es demostrar los beneficios en el diseño y aplicación de un programa de auditoría interna (del proceso ambiental) en las diferentes minas del grupo Peñoles y Fresnillo plc, que se encuentre basado en la revisión de los depósitos de jales tomando en cuenta la caracterización de los mismos, así como también las especificaciones para caracterización del sitio, criterios de construcción, operación y post operación, todo basado en la NOM-141-SEMARNAT-2003, la cual es la Norma Mexicana que rige todo lo referente a depósitos de jales.



2. Concepto General del Proceso de Auditoría

La auditoría interna es una actividad independiente, de aseguramiento objetivo y de consultoría diseñada para agregar valor y mejorar las operaciones de la organización. Ayuda a que una organización alcance sus objetivos al adoptar un enfoque sistemático y disciplinado para evaluar y mejorar la efectividad en el manejo de riesgos, control y procesos de gobierno (IIA, 2004).

El objetivo de la auditoría interna dentro de una organización es general y puede involucrar tópicos como son la eficacia y eficiencia de las operaciones, la confiabilidad de los reportes financieros, disuadir e investigar los fraudes, salvaguardar los bienes y asegurarse que se trabaja conforme a las leyes y regulaciones internacionales, nacionales e internas de la organización.

La auditoría interna frecuentemente mide el cumplimiento con las políticas y procedimientos de la organización. Sin embargo, los auditores internos no son responsables por la ejecución de las actividades de la compañía; su deber es de aconsejar a la administración y a la Dirección, acerca de cómo deben de ejecutar de mejor manera sus responsabilidades. Como resultado de una mayor participación en todos los procesos de una organización, los auditores internos pueden tener un mejor entendimiento de éstos, así como antecedentes profesionales. Las empresas que cotizan en la bolsa de valores generalmente tienen un Departamento de Auditoría Interna, liderado por un Director Ejecutivo quien generalmente le reporta a un Comité de Auditoría o a la Mesa de Directivos, mediante un reporte administrativo al Director Ejecutivo (PwC, 2011).

2.1 La Auditoría en el Sector Público y Privado

La mayoría de los profesionales vinculados con la auditoría consideran que los avances teóricos e institucionales de su disciplina son válidos para cualquier tipo de complejo organizativo siendo indiferente que sea éste privado o público. En cambio los especialistas en el análisis de la Administración Pública consideran que esta disciplina se presenta como una organización especial y diferenciada que requiere un tratamiento científico y técnico propio. Pero como las organizaciones públicas tienen las mismas necesidades que las organizaciones del sector privado por lo que respecta a alcanzar sus objetivos de una forma eficaz y eficiente, se acepta que sus zonas más operativas puedan y deban nutrirse de los conocimientos, herramientas y avances de la auditoría.

Estos dos principios, necesarios de una disciplina propia y la permeabilidad hacia las proyecciones organizativas en los sectores más operativos, son reconocidos por la mayoría de los analistas de las Administraciones Públicas. Es decir, el sector público necesita nutrirse de las posibilidades y avances que ofrece la auditoría pero requiere una conceptualización y unas técnicas distintas y más elaboradas de las que se puedan implementar en las organizaciones de naturaleza privada.



Por lo tanto, parece bastante claro, que la traslación directa de herramientas organizativas propias del sector privado sobre el sector público no es posible debido a las especificidades de este último. Pero, en cambio, si es posible la traslación inversa, es decir, ideas y técnicas pensadas específicamente para la intervención sobre organizaciones de naturaleza pública transferirlas a las organizaciones propias del ámbito privado. No sólo es posible si no también recomendable, ya que estamos hablando de un tipo de herramientas más sofisticadas debido a que están orientadas a organizaciones extremadamente diversas, extensas y complejas. Pero la complejidad y la diversidad son también características típicas de las empresas prestadoras de servicios las cuales, en cierta forma, no han acabado de haber visto satisfechas sus demandas de cambio organizativo debido a que las técnicas organizativas y operativas tradicionales están todavía demasiado apegadas a planteamientos pensados para las empresas de producción industrial, principios que no son válidos para las modernas empresas prestadoras de servicios.

Por lo tanto, se llega a la siguiente conclusión: sí es posible que un mismo marco conceptual y unas idénticas técnicas de intervención puedan ser utilizadas tanto en el sector público como en el sector privado, siempre y cuando estemos hablando de conceptos y herramientas pensadas, o en su caso, orientadas específicamente para las empresas prestadoras de servicios.

2.2 La contraposición entre las organizaciones públicas y las organizaciones privadas

Las organizaciones públicas tienen unas características específicas que las diferencian de las organizaciones privadas: El ámbito de actuación del organismo público viene definido estatutariamente. No puede ser escogido en función de los potenciales beneficios que se espere obtener como sucede en las organizaciones privadas. Una organización privada estudia los mercados y se inserta en aquellos donde espera obtener un beneficio, preferiblemente creciente. La organización pública se crea donde hay una necesidad social y su creación es fruto de una decisión pública considerando la historia y el futuro de la unidad que analiza, debe relacionarla con el medio que la rodea, etc. Por último las organizaciones, consideradas como creación humana, están influenciadas de valores culturales.

2.3 La Auditoría Ambiental

Es una herramienta de planificación y gestión que le da una respuesta a las exigencias que requiere cualquier tipo de tratamiento del medio ambiente urbano. La misma sirve para hacer un análisis seguido de la interpretación de la situación y el funcionamiento de entidades tales como una empresa o un municipio, analizando la interacción de todos los aspectos requeridos para identificar aquellos puntos tanto débiles como fuertes en los que se debe incidir para poder conseguir un modelo respetable para con el medio ambiente. Si se señala específicamente el caso de una empresa, entonces se debe decir que una auditoría ambiental se refiere a la cuantificación de las operaciones industriales determinando si los efectos de contaminación que produce dicha empresa,



están dentro del marco legal de la protección ambiental. Los estudios de pruebas de impacto ambiental suelen llevarse a cabo para poder determinar si un nuevo desarrollo o una obra de expansión van a cumplir con los reglamentos impuestos durante el proceso de construcción del proyecto. Es importante saber que generalmente la auditoría ambiental son proyectos hechos a una gran escala que incluyen el plan general inicial de dicho proyecto, junto con el reconocimiento de la zona, el muestreo y la recolección de datos, el análisis de las diferentes muestras, las simulaciones matemáticas, la determinación de los controles adecuados y las medidas de mitigación correspondientes. Además de analizar el impacto ambiental que tendrá una empresa sobre el medio ambiente, la auditoría ambiental tiene en cuenta la salud y la seguridad de los trabajadores de dicha empresa (Villalobos, 2010).

Básicamente, la auditoría ambiental es una herramienta de protección preventiva y proactiva del medio ambiente y se supone un instrumento para poder incrementar la eficiencia y al mismo tiempo la reducción de los costos. Asimismo, la auditoría ambiental es un proceso de revisión sobre el grado de cumplimiento de la legislación ambiental por parte de una organización, ya que en cualquier lugar en el que se haya producido alguna actividad industrial, es vulnerable a ocultar pasivos ambientales que pueden llegar a repercutir en costos económicos y en responsabilidades subsidiarias sobre los propietarios de las tierras impactadas.

La PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente), a través de la SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) y del “Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales” presenta como concepto de auditoría ambiental el siguiente: “Examen metodológico de los procesos de una empresa respecto de la contaminación y el riesgo ambiental, el cumplimiento de la normatividad aplicable, de los parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería, inclusive de procesos de Autorregulación para determinar su Desempeño Ambiental con base en los requerimientos establecidos en los Términos de Referencia, y en su caso, las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger al ambiente” (SEMARNAT, 2015).



3. La Auditoría Interna de Peñoles

3.1 La Dirección de Auditoría Interna (DAI), su propósito y funciones

Peñoles forma parte del Grupo BAL, una organización privada y diversificada, integrada por compañías mexicanas independientes, entre las cuales se encuentran Grupo Palacio de Hierro (tiendas departamentales); Grupo Nacional Provincial (seguros); Profuturo GNP (Afore) Valores Mexicanos – Casa de Bolsa (servicios financieros); Crédito Afianzador (fianzas); y negocios agropecuarios. Peñoles es un grupo minero con operaciones integradas para la fundición y afinación de metales no ferrosos y la elaboración de productos químicos. Cuenta con 7 minas subterráneas en México y en la actualidad es el mayor productor mundial de plata afinada y bismuto metálico, líder latinoamericano en la producción de oro y plomo afinados, y se encuentra entre los principales productores mundiales de zinc afinado y sulfato de sodio (Peñoles, 2015)

Peñoles cuenta con la Dirección de Auditoría Interna (DAI), cuya misión es apoyar a la organización en el logro de sus objetivos estratégicos y en el fortalecimiento de su cultura ética y de auto-control, con un enfoque sistemático, disciplinado, de gobierno y control, de creación de valor y de prevención basado en riesgos.

La función de la DAI consiste en dar soporte a la operación, revisando y validando los distintos procesos con los que cuenta una mina, tomando en cuenta todos los departamentos que están involucrados dentro de proceso general de la unidad minera, así como identificar oportunidades de mejora de procesos y de control de los mismos, cumplimiento de leyes y reglamentos tanto externos como internos.

El alcance del trabajo de Auditoría Interna es determinar si la gestión de riesgos, procesos de control y gobierno corporativo, tal como fueron diseñados y definidos por la Alta Dirección, están trabajando adecuadamente para asegurar que:

- Los riesgos son debidamente identificados y administrados
- El nivel de control interno existente dentro de la empresa es adecuado para mitigar los riesgos.
- La información financiera, de gestión y de operación relevante es precisa, confiable y oportuna.
- Las acciones de los empleados son realizadas dando cumplimiento a las políticas, normas, procedimientos, leyes y regulaciones aplicables.
- Los recursos son económicamente adquiridos y justificados, eficientemente utilizados y adecuadamente protegidos.
- Los programas, planes y objetivos son cumplidos.
- Los aspectos importantes de índole legislativos o reglamentarios, que afectan a la organización, son reconocidos y resueltos adecuadamente.



Para garantizar la independencia del departamento de Auditoría Interna, su personal reporta directamente al Director de Auditoría Interna de Industrias Peñoles quien a su vez reporta funcionalmente al Comité de Auditoría de Peñoles, a la Dirección Corporativa de Auditoría Interna de Grupo BAL y administrativamente al Director General de Peñoles. El plan anual de auditoría para cada empresa o grupo de empresas, deberá ser enfocado a los procesos que tengan un mayor impacto en los objetivos de negocio de cada una. Con este fin, el desarrollo del plan deberá tomar como base las evaluaciones de riesgo inherente que produce el proceso de Administración de Riesgos de cada empresa, en el que se deberán identificar los procesos en los que se pueden materializar riesgos inherentes calificados como: críticos, altos y medios y adicionando también aquellas áreas que sea obligatorio revisar por disposiciones normativas (Grupo BAL, 2010).

3.1.1 Responsabilidades de la DAI

El Director de Auditoría Interna y el personal del departamento de Auditoría Interna tienen la responsabilidad de:

- Desarrollar un plan anual de auditoría, basado en la metodología de administración de riesgos, el cual incluirá cualquier riesgo, proceso o control identificado por la Alta Dirección, y presentar dicho plan al Comité de Auditoría para su revisión y aprobación, así como para sus actualizaciones periódicas.
- Cumplir con el plan anual de auditoría aprobado, incluyendo cualquier tarea o proyecto especial solicitado por la Alta Dirección o por el Comité de Auditoría.
- Mantener un personal profesional de auditoría con el suficiente conocimiento, habilidades, experiencia y competencias profesionales para cumplir con los requisitos del puesto.
- Emitir informes periódicos al Comité de Auditoría y a la alta administración, resumiendo los resultados obtenidos de las actividades de auditoría por aquellos riesgos y asuntos considerados como críticos.
- Efectuar la investigación de los reportes por conductas no éticas, sospechas de actividades fraudulentas y actividades de soborno dentro de la organización y notificar los resultados a la Alta Dirección y al Comité de Auditoría.

3.1.2 Participación de la DAI dentro de la organización del Grupo

Para poder tener un plan de auditoría basado en la administración de riesgos, a través de talleres o encuestas se identifican los principales procesos susceptibles de fraude, sus riesgos y se diseña un programa de prevención de fraudes con la participación de personal clave, se establecen indicadores de monitoreo y reporte, y se refuerza la comunicación de la línea de denuncia anónima. Lo anterior soportado en el código de ética.

Las auditorías también están basadas en los riesgos presentados al Comité de auditoría de Peñoles, los cuales son considerados en la planeación para verificar que existen controles eficaces y efectivos para mitigar los riesgos del negocio.

Para asegurar que los riesgos son monitoreados y administrados eficiente y efectivamente existen líneas de defensa (responsables por jerarquía de administrar los riesgos o evaluar los controles

establecidos para dicha administración) (Figura 1). El área de auditoría interna representa la tercera, quién tiene la responsabilidad de evaluar el gobierno corporativo, los riesgos y el grado de cumplimientos con las políticas y normatividad interna y externa, así como ser un consultor en la evaluación de procesos.

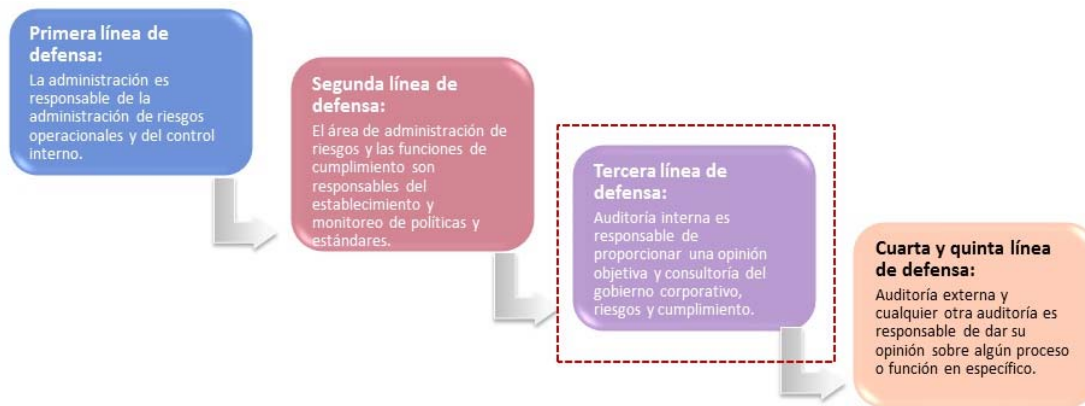


Figura 1. Líneas de defensa para administración de riesgos

Así mismo, auditoría interna identifica áreas de oportunidad para el fortalecimiento del control interno, refuerzo o elaboración de políticas y procedimientos y mejora continua con base en las mejores prácticas de la industria.

Las auditorías incluyen la revisión de los principales procesos, ya sea de manera vertical (por compañía), como horizontal (por proceso) considerando:

- Procesos revisados en auditoría, por unidad de negocio.
- Procesos revisados en una auditoría específica aplicable a toda la organización.
- Procesos revisados por unidad de negocios y/o como una auditoría individual.

En la Tabla 1 podemos apreciar todos los procesos auditados por la DAI, donde se hace la distinción entre la revisión realizada por proceso, por unidad de negocio u ambos casos.

Mediante los procesos antes descritos, se ha elaborado una matriz de riesgos tanto para Fresnillo como para Peñoles, por unidad de negocio, tomando en cuenta el entorno de cada una de las unidades, dichas matrices se elaboraron en conjunto con el Departamento de Administración de Riesgos.

Uno de los objetivos de la Dirección de Auditoría Interna, es el diseño y creación de programas de trabajo que tengan la función de ser mecanismos de control para los diferentes riesgos identificados y plasmados en las matrices de riesgos.



Tabla 1. Procesos auditados por la DAI

Principales procesos	Tipo de revisión por:		
	Proceso	Unidad de negocio	Ambos
Seguridad del personal		✓	
Medio ambiente, higiene y salud ocupacional		✓	
Contratistas			✓
Mantenimiento			✓
Obra civil		✓	
Obra minera		✓	
Planta de beneficio		✓	
Laboratorio y ensayos		✓	
Acarreo de mineral y tepetate		✓	
Proyectos			✓
Exploración			✓
Venta al cobro			✓
Compra al pago de materia prima	✓		
Compra al pago (CSC - Abastecimiento)			✓
Tesorería	✓		
Costos	✓		
Gastos médicos	✓		
Gastos de viaje	✓		
Vehículos utilitarios	✓		
Fondos mineros	✓		
Logística	✓		
RH: Reclutamiento, selección y capacitación	✓		
Legal			✓
Tesorería	✓		
Activo fijo y proyectos			✓
Honorarios	✓		
Plan de pensiones y reservas	✓		
Precios de transferencia	✓		
Impuestos			✓
Nómina general de empleados	✓		✓
Nómina sindicalizada		✓	
Desarrollo Comunitario		✓	
TI y control de procesos			✓
Seguridad de información			✓

Como parte de las revisiones de cada uno de los procesos clave se considera la verificación de los siguientes aspectos:

1. Revisión general de contratistas (exploración, obra civil, obra minera, mantenimiento, etc.)
2. Contratistas obra civil
3. Contratistas obra minera
4. Indicadores operativos (factor de carga, tamaño de fragmentación, eficiencia de disparo, etcétera).
5. Depósitos de jales:
 - Cumplimiento de la normatividad establecida por la SEMARNAT.
 - Manifestación de Impacto Ambiental
 - Plan de Cierre
6. Cálculo de reservas
7. Dilución
8. Planta de beneficio
9. Seguridad y medio ambiente



10. Mantenimiento
11. Acarreo de mineral y tepetate
12. Compra al pago local
13. Almacén de materiales y refacciones
14. Comercialización
15. Información financiera
16. Derechos de agua
17. Programas de apoyo comunitario

3.1.3 Revisión de los depósitos de jales

Como se pudo observar, el punto 5) de la sección 3.1.2, se refiere a la revisión de los riesgos relacionados con los Depósitos de Jales. En la actualidad no existe como tal un programa de trabajo para medir el nivel de control que existe para dichos riesgos.

Adicionalmente, una de las nueve estrategias corporativas de Peñoles, se refiere al “Desarrollo Sustentable”, donde se estipula que “En Peñoles estamos comprometidos en fortalecer nuestros procesos de gestión en medio ambiente, seguridad, salud y desarrollo comunitario buscando que nuestras unidades actuales y proyectos futuros operen bajo un marco de sustentabilidad que garantice el cumplimiento con la regulación aplicable, la integridad del personal, el cuidado de su estado de salud y la buena relación con las partes interesadas en el entorno siendo un factor de desarrollo y bienestar.” Derivado de dicha estrategia, uno de los principales riesgos que tienen que ser monitoreados constantemente es el de “Regulaciones Ambientales” (Peñoles, 2012).

Por lo antes mencionado, existe una justificación para la elaboración de un programa de trabajo para poder auditar, validar y monitorear de manera sistemática, los niveles de control que existen para lo aplicable a los depósitos de jales, tomando en cuenta las leyes y regulaciones oficiales mexicanas, así como las normas internas de la propia compañía.

3.2 Lineamientos Internacionales que cumple

La dirección de Auditoría Interna se rige bajo los lineamientos de “The Institute of Internal Auditors” (Instituto de Auditores Internos), el cual tiene como misión proveer una dirección dinámica para la auditoría interna de manera global. Lo anterior mediante:

- Apelar y promover el valor que agrega la auditoría interna a las diferentes organizaciones.
- Proveer y desarrollar estándares de profesionales, educacionales y de desarrollo, así como programas de certificaciones, guías prácticas, etc.
- Investigar, diseminar y promover todos los conocimientos que están relacionados en la auditoría interna y su rol apropiado para el control y manejo de riesgos.
- Educar a los profesionales y otras audiencias relevantes en las mejores prácticas para la auditoría interna.



- Conjuntar auditores internos de todos los países para poder compartir información y experiencias.

El Instituto de Auditores Internos se rige por los Estándares Internacionales para la Práctica Profesional de la Auditoría Interna, los cuales están enfocados en proveer de un marco regulatorio para realizar las actividades de auditoría interna. Dichos estándares consisten en requerimientos básicos para la ejecución de la auditoría interna y para evaluar la efectividad de la misma. Los requerimientos son los que se pueden apreciar en la Figura 2.



Figura 2. Marco del Instituto de Auditores Internos (Peñoles, 2012)

Por lo tanto, el departamento de Auditoría Interna dará cumplimiento a los Estándares Internacionales de la Práctica de Auditoría Interna y al Código de Ética, emitidos por el Instituto de Auditores Internos, todo bajo nuestra normatividad y valores CRIL (Confianza, Responsabilidad, Integridad y Lealtad) (Peñoles, 2012).

3.3 Política Interna de auditoría en Peñoles.

Es política de Peñoles formalizar los lineamientos y criterios mínimos a los que se deberá atener la función de Auditoría Interna en cuanto a sus objetivos de evaluar tanto el diseño, como la efectividad y hacer sugerencias y observaciones sobre el marco de Control Interno de Peñoles.



Lineamientos (Grupo BAL, 2010):

- a) De la actuación e Independencia de Auditoría Interna:
 - El Área de Auditoría Interna tiene como responsabilidad principal, proporcionar información suficiente y oportuna, relativa al status de control interno al Comité de Auditoría y Prácticas Societarias (“Comité de Auditoría”) y a la Dirección General.
 - El Área de Auditoría Interna llevará a cabo revisiones de i) control interno y cumplimiento y, en su caso, detección y reporte de deficiencias, ii) control interno sobre la generación de información financiera, y iii) de carácter especial
 - El Área de Auditoría Interna mantendrá en todo momento su independencia y no tendrá autoridad directa sobre el desarrollo e implementación de procedimientos contables, operacionales, preparación de registros, formulación de metodologías contables o alguna otra actividad que comprometa su independencia.
- b) De la planeación y Alcance de Auditoría Interna:
 - El área de Auditoría Interna, desarrollará un plan de auditoría interna anual a ser presentado para revisión y autorización del Director General y del Comité de Auditoría
 - El área de Auditoría Interna podrá realizar cambios y/o modificaciones al Plan de Auditoría Interna Anual durante el curso del año, ya sea por solicitud del Director General o del Comité de Auditoría cuando lo considere apropiado. Los cambios y/o modificaciones propuestas al Plan de Auditoría Interna Anual deberán ser notificados al Comité de Auditoría y al Director General.
- c) De la Ejecución y Observación de la Auditoría Interna.
 - El Área de Auditoría Interna contará con los recursos necesarios para llevar a cabo la labor de auditoría interna, los cuales deberán ser suficientes en número, considerando la expectativa de revisión sobre el Plan de Auditoría Interna Anual aprobado por el Comité de Auditoría y así mismo, contará con las facultades necesarias para ejecutar dicha función. Se requerirán las autorizaciones correspondientes para la contratación de profesionales externos en temas



específicos tratándose de aspectos de especialización y apoyos en trabajos durante el año.

- En la ejecución del Plan Anual de Auditoría Interna, el Área de Auditoría Interna está facultada, tanto por el Comité de Auditoría, como por la Dirección General, para tener acceso completo, libre e irrestricto a todas las actividades, operaciones, registros, sistemas, propiedades y personal de Peñoles.

4. Los depósitos de jales y el marco normativo en México

4.1 Depósitos de Jales

Los jales, colas o lamas es el material sobrante que queda del proceso de beneficio después de separar la fracción económica valiosa (mena) del material que no presenta interés económico (ganga).

El proceso de concentración de minerales, en algunos casos utiliza reactivos químicos para poder beneficiar el mineral, dicho proceso requiere que éste sea reducido a partículas de tamaño pequeño, con diámetros desde arcillas (<0.01 mm) hasta arenas (0.1 mm). Los depósitos de jales son las construcciones donde se almacenan los jales, los cuales son transportados en forma de pulpa (una mezcla de partículas de tamaño muy pequeño y agua). Existen varios métodos constructivos. La Figura 3 muestra el método constructivo aguas arriba (SEMARNAT, 2004) y la Figura 4 el método constructivo “aguas abajo” (SEMARNAT, 2004).

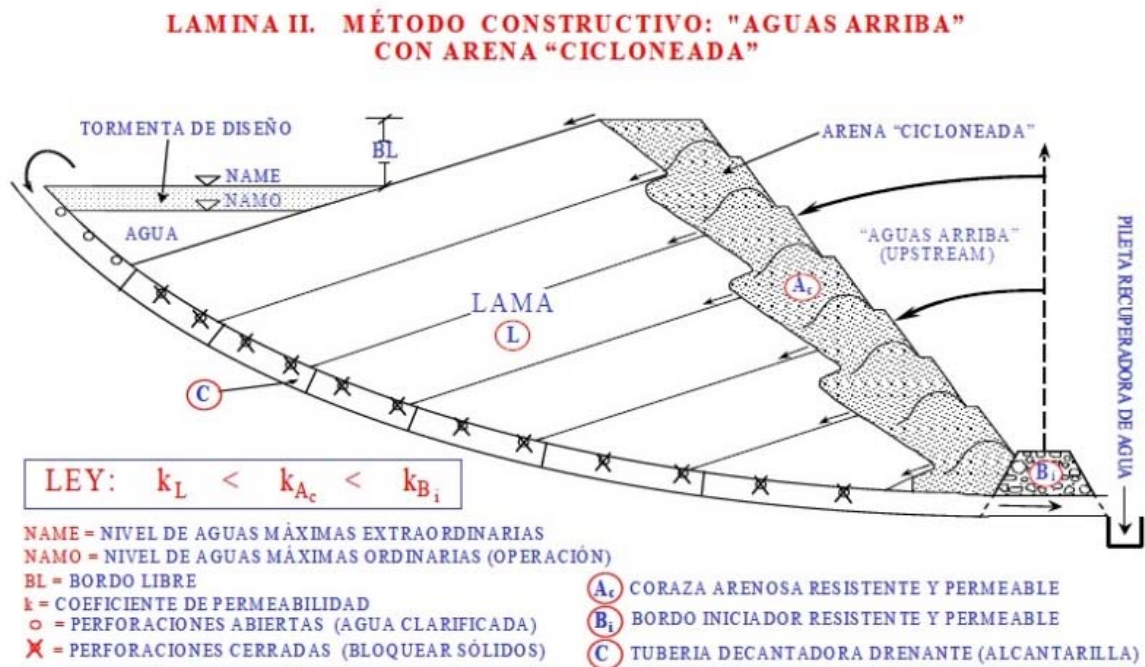
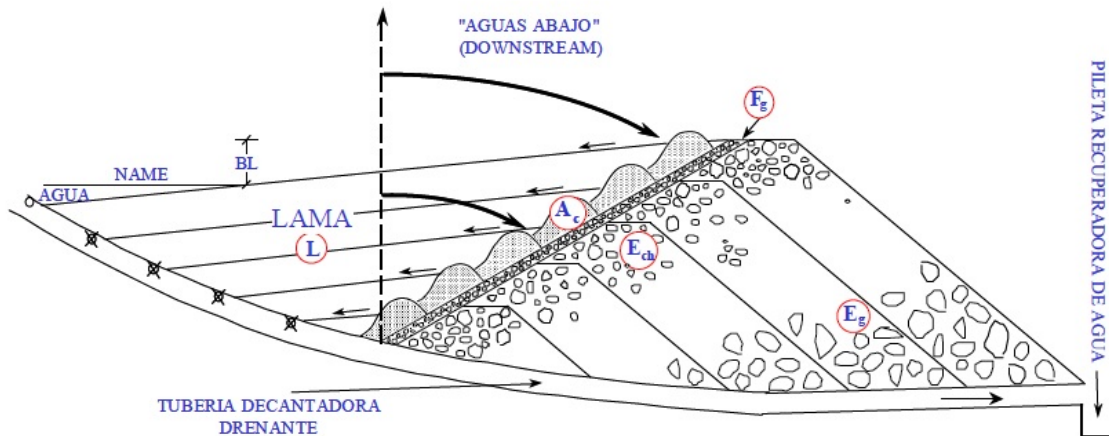


Figura 3. Método constructivo “aguas arriba”. Fuente: SEMARNAT, 2004

**LAMINA IV. MÉTODO CONSTRUCTIVO: "AGUAS ABAJO"
CON ENROCAMIENTO**



LEY: $k_L < k_{A_c} < k_{F_g} < k_{E_{ch}} < k_{E_g}$

- NAME** = NIVEL DE AGUAS MAXIMAS EXTRAORDINARIAS
BL = BORDO LIBRE
k = COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD
o = PERFORACIONES ABIERTAS (AGUA CLARIFICADA)
x = PERFORACIONES CERRADAS (BLOQUEAR SÓLIDOS)

- A_c** ARENA "CICLONEADA"
F_g FILTRO DE GRAVA-ARENA
E_{ch} ENROCAMIENTO CHICO
E_g ENROCAMIENTO GRANDE

Figura 4. Método constructivo "aguas abajo". Fuente: SEMARNAT, 2004

Existen otros métodos como son jales espesados, por espigas, con canal central, etc., además de variaciones en los métodos como son el uso de enrocamientos, arena cicloneada, enrocamiento y espigas, etc. (SEMARNAT, 2004); sin embargo, para las unidades de Peñoles y Fresnillo, solo se utilizan los métodos de "aguas arriba" y "aguas abajo", esto por ser los más seguros en consideración de la empresa. En algunas ocasiones, los jales representan un costo externo para la unidad minera. Esto puede ser más común cuando no se planea bien los pasos necesarios para asegurar que las áreas donde se ubican los depósitos de jales tendrán una estabilidad física y química después del cierre de la unidad minera. En la actualidad, especialmente donde existen leyes ambientales establecidas y en constante actualización, las compañías mineras contemplan la rehabilitación y proceso de abandono de los depósitos de jales e incluyen los costos y actividades necesarias para ello en su planeación. Por ejemplo, en la provincia de Quebec, Canadá, se requiere, no tan solo presentar un plan de cierre al inicio de las actividades mineras, sino también hacer el depósito de una garantía financiera, equivalente al 100% de los costos estimados de rehabilitación (NOAMI, 2010). Los depósitos de jales usualmente son el costo ambiental más significativo para un proyecto minero.



La composición de los jales depende directamente de la composición del mineral y el proceso de beneficio que se utiliza para separar el mineral de mena de la ganga.

Algunos procesos de extracción como la lixiviación, pueden resultar en el uso de ciertas cantidades de reactivos químicos, utilizados para beneficiar el mineral, una vez que se han realizado etapas previas de concentración.

Los jales contienen cantidades pequeñas de metales encontrados en el mineral beneficiado. Es muy raro encontrar elementos en su forma nativa, siendo lo más común encontrarlos en forma más compleja como compuestos. Los minerales y reactivos más comunes encontrados en los jales incluyen: arsénico, barita, calcita, fluorita, sulfuros, cadmio, cianuro, etc. (SEMARNAT, 2005).

Las presas de jales presentan un costo alto a largo plazo en la industria minera. Si la compañía minera cae en bancarota, el gobierno local tendrá la responsabilidad del mantenimiento y monitoreo de los depósitos prácticamente de por vida, incluso cuando es claro que las compañías que generan el residuo deben de hacerse cargo del mismo aún en las etapas post operativas.

4.2 Consideraciones ambientales de los jales

Los elementos y compuestos liberados a través del minado y beneficio, los cuales generalmente no forman parte del sistema ecológico (en forma o concentración) tienen el potencial de alterar el entorno receptor. La mayoría de los sobrantes del proceso de minado contiene minerales como sulfuros, los cuales son formados a temperaturas y presiones altas a cierta profundidad geológica. Cuando dichos minerales son expuestos a condiciones aeróbicas superficiales como resultado del procesamiento, los minerales se pueden descomponer, liberando elementos de sus composiciones mineralógicas, los cuales pueden no ser fácilmente absorbidos por los ecosistemas receptores, generando un impacto en el mismo. Uno de estos fenómenos es el Drenaje Acido, el cual representa el problema más grave proveniente de los depósitos de jales (Lottermoser, 2007).

4.2.1 Generación de Drenaje Ácido

La generación de drenaje ácido es uno de los principales problemas asociados a los yacimientos de sulfuros polimetálicos. Este término hace alusión a toda el agua ácida que es originada por la piritita y otros sulfuros que son afectados por el efecto de la oxidación (Oyarzún, 2008). El drenaje ácido se caracteriza por tener valores de pH por debajo de 4, una alta concentración de Fe^{2+} , Fe^{3+} y SO_4^{2-} , una alta conductividad y un potencial alto de contenidos de metales tóxicos como son As, Cd, Pb, Zn, Cu, Hg, Sb, Se, etc. El drenaje ácido se genera por el escurrimiento de soluciones ácidas sulfatadas, con un contenido significativo de metales disueltos, resultado de la oxidación química antes descrita. Las reacciones de oxidación ocurren en forma natural, y se aceleran por el aumento de exposición de la roca al oxígeno y al agua y por la acción catalizadora de algunas bacterias (Lottermoser, 2007).

4.2.2 Afectaciones potenciales al ambiente

Los posibles impactos al medio ambiente pueden ser:



- Afectar ecosistemas acuáticos, como resultado de la acidez y metales disueltos en las aguas. Estos organismos son más sensibles que los seres humanos a los niveles elevados de la mayoría de metales.
- Si los metales se encuentran en el agua, son asimilados por los organismos vivos, se acumulan en los sedimentos y pueden ingresar en la cadena alimenticia.
- Inhibir el crecimiento de comunidades de flora aledañas a los canales de drenaje, debido a que la acumulación de hierro y de sulfuros en la superficie de los suelos dificulta la penetración de las raíces. También, el ácido sulfúrico afecta la tasa de crecimiento de las plantas.
- Afectar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas (acuíferos poco profundos), lo cual podría afectar a la comunidad por limitar o impedir utilizar las aguas para algunos usos como riego o recreación.
- Deteriorar la calidad del agua de mina, limitando su uso en el proceso; y creando problemas de corrosión en las instalaciones y equipos mineros.
- Dificultar procesos de revegetación y estabilización de los depósitos de residuos mineros, ya que la generación de ácido obstaculiza el establecimiento de una capa vegetal.

4.2.3 Movilidad de los constituyentes tóxicos de los jales

El suelo es alterado como resultado de las actividades mineras. Una de las anomalías biogeoquímicas que se generan al momento de la extracción, es el aumento de la cantidad de microelementos en el suelo convirtiéndolos a niveles de macroelementos los cuales afectan negativamente la biota y calidad de suelo; estos afectan el número, diversidad y actividad de los organismos del suelo, inhibiendo la descomposición de la materia orgánica del suelo. Puga (2006) comenta que los jales son tóxicos para los organismos vivos y son inhibidores de factores ecológicos afectando el crecimiento de las plantas.

Los metales tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles al consumo de las raíces de los cultivos (Baird, 1999). Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de éstos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, y especialmente en la solución húmeda (Kabata-Pendias y Pendias, 2001). Gulson et al. (1996) mencionan que excesivas concentraciones de metales en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del medio ambiente, ya que estos se mueven a través de la cadena alimenticia vía consumo de plantas por animales y estos a su vez por humanos. Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la deflación.

Debido a que los jales están expuestos al intemperismo, los minerales que contienen pueden ser afectados por diferentes procesos, como disolución-precipitación, reacciones de óxido-reducción, y adsorción-desorción, que pueden modificar la movilidad, biodisponibilidad y toxicidad de los metales contenidos, derivando en su liberación y subsecuente acumulación e infiltración. La



movilidad de los metales es afectada por diversos parámetros fisicoquímicos, especialmente por el pH, salinidad, textura, capacidad de intercambio catiónico, potencial redox y composición mineralógica (Volke, 2005).

4.3 La normatividad en materia de presas de jales

La NOM-141-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004), establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y post operación de presas de jales).

De acuerdo con esta norma la peligrosidad de un jal aumenta en función del incremento en el potencial de lixiviación de metales o de elementos tóxicos solubles en agua.

Los elementos potencialmente tóxicos más comúnmente presentes en los jales de las minas mexicanas y que están regulados por esta norma son: arsénico, bario, cadmio, cromo, mercurio, plata, plomo y selenio. Sin embargo, otros metales que generalmente están presentes en los jales son el aluminio, hierro, cobre y zinc.

La norma tiene como objetivo establecer "...especificaciones para la caracterización del jal y la caracterización del sitio, así como criterios para la mitigación de los impactos ambientales por la remoción de la vegetación para el cambio de uso del suelo. Asimismo, señala especificaciones y criterios ambientales para las etapas de preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y post operación de presas de jales, y para el monitoreo". Es decir, la norma contiene especificaciones para identificar las características de peligrosidad de los jales y permitir que éstos sean manejados conforme a las mismas. Más aún, establece criterios que contemplan el ciclo de vida de las estructuras diseñadas para el depósito de los jales propiciando que éstas cuenten con características mínimas de seguridad, condiciones que eran inexistentes de manera previa a la publicación la norma.



La siguiente Figura 5 muestra la manera como se encuentra estructurada la NOM-141-SEMARNAT-2003 (CMBJ, 2010):

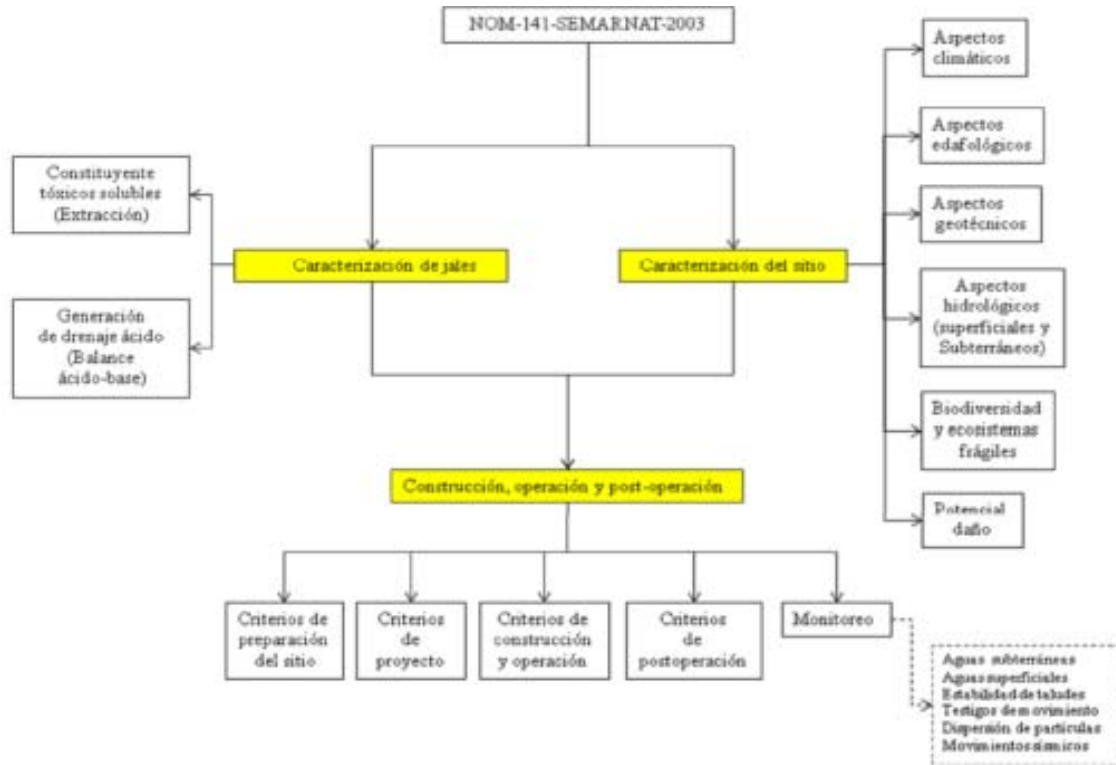


Figura 5. Marco estructural NOM-141-SEMARNAT-2003

4.3.1 Caracterización de los jales

A través de las especificaciones contenidas en este apartado, se pretende que el generador conozca el potencial de peligrosidad del jal que emite con base en su composición. De acuerdo con la norma, el jal puede ser peligroso siempre que, de acuerdo con los resultados de las pruebas de laboratorio que se indican en el documento y los criterios establecidos en éste, exista la posibilidad de que se presente alguna de las siguientes condiciones: movilidad de elementos potencialmente tóxicos o generación de drenaje ácido, siendo éste uno de los principales problemas ambientales de la minería y el cual está directamente relacionado con la composición mineralógica de la mena y la disponibilidad de agua y oxígeno. Esta información permite planear el manejo que tendrá el jal en el futuro, incluyendo su posible uso en la construcción de la cortina contenedora del depósito y el diseño de estrategias de cierre de los depósitos.

4.3.2 Caracterización del sitio

Por lo que respecta a la NOM-141-SEMARNAT-2003, la caracterización del sitio implica la recolección de información con el propósito de conocer las condiciones físicas y bióticas que



prevalecen en el mismo y ubicar con la mayor precisión posible, sus fortalezas y debilidades para la ubicación del depósito de jales, a efecto de que éste sea lo suficientemente sólido para contener los jales que se vierten en el mismo.

En la norma se establece que se deben llevar a cabo evaluaciones relacionadas con aspectos climáticos, edafológicos, geotécnicos, hidrológicos, biodiversidad y potencial de daño a elementos susceptibles de ser afectados en caso de algún accidente. Este tipo de estudios permiten a los tomadores de decisiones determinar el lugar ideal para ubicar el depósito, manteniendo un equilibrio entre los factores económicos y los factores técnicos implícitos en la construcción de este tipo de obras, los cuales están sustentados en información real, lo que les permite derivar y evaluar diferentes escenarios de riesgo.

Se establecen especificaciones para identificar aspectos climáticos, la estructura geológica, las propiedades de las formaciones rocosas, condiciones de fisuramiento, tipo y características de suelo y condiciones de sismicidad. Además, se solicita identificar especies en riesgo que existen en el sitio, así como las poblaciones y recursos susceptibles de ser afectados en caso de que se presentara alguna falla en el sistema.

4.3.3 Construcción, operación y post operación

Los depósitos de jales son obras de ingeniería cuya construcción y operación ocurren de manera simultánea. Debido a esta característica peculiar, la norma engloba en un solo apartado ambos procesos. Los elementos recopilados durante la caracterización del sitio y de los jales resultan primordiales durante esta etapa ya que, si de acuerdo con los resultados de los estudios existen elementos ambientales susceptibles de ser vulnerados, se debe preparar el sitio para evitar o mitigar el daño sobre los elementos identificados. Asimismo, se establecen especificaciones para propiciar la preservación de los recursos bióticos presentes en el sitio durante los procesos de construcción de la presa y su operación.

Una parte innovadora de la norma la constituyen los criterios de post operación. Esto es importante porque se plasma la necesidad de que las operaciones mineras no sean abandonadas una vez que concluye su vida útil, por lo que se incluyen criterios para el cierre y monitoreo de las instalaciones para el momento en el que el depósito deja de operar, mismos que tienen como objetivo que no se emitan partículas sólidas a la atmósfera, que no se contaminen cuerpos de agua superficiales y subterráneos, que existan actividades para controlar la generación de drenaje ácido cuando ésta se presente; además de un monitoreo continuo de la estabilidad física y química del depósito, mediante pozos de monitoreo, testigos de movimiento, así como sismógrafos cuando el depósito se encuentre en una zona sísmica (SEMARNAT, 2004).



5. Desarrollo del Programa de Trabajo

Derivado de los riesgos seleccionados por la Alta Dirección que se discutieron de manera general al inicio del tercer capítulo, se elaboró una matriz de riesgos que contempla a todas las unidades mineras de la compañía.

Dicha matriz contiene los riesgos antes mencionados, los cuales están separados por grupo, dependiendo del tipo de riesgo del que se trate. Los grupos de riesgos se presentan de la siguiente manera:

- Adquisiciones
- Continuidad del negocio
- Contratistas
- Costos
- Medio ambiente
- Exploración
- Cumplimiento legal
- Salud
- Tecnologías de la información
- Acceso a tierras
- Concesiones/Permisos
- Sindicato
- Insumos
- Operación/Producción
- Productividad
- Proyectos
- Permisos y certificaciones
- Seguridad

Los riesgos identificados que se encuentran relacionados con los depósitos de jales son los relacionados al medio ambiente y a la operación, cabe señalar que en este documento no se presentan los riesgos restantes. Antes de la elaboración del programa de trabajo no existían pruebas como tal para revisar el control existente de dichos riesgos, por lo que se revisaban los depósitos de manera general y sin tener una serie de actividades que aseguraran la estabilidad física y química de los mismos. Se presentan a continuación los riesgos que se estarán revisando mediante la aplicación del protocolo que integra el programa de trabajo (Tabla 2):



Tabla 2. Riesgos relacionados a los depósitos de jales

Riesgos relacionados a los depósitos de jales
Interrupción en los procesos y secuencia de la producción de mina.
Riesgo de accidentes ambientales: Colapso/desborde de la presa de jales
No se están consiguiendo las certificaciones relativas a seguridad, salud y medio ambiente o éstas se están perdiendo.
Retraso o no obtención de los permisos de construcción.
Impacto ambiental negativo o afectación de la flora y fauna nativa por contaminación, escurrimiento o infiltración de materiales y residuos peligrosos, etc.
Riesgo de reputación relacionado a los medios de comunicación y opinión pública
Incumplimiento y cambios en regulaciones de medio ambiente, salud y seguridad; sobre todo en relación al tema actual del cambio climático. (Ejemplos: en el manejo y uso de explosivos, acerca de residuos y materiales peligrosos, contaminación del agua, o ventilación en áreas de trabajo.)

Cabe señalar que el alcance del programa está basado en la NOM-141-SEMARNAT-2003, por lo que toma en cuenta los riesgos de la empresa e incorpora pruebas que garantizan que se identifiquen todos los hallazgos que no cumplan con la Normatividad Mexicana

Derivado de la matriz de riesgos, que se trató en el capítulo pasado, se ha elaborado un programa de trabajo que tiene como objetivo revisar todos los controles existentes para mitigar o controlar los riesgos antes mencionados. A continuación se presenta el programa, tomando en cuenta la naturaleza de la prueba, así como una descripción de la misma y el control que se revisa.

A. Validar las condiciones generales de las presas de jales

Verificando: a) canales de desvío de aguas superficiales, b) cercas perimetrales de las presas de jales, c) estado de la bóveda en caso de que exista, d) programa de mantenimiento de las presas de jales.

Tipo de Prueba: Observación

Riesgos relacionados a controles evaluados:

- Interrupción en los procesos y secuencia de la producción de mina
- Riesgo de accidentes ambientales: Colapso/desborde de la presa de jales
- No se están consiguiendo las certificaciones relativas a seguridad, salud y medio ambiente o éstas se están perdiendo.

Descripción de la prueba: Mediante la observación en campo, se validarán las condiciones en las que se encuentran los canales de los depósitos, la bóveda (en caso de que exista), así como cercas perimetrales, con el objetivo de asegurar que no existe el riesgo de una sobresaturación acuosa y por ende el desbordamiento de la presa de jales. A su vez esta prueba es de utilidad para poder controlar una contingencia ambiental, en caso de que exista una generación de drenaje ácido o



existan valores de sustancias peligrosas en el depósito fuera de lo permitido (reactivos como cianuro, metales pesados, etcétera).

Se verificará que las canaletas sean de los volúmenes requeridos por la cantidad de agua superficial que existe en la zona, tomando en cuenta que no existan filtraciones y que se esté dando un mantenimiento preventivo y correctivo para que no se obstruyan los canales de desvío.

En el caso de la bóveda, de ser posible se dará un recorrido dentro de la misma, con el objetivo de validar que ésta se encuentre libre de obstrucciones, así como que el acero no se esté dejando expuesto debido a una falta de mantenimiento, puesto que ello conlleva también a que el acero se desgaste y la estructura pierda estabilidad física.

B. Validar que exista un cambio de uso de suelo conforme lo estipula la NOM-141-SEMARNAT-2003.

Tipo de Prueba: Inspección documental de evidencia.

Riesgos relacionados a controles evaluados:

- Interrupción en los procesos y secuencia de la producción de mina
- No se están consiguiendo las certificaciones relativas a seguridad, salud y medio ambiente o éstas se están perdiendo.

Descripción de la prueba: Ya que el almacenamiento de los jales puede efectuarse en el lugar donde se generen (CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN, 2015), en el caso de que se requiera ubicar una presa de jales en áreas naturales protegidas, es necesario realizar un cambio de uso de suelo en terrenos forestales, y utilización de causas y zonas federales. Es por ello que en esta prueba se pedirá al dueño del proceso o responsable de los depósitos que muestre dicho permiso de cambio de uso de suelo para garantizar que el depósito se encuentra operando dentro de las normas mexicanas.

C. Verificar que exista una caracterización de los jales como se estipula en la NOM-141-SEMARNAT

Verificando: a) Movilidad de los constituyentes tóxicos, b) Potencialidad de generación de drenaje ácido.

Tipo de Prueba: Inspección documental de evidencia.

Riesgos relacionados a controles evaluados:

- Interrupción en los procesos y secuencia de la producción de mina
- Riesgo de accidentes ambientales: Colapso/desborde de la presa de jales
- No se están consiguiendo las certificaciones relativas a seguridad, salud y medio ambiente o éstas se están perdiendo.
- Impacto ambiental negativo o afectación de la flora y fauna nativa por contaminación, escurrimiento o infiltración de materiales y residuos peligrosos, etc.



- Riesgo de reputación relacionado a los medios de comunicación y opinión pública
- Incumplimiento y cambios en regulaciones de medio ambiente, salud y seguridad; sobre todo en relación al tema actual del cambio climático.

Descripción de la prueba: Como lo indica la NOM-141-SEMARNAT, se debe de realizar una caracterización del jal que se deposita en la presa, por lo que la unidad minera debe de realizar dos pruebas conforme a la normatividad mexicana para garantizar que no existe peligrosidad por parte de los jales. Las muestras de jal para la determinación analítica deben ser tomadas directamente del área de almacenamiento o de las pruebas metalúrgicas realizadas al inicio de la operación de la unidad minera, sin embargo es conveniente que se hagan estudios de manera periódica, puesto que la naturaleza del yacimiento puede llegar a cambiar.

La primera que valida su realización es la prueba de extracción de los constituyentes tóxicos, de acuerdo con el método de prueba para realizar la extracción de metales y metaloides en jales, con agua en equilibrio con CO₂. Analizando los resultados de esta prueba, si la concentración en el extracto de uno o varios de los elementos listados en la Tabla referente a los constituyentes tóxicos en el extracto PECT de la NOM-052-SEMARNAT-1993 (SEMARNAT, 2006) es superior a los límites permisibles señalados en la misma, los jales son peligrosos por su toxicidad. Dicha prueba se encuentra contenida en la NOM-141-SEMARNAT-2003 en el inciso 5.2.1 referente a la caracterización de jal.

La segunda prueba a revisar es la de potencialidad de generación de drenaje ácido. Para determinar si los jales son generadores potenciales de ácido, se debe aplicar la prueba modificada de balance ácido base. En caso de que la relación Potencial de Neutralización (PN) / Potencial Ácido (PA) sea menor a 1.2, se consideran generadores potenciales de ácido. Dicha prueba se encuentra contenida en la NOM-141-SEMARNAT-2003 en el inciso 5.2.2 referente a la caracterización de jal.

En caso de que los resultados arrojen que los jales son Potencialmente Generadores de Drenaje Ácido (PGDA), se revisará que la unidad minera cuente con un plan para poder mitigar o controlar la presencia de drenaje ácido, como es el uso de métodos pasivos como humedales, barreras químicas, etc; así como métodos activos como es adición de material básico.

D. Validar el estudio de caracterización del sitio de ubicación de las presas de jales, conforme a la NOM-141-SEMARNAT

Verificando: a) Aspectos climáticos b) Aspectos geotécnicos, c) Aspectos hidrológicos, d) Biodiversidad y ecosistemas frágiles o únicos, e) Potencial de daño.

Tipo de Prueba: Inspección documental de evidencia.

Riesgos relacionados a controles evaluados:

- Interrupción en los procesos y secuencia de la producción de mina
- Riesgo de accidentes ambientales: Colapso/desborde de la presa de jales



- No se están consiguiendo las certificaciones relativas a seguridad, salud y medio ambiente o éstas se están perdiendo.

Descripción de la prueba: Con el propósito de caracterizar el sitio donde se proponga ubicar la presa de jales, una vez definida la peligrosidad del jal que genere el proceso de beneficio de minerales, se verificará que el generador lleve a cabo estudios que le permitan identificar a los elementos del ambiente y biota que sean susceptibles de daño por el depósito de jales. En esta prueba se debe de revisar, que previo a la selección del sitio deben existir los siguientes estudios:

- *Aspectos climáticos:* Para prevenir daños a la presa de jales por factores climatológicos y evitar que se genere carga hidráulica sobre la cortina contenedora o se produzca algún derrame de excedencias hacia la cuenca aguas abajo, se deben investigar y documentar los siguientes aspectos climáticos: zona hidrológica de ubicación del sitio, precipitación media mensual y anual, así como sus valores máximos y mínimos, tormenta máxima observada para una duración de 24 horas, tormenta de diseño para un periodo de retorno establecido de acuerdo con la clasificación del jal, la zona hidrológica y la topografía del sitio, velocidad, dirección y frecuencia de los vientos.
- *Aspectos edafológicos:* Se deben de determinar en el sitio de ubicación de la presa de jales los siguientes parámetros del suelo: textura, conductividad eléctrica y pH. Estos parámetros físicos y químicos permiten describir el tipo de suelo para la caracterización del sitio.
- *Aspectos geotécnicos:* Se deben considerar los siguientes aspectos:
 - a) Describir la estructura geológica general y al detalle; las propiedades mecánicas de las formaciones rocosas, especialmente las relativas a su permeabilidad y resistencia; las condiciones de fisuramiento y orientación, amplitud y profundidad de las fisuras, el grado y profundidad actual de la roca intemperizada y posibilidades de alteración futura, por los agentes del intemperismo.
 - b) Determinar las propiedades mecánicas de los suelos, en lo que se refiere a su estratigrafía, haciendo resaltar la homogeneidad o heterogeneidad de los mismos, el tipo de suelo de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, así como su permeabilidad, porosidad, compresibilidad y resistencia al corte.
 - c) Determinar la región sísmica donde se ubica el sitio con base en la información de Regiones Sísmicas en la República Mexicana, contenida en la NOM-141-SEMARNAT-2003
- *Aspectos Hidrológicos:* Para comprobar que la presa de jales no representa un riesgo para los cuerpos de aguas superficiales y subterráneos, en cuanto a su uso, aprovechamiento y explotación, se deben presentar los siguientes estudios:
 - *Superficial:*
 - a) Delimitar la subcuenca hidrológica donde se localiza el sitio del depósito de jales.
 - b) Determinar el volumen medio anual del escurrimiento de la cuenca de aguas arriba del sitio de interés, conforme a la NOM-011-CNA-2000



- c) Cuando tenga que utilizarse algún cauce de cualquier tipo de corriente para ubicar el depósito, determinar el gasto correspondiente con el sitio de interés
 - d) Determinar el área de inundación de la subcuenca, representándola en cartas topográficas de INEGI a escala 1:50,000 o a una adecuada, si la zona de estudio es adecuada.
 - e) Determinar la calidad del agua de los cuerpos superficiales, tanto aguas arriba como aguas abajo, con base en las concentraciones de parámetros físicos y químicos: pH, conductividad, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, grasas y aceites, sólidos disueltos totales, cianuro total, coliformes fecales y metales como plomo, cadmio, cobre, zinc, o cualquier otro que pueda en un momento dado derivarse del depósito de jales.
- *Subterránea:*
 - a) Cuando en el sitio seleccionado para establecer una presa de jales exista un acuífero, se debe evaluar la vulnerabilidad de éste de acuerdo con la NOM-141-SEMARNAT-2003.
 - b) Cuando en el sitio seleccionado para la construcción de la presa de jales exista un acuífero se debe verificar la existencia de aprovechamientos hidráulicos subterráneos en una franja perimetral de 500 metros alrededor de los límites de la presa colmada. Esta condición no se aplicará en los casos de aprovechamientos ubicados aguas arriba y cuyo radio máximo de influencia se localice a una distancia mínima de 100 m en dirección del sitio del depósito. En caso de que existan parteaguas de la subcuenca a menos de 500 m, se tomarán éstos como límites.
 - c) Efectuar la caracterización física y química del agua subterránea activa, seleccionando aquellos parámetros directamente asociados a la generación de lixiviados derivados de las presas de jales. La caracterización se debe realizar directamente en el sitio de interés o a través del muestreo en aprovechamientos hidráulicos subterráneos aledaños a la presa de jales.
 - *Biodiversidad y ecosistemas frágiles o únicos:* Caracterizar el sitio, identificando la presencia de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001, así como la ubicación de los ecosistemas frágiles o únicos.
 - *Potencial de Daño:* Se deben de tomar en cuenta los siguientes factores:
 - a) Identificar los centros de población, cuerpos de aguas superficiales, ecosistemas frágiles, especies en riesgos o áreas de suelos agropecuarios que puedan ser afectados en caso de derrame o fuga por falta parcial o total de la cortina contenedora. Si existe posibilidad de afectación a un centro de población o de daño a un cuerpo de agua superficial, se deben aplicar las medidas de proyecto, construcción, operación y monitoreo clasificadas con el número 1 en el Anexo Normativo 3: Clasificación de presas de jales en la República Mexicana de la NOM-141-SEMARNAT-2003, así como las medidas señaladas en el punto 5.7 relativas a la etapa de post operación contenidas en la misma norma,



- b) Analizar si los polvos fugitivos del depósito pueden llegar a algún centro de población y alterar la calidad del aire; en este caso, se tienen que implementar las medidas descritas en los criterios de construcción-operación y de la etapa de post-operación, enfocados a mitigar estas emisiones.

E. Validar la preparación continua de los sitios donde se ubican las presas de jales

Tipo de Prueba: Inspección documental de evidencia/Observación

Riesgos relacionados a controles evaluados:

- Interrupción en los procesos y secuencia de la producción de mina
- Riesgo de accidentes ambientales: Colapso/desborde de la presa de jales
- No se están consiguiendo las certificaciones relativas a seguridad, salud y medio ambiente o éstas se están perdiendo.

Descripción de la prueba: Mediante esta prueba, se debe de verificar que exista un proceso libre de riesgos en el momento de preparación y operación de la presa de jales. Mediante la inspección documental y la observación en el campo, se debe verificar que se cumplan los siguientes puntos:

- a) La preparación del sitio de la presa de jales debe incluir medidas de prevención o control a la contaminación, a través de obras de ingeniería complementaria que acrediten técnicamente que no se afectará a los acuíferos o a los aprovechamientos hidráulicos, cuando el jal sea peligroso, exista un acuífero vulnerable o existan aprovechamientos hidráulicos subterráneos dentro de una franja de 500 metros alrededor del perímetro de la presa colmada.
- b) Cuando el agua de la presa de jales se recircule al proceso de beneficio, debe evitarse que entre en contacto con los cuerpos naturales de aguas superficiales.
- c) Las especies de flora y fauna silvestres en riesgo que se localicen en el área del proyecto deben ser protegidas mediante programas o acciones encaminadas a su reubicación, salvamento o enriquecimiento mediante viveros y criaderos, conforme lo establece la Ley General de Vida Silvestre y apeándose a la normatividad de referencia.
- d) Identificar previamente las actividades de desmonte, las especies arbóreas que se conservarán in-situ o se integren al diseño de áreas verdes, así como especies biológicas de especial interés como cactus, bromelias y orquídeas, entre otras, susceptibles de trasplante y aquellas con algún tipo de valor regional o biológico.
- e) Realizar las labores de reubicación, trasplante y monitoreo con métodos que garanticen su supervivencia. El desmonte y despalme se deben realizar en forma gradual y unidireccional para poder permitir el desplazamiento de la fauna hacia zonas menos perturbadas. Se debe definir y señalar las zonas en que se mantendrá la vegetación rescatada.



- f) Cuando la capa de suelo sea retirada para preservar el germoplasma, y utilizarse para reforestar o restituir la cubierta vegetal, el sitio de almacenamiento temporal del suelo rescatado deberá contar con medidas de protección que eviten pérdidas por erosión eólica o pluvial.
- g) Debe asegurarse que el sitio seleccionado sea capaz de soportar y almacenar el volumen de jal proyectado.

F. Verificar los criterios del proyecto, construcción y operación de la presa de jales conforme lo estipula la NOM-141-SEMARNAT-2003

Tipo de Prueba: Inspección documental de evidencia.

Riesgos relacionados a controles evaluados:

- Interrupción en los procesos y secuencia de la producción de mina
- Riesgo de accidentes ambientales: Colapso/desborde de la presa de jales
- No se están consiguiendo las certificaciones relativas a seguridad, salud y medio ambiente o éstas se están perdiendo.

Descripción de la prueba: Se debe de validar que los siguientes aspectos se cumplan cuando la presa esté siendo construida, así como también que la misma sea operada mediante los criterios descritos a continuación:

- a) En la construcción y operación de la presa de jales se debe evitar la degradación de la calidad del agua subterránea y la afectación a las fuentes de abastecimiento subterráneas.
- b) Para obtener un buen contacto entre la base de la cortina contenedora y la superficie del terreno natural, se debe realizar una excavación limpia para eliminar toda la materia vegetal, suelos y/o fragmentos de roca sueltos en el área de cimentación de la misma.
- c) Los defectos que se encuentren en el área de desplante de la cortina contenedora o de bordo iniciador, tales como arcillas agrietadas, grietas abiertas en la roca, depósitos de materiales de derrumbe incrustados y suelos permeables, deben corregirse o mejorarse, retirando los materiales sueltos y frágiles, y sellando las grietas abiertas para evitar la tubificación debajo de la cortina contenedora o del bordo iniciador.
- d) Cuando la cortina contenedora o el bordo iniciador se desplante sobre una superficie rocosa inclinada, que tiende a ser lisa, se debe excavar un dentellón para anclarlos.
- e) La conformación del cuerpo de la cortina contenedora se debe realizar verificando que la distribución y colocación de los materiales en el terraplén de la misma se efectúe de acuerdo a las condiciones especificadas en el proyecto. Para la



colocación de los materiales debe alcanzarse el grado de compactación y humedad que se estipulen en cada proyecto en particular.

- f) La construcción de los elementos y obras complementarias se deben realizar considerando pendientes superficiales apropiadas para asegurar un buen manejo del agua superficial.
- g) Cuando el envío de los jales a la presa se realice por gravedad a través de canales o conductos abiertos, se debe asegurar que no habrá derrames e infiltraciones. En este caso se deben colocar avisos de advertencia ubicados en forma apropiada a las condiciones de topografía y visibilidad del sitio.
- h) En el caso del método constructivo aguas arriba, la distribución de los jales sobre la cortina contenedora debe iniciarse por la parte inferior del talud de la cortina, para permitir que los sólidos más gruesos se depositen en la parte más cercana a ésta y los más finos en la parte más alejada de la misma. De esta manera se debe garantizar la formación del estanque alejado de la cortina, evitando la saturación en el talud exterior de la misma y favoreciendo el sellado del vaso del depósito con los finos de los jales.
- i) Los primeros jales depositados deben retenerse para que el agua contenida en ellos se clarifique y se pueda extraer para su posterior utilización mediante algunos de los métodos establecidos en la NOM-141-SEMARNAT-2003
- j) Los jales se pueden utilizar en la construcción de la cortina contenedora, siempre y cuando su contenido de arena mayor a $76 \mu\text{m}$ (malla 200) sea igual o mayor a 15% y su contenido de sólidos sea igual o mayor de 50%; en caso de ser generadores potenciales de drenaje ácido, su uso está supeditado a la aplicación de un método de estabilización química o por cubierta de material de préstamo.
- k) De acuerdo con el método seleccionado para su construcción y apego a lo establecido en la NOM-141-SEMARNAT-2003, la cortina contenedora se debe formar paulatinamente y como resultado del depósito de jales en la presa.
- l) El vaso de almacenamiento debe tener el área suficiente para permitir la clarificación del agua contenida en los jales, para facilitar la extracción de la misma ya clarificada a través de las tomas del depósito o de las torres decantadoras. Se debe dejar la playa amplia con el nivel de agua alejado del talud, de tal manera que la longitud de la misma sea igual o mayor a la altura de la cortina, o se demuestre técnicamente que la cortina contenedora es estable.
- m) El vaso de almacenamiento debe tener una capacidad suficiente para mantener un bordo libre de 3 metros en zonas ciclónicas, 2 metros en zonas húmedas y 1 metro en zonas secas.
- n) El agua clarificada que se recupere se debe de conducir hasta las piletas o tanques de asentamiento, donde se retienen los sólidos que hayan sido arrastrados, para enviar el agua recuperada al cárcamo de bombeo que la retorne nuevamente al proceso de beneficio.



- o) Según el método constructivo que sea utilizado, se deben llevar a cabo las acciones necesarias para evitar que la cortina contenedora del depósito se convierta en una fuente de emisión de partículas a la atmósfera.
- p) Los estudios, planos y demás información técnica o científica utilizada para definir las actividades de construcción, así como la evidencia de su cumplimiento, debe mantenerse clasificada y disponible para que la autoridad verifique su existencia y contenido, en el momento en el que lo considere necesario.

G. Verificar los criterios de post-operación en caso de que existan depósitos fuera de operación

Tipo de Prueba: Inspección documental de evidencia.

Riesgos relacionados a controles evaluados:

- Interrupción en los procesos y secuencia de la producción de mina
- Riesgo de accidentes ambientales: Colapso/desborde de la presa de jales
- No se están consiguiendo las certificaciones relativas a seguridad, salud y medio ambiente o éstas se están perdiendo.
- Impacto ambiental negativo o afectación de la flora y fauna nativa por contaminación, escurrimiento o infiltración de materiales y residuos peligrosos, etc.
- Riesgo de reputación relacionado a los medios de comunicación y opinión pública
- Incumplimiento y cambios en regulaciones de medio ambiente, salud y seguridad; sobre todo en relación al tema actual del cambio climático. (ejemplos: en el manejo y uso de explosivos, acerca de residuos y materiales peligrosos, contaminación del agua, o ventilación en áreas de trabajo.)

Descripción de la prueba: Mediante la observación en campo y la validación documental, se debe revisar que el depósito de jales fuera de operación presente estabilidad tanto física como química, así como también se validará que se encuentren implementadas las medidas requeridas por la autoridad competente y las mejores prácticas aplicables, las cuales se presentan a continuación:

- a) Se debe asegurar que no se emitan partículas sólidas a la atmósfera como producto de la pérdida de humedad de la superficie de la presa de jales o del talud de la cortina contenedora.
- b) No se deben formar escurrimientos que afecten a cuerpos de agua superficiales y subterráneos.
- c) No debe fallar la presa de jales.

Cuando los jales sean generadores de drenaje ácido se debe cumplir con los siguientes aspectos:

- a) Cubrir con un material mineral o con agua, para evitar la formación de drenaje ácido del jal, cuidado de no solubilizar otros elementos tóxicos. También se podrá utilizar otros materiales que impidan la acidificación.



- b) No se deben de utilizar especies vegetales que promuevan la acidificación del sustrato.
- c) Cuando no sea pertinente establecer medidas que eviten la formación de drenaje ácido, se deben de establecer medidas de tratamiento de mismo, para evitar daños en cuerpos de agua, suelos y sedimentos, ya sea por su acidez o por contaminación con elementos tóxicos.
- d) El cubrir con agua los jales para evitar el drenaje ácido, solo se permite cuando el depósito cumpla con las especificaciones del proyecto y construcción de presas para almacenamiento de agua.
- e) La superficie del depósito debe ser cubierta con el suelo recuperado, de ser el caso, o con materiales que permitan la fijación de especies vegetales.
- f) Las especies vegetales que se utilicen para cubrir del depósito deben ser originarias de la región, para garantizar la sucesión y permanencia con un mínimo de conservación.
- g) Cuando sea necesario, los taludes de la cortina contenedora deben ser ajustados para dar una inclinación que garantice la estabilidad estática y dinámica de la misma.
- h) Se debe de mantener una bitácora y evidencia gráfica, de todas las actividades realizadas en la post operación.

H. Validar que tipo de monitoreo instalado existe en los depósitos de jales para vigilar la estabilidad física del mismo

Tipo de Prueba: Inspección documental de evidencia.

Riesgos relacionados a controles evaluados:

- Interrupción en los procesos y secuencia de la producción de mina
- Riesgo de accidentes ambientales: Colapso/desborde de la presa de jales
- No se están consiguiendo las certificaciones relativas a seguridad, salud y medio ambiente o éstas se están perdiendo.
- Impacto ambiental negativo o afectación de la flora y fauna nativa por contaminación, escurrimiento o infiltración de materiales y residuos peligrosos, etc.
- Riesgo de reputación relacionado a los medios de comunicación y opinión pública

Descripción de la prueba: El generador debe entregar a la autoridad antes de iniciar la operación de la presa de jales, un programa de monitoreo que permita evaluar la eficacia de las acciones de protección aplicables. El programa debe contar con los siguientes elementos:

- Monitoreo de Aguas Subterráneas:
 - a) La construcción y operación de un mínimo de dos pozos de monitoreo, uno ubicado aguas arriba de la presa y otro aguas abajo. Éste último debe colocarse a una distancia máxima de 1.5 veces del ancho de la cortina contenedora en



dirección perpendicular al flujo subterráneo local cuando la presa de jales esté colmada. En el caso de que la presa de jales tenga una geometría irregular, en la que la cortina contenedora sea muy angosta, se debe considerar la dimensión mayor de la presa.

- b) Para el muestreo representativo y análisis del agua subterránea, se deben considerar los parámetros utilizados en la caracterización física y química del agua subterránea indicada en la NOM-141-SEMARNAT-2003.
 - c) Los resultados del monitoreo en el pozo aguas arriba, se deberán comparar con el de pozo de monitoreo aguas abajo. Cuando los resultados de la calidad del agua monitoreada registren una elevación en el índice de contaminantes, con respecto a la calidad de agua nativa determinada en la NOM-141-SEMARNAT-2003, se debe hacer del conocimiento de la autoridad competente y llevar a cabo las medidas de corrección y saneamiento pertinentes. En el caso de que la comparación indique que no hay alteración de la calidad de agua subterránea nativa, no se requerirá de pozos de monitoreo adicionales.
 - d) Se debe de realizar un muestreo semanal durante la construcción y operación del depósito y anual determinado por el resultado de monitoreo, a partir de la fecha de cierre definitivo de la presa de jales.
 - e) Cada pozo de monitoreo debe contar con un registro que indique el número o clave de identificación; la ubicación geográfica en coordenadas (x,y,z), ligadas a un mismo banco de referencia; el corte litológico de las formaciones atravesadas; las características constructivas; el diámetro, la profundidad total, y el proyecto de terminación, así como los resultados de los análisis fisicoquímicos que se realicen en este punto.
 - f) Las distancias señaladas pueden modificarse en función de las condiciones topográficas, así como de la variación del gradiente hidráulico, la conductividad hidráulica y la profundidad del nivel freático, siempre y cuando no cambie el monitoreo periódico y confiable del acuífero.
 - g) Si hay un acuífero vulnerable o hay aprovechamientos alrededor y el jal es peligroso, el monitoreo debe llegar hasta el nivel del agua. En este caso se deben construir obras de ingeniería complementarias que garanticen la no afectación de los acuíferos. Cuando no se conozca el acuífero, el monitoreo debe hacerse hasta 50 metros de profundidad.
- Monitoreo de Aguas Superficiales:
 - a) El monitoreo de las aguas superficiales en los sitios aledaños a la presa de jales, se debe realizar de acuerdo a las consideraciones implementadas en la NOM-141-SEMARNAT-2003.
 - b) Se deben especificar los puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo de los cuerpos de aguas superficiales que puedan encontrarse en el sitio seleccionado. El sitio de muestreo aguas abajo debe estar ubicado antes de cualquier afluente.



- c) Se debe indicar la técnica de muestreo y los parámetros a analizar, haciendo énfasis en aquellos que pudiesen variar a causa del depósito de jales, la periodicidad del muestreo y el número de muestras. Deben llevarse a cabo dos análisis de la calidad del agua superficial, el primero al finalizar la temporada de lluvias y el segundo durante el estiaje.
- d) Se debe tomar como base la normatividad vigente sobre descargas de aguas residuales, con respecto a los parámetros, límites máximos permisibles, cuerpos receptores y usos indicados, y frecuencia de monitoreo. En su caso, se tomará como base la calidad del agua que sea monitoreada aguas arriba de la presa de jales.
- e) Cuando los resultados de la calidad del agua monitoreada registren una elevación en el índice de contaminantes con respecto a la calidad del agua nativa se debe hacer del conocimiento de la autoridad competente y llevar a cabo las medidas de corrección pertinentes.
- Estabilidad física de la presa:
 - a) Cuando se deban instalar líneas de piezómetros para determinar el nivel de saturación acuosa de los jales y evitar un deslizamiento o agrietamiento, conforme la NOM-141-SEMARNAT-2003, el número de líneas de piezómetros será como mínimo una y el proyecto del depósito deberá determinar la cantidad específica para asegurar el monitoreo correcto y oportuno.
 - b) Testigos de movimiento: Estos se deben instalar y registrar periódicamente las observaciones, con el fin de correlacionar si los movimientos detectados en la estructura se deben a sismos, a sobre saturación acuosa o a asentamiento del terreno, ya que pueden provocar una falla de la estructura.
 - c) Cuando la presa de jales se ubique en una región sísmica, de acuerdo a la NOM-141-SEMARNAT-2003, se debe instalar un sismógrafo en la cortina contenedora.
 - d) Cuando los datos del sismógrafo o los testigos de movimiento indiquen riesgo de derrumbe o desborde, deben realizarse las acciones de estabilización de los taludes y la cortina, que sean necesarias.

I. Verificar que todos los permisos y requerimientos ambientales se encuentren dentro de norma y vigentes

Tipo de Prueba: Inspección documental de evidencia.

Riesgos relacionados a controles evaluados:

- Interrupción en los procesos y secuencia de la producción de mina
- No se están consiguiendo las certificaciones relativas a seguridad, salud y medio ambiente o éstas se están perdiendo.

Descripción de la prueba: Se validará que se haya hecho un estudio de Manifestación de Impacto Ambiental. Los estudios de impacto ambiental tratan de evaluar consecuencias de una actividad,



para intentar conocer la calidad del medio ambiente que habría con o sin dicha perturbación. Estas son las principales ventajas que ofrece la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) y las cuales se deben tomar en cuenta: Modificar y mejorar el diseño de un proyecto, asegurar el uso adecuado de los recursos, mejorar los aspectos sociales, identificar medidas para monitorear y administrar impactos, informar para la toma de decisiones, proveer justificación para los proyectos.

Se deberá verificar que las MIAS se apeguen a los señalado en las Guías para elaboración de MIA que publica la SEMARNAT.

De manera adicional, se validará si es que se han realizado estudios de línea base. Mientras que dichos estudios no son de carácter obligatorio, son de utilidad para tener parámetros de referencia de suelo, aire, agua, vegetación; lo cual es un indicador de la afectación que están teniendo el entorno debido al impacto generado por los depósitos de jales.

En caso de que aplique, se pedirá el permiso de construcción de presas que debe expedir la CONAGUA, junto con los informes que se deben de entregar de manera semestral y los diferentes refrendos en caso de que el periodo de construcción se haya aplazado por diversas razones (SEMARNAT, 2014).

J. Verificar que exista un Plan de Cierre tanto para la mina, como para los depósitos actuales y verificar que los depósitos cerrados se encuentren bajo un proceso planeado con anterioridad

Tipo de Prueba: Inspección documental de evidencia.

Riesgos relacionados a controles evaluados:

- Riesgo de accidentes ambientales: Colapso/desborde de la presa de jales
- Impacto ambiental negativo o afectación de la flora y fauna nativa por contaminación, escurrimiento o infiltración de materiales y residuos peligrosos, etc.
- Riesgo de reputación relacionado a los medios de comunicación y opinión pública

Descripción de la prueba: El objetivo esencial de un cierre programado, bien planificado, ejecutado y controlado después de su realización, es prevenir, mitigar y revertir efectos dañinos como pueden ser modificación no planeada de la topografía del lugar, erosión de depósitos de residuos mineros, perturbación o contaminación de cuerpos acuíferos superficiales o subterráneos, generación de drenaje ácido o solubilización de metales pesados. Ello implica que la idea del cierre debe estar presente desde la etapa de evaluación de la posible explotación de un yacimiento. Debe acompañar el diseño de las labores y la selección de las tecnologías a utilizar, y desde luego, lo referente a la localización de los trabajadores y sus familias. La Evaluación de Impacto Ambiental debe considerar el cierre de la explotación, pero sólo en sus aspectos centrales y esenciales (porque es muy difícil saber cómo evolucionará). Por otra parte, el cierre debe realizarse paralelamente a la explotación, de manera de dejar para el momento final lo menos que sea posible. Si hay comunidades cuya vida económica y laboral está fuertemente ligada a la explotación, es necesario que se estudien y



desarrollen en conjunto actividades económicas alternativas. Este es un aspecto central a desarrollar como parte de la Responsabilidad Social Corporativa de la empresa minera.

Se pedirá al departamento pertinente, un plan de cierre de minas, en el cual se debe de contemplar los siguientes aspectos:

- a) El plan de cierre de minas deberá describir las medidas de rehabilitación, su costo, la oportunidad y los métodos de control y verificación para las etapas de operación, cierre final y post cierre. Asimismo, deberá indicar el monto y plan de constitución de garantías ambientales exigibles.
- b) Deberá existir un plan de financiamiento, donde se contemple el monto que se deberá de ir ahorrando de manera mensual desde el inicio de la operación para poder garantizar que exista un fondo para los gastos que el plan de abandono genere.
- c) Dentro del plan se debe establecer posibles usos posteriores y escenarios para el terreno abandonado. Se debe de establecer una serie de medidas que aseguren la sustentabilidad del sitio.
- d) En caso de que exista un centro comunitario que dependa de la actividad minera como su principal modo de vida, se debe de desarrollar una actividad alterna para garantizar la sustentabilidad y el desarrollo económico de la región.

Una vez aplicadas todas las pruebas pertinentes en la unidad de negocios, se identifican las áreas donde se requiera una mejora en el control del riesgo o donde no exista un control en absoluto.

El siguiente paso es elaborar un informe, donde se debe de presentar cada uno de los hallazgos, indicando cual es el riesgo que se está evaluando, así como el líder del proceso al que va dirigida el área de mejora identificada. Dicho informe debe de incluir medidas correctivas y preventivas por parte de la DAI, para poder garantizar que el riesgo se mitigará o se eliminará.

El responsable del proceso tendrá la opción de evaluar el hallazgo y aceptar o declinar el área de oportunidad, en caso de que sea aceptada, deberá de plasmar su plan de acción para corregir el hallazgo identificado (el cual no siempre debe de ser la medida sugerida por la DAI) y definir un lapso en el cual planea establecer y terminar (en caso de que no sea un plan permanente) las acciones que llevará a cabo. En caso de que el dueño del proceso no acepte el área de oportunidad, éste tendrá que soportar con evidencia contundente su decisión para que el área de mejora pueda ser retirada del informe integral de Auditoría Interna.



6. Aplicación del programa de trabajo en campo

A continuación se presentan casos de aplicación del programa de trabajo elaborado para la revisión de los depósitos de jales. Se tomarán en cuenta las unidades mineras de Fresnillo, Saucito, Bismark, Ciénega y Velardeña. Para que exista un panorama claro del impacto que tuvo la aplicación de dicho programa, se presenta un análisis donde se pueden comparar los hallazgos encontrados antes y después de aplicar el programa de trabajo.

En las siguientes páginas, se presenta por unidad de negocio cuales fueron los diferentes hallazgos que se identificaron en las auditorías realizadas previas a la elaboración del programa de trabajo y posteriormente cuáles fueron los resultados obtenidos una vez que se implementaron las pruebas que conforman dicho programa, validando todos los riesgos tanto físicos como químicos que pueden existir en la construcción y operación de los depósitos de jales, así como los estándares que se deben de cumplir conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003.

6.1 Unidad Minera Bismark

MINERA BISMARCK, S. A. DE C. V. se localiza en la provincia de Cuencas y Sierras, a 320 km al noroeste de Chihuahua y a 120 km al suroeste de Cd. Juárez en línea recta, a una altitud de 1320 msnm. El acceso es por carretera, de Cd. Juárez-Janos, a 146 km al sur de Cd. Juárez o 25 km al norte de Ascensión, además es necesario recorrer un camino de terracería de 25 km, hacia el oriente para llegar a la unidad.

El área de Bismark está en el extremo norte de la provincia geológica de Chihuahua, en donde la mayor parte de las sierras están constituidas por rocas sedimentarias plegadas de edad Cretácico inferior, con excepción de las sierras Boca Grande y Las Lilas en donde la secuencia sedimentaria pertenece al Paleozoico.

Los cuerpos mineralizados ocurren en forma tabular con contornos irregulares, siendo el mayor contenido mineral en las cercanías al contacto con los mármoles. Otra forma de presentación (bordes NW y SE) es como vetas de carbonatos con trazas de minerales calcosilicatados; estructuras angostas con concentraciones puntuales de alta ley (Ag-Pb-Zn), con volúmenes restringidos; estas estructuras representan límites distales de la mineralización tipo Skarn.

La planta cuenta con una capacidad de molienda de 2,350 toneladas por día. Se cuenta con un stock de 8,000 toneladas. La molienda es por medio de dos circuitos independientes con molino de bolas; el proceso de flotación incluye un circuito de flotación Bulk (Pb-Cu) con 4 celdas agotativas. Se acaba de instalar un circuito de limpia de Pb en noviembre del año pasado. Las colas que no flotan de la flotación Bulk se mandan a un circuito de Zn, el cual también cuenta con 4 limpias. Durante el proceso se muestrea para colas, cabeza y concentrado. Se tiene un analizador Courier para esta labor.



Existe solo un depósito de jales, el cual está por llegar a su límite, por lo cual se está iniciando el proceso para poder construir uno nuevo. Actualmente se tiene contemplado llegar a una altura de 25 metros. (Peñoles, 2012b)

A continuación se describen los hallazgos relacionados con los depósitos de jales previo a la implementación del programa de trabajo y posterior a la revisión aplicando las pruebas de mismo:

6.1.1 Hallazgos identificados sin la aplicación del programa de trabajo - Bismark

1. **Hallazgo:** Control de ingreso a instalaciones y recuperación de agua de proceso en presa de jales: Se observó que el acceso a las instalaciones de la presa de jales permanece abierto constantemente, derivado de lo anterior se observó ganado en las instalaciones de la misma bebiendo agua, lo que puede propiciar algún incidente.

Recomendación: Mantener cerrado el acceso a las instalaciones de la presa de jales en la periferia de las instalaciones.

Plan de acción: Se retomará la restricción y control de acceso a instalaciones de presa de jales, únicamente a personal autorizado.

2. **Hallazgo:** En el desarrollo de las actividades del proceso de recuperación de agua en las instalaciones de la presa jales, observamos falta de seguimiento a las medidas preventivas de seguridad y medio ambiente, que pueden provocar riesgo ya que existen derrames de agua de proceso fuera de la pileta principal de recuperación con filtraciones al subsuelo.

Recomendación: Mantener cerrado el acceso a las instalaciones de la presa de jales en la periferia de las instalaciones.

Plan de acción: Se cuenta con un control automático para el paro y arranque del equipo de bombeo. Es necesario asegurar que los chinos de recuperación de agua de la presa sean controlados para extraer únicamente el gasto necesario, adicionalmente se actualizará y difundirá el procedimiento de “recuperación de agua en presa de jales”.

6.1.2 Hallazgos identificados con la aplicación del programa de trabajo - Bismark

1. **Hallazgo:** Plan de Manejo de Residuos Mineros no acorde a la NOM-157-SEMARNAT-2009 (SEMARNAT, 2011): Actualmente se maneja un Plan de Manejo de Residuos Mineros, sin embargo éste no contempla todos los requerimientos que se estipulan en la NOM-157-SEMARNAT-2009. A continuación se enlista la información que no se encuentra dentro del plan: periodo estimado de vigencia, descripción de los residuos mineros, objeto del plan de manejo que incluya denominación del residuo minero, generación anual estimada, tipo de residuo generado, descripción breve del proceso para valorar la disposición final. A su vez no existe tampoco una determinación de la peligrosidad ni una línea base de generación.

Recomendación: Realizar los estudios y requerimientos necesarios para cumplir con la NOM-157-SEMARNAT-2009.

Plan de acción: Se consultará con el corporativo de Control Ambiental para cumplir con lo señalado en la Norma.

2. **Hallazgo:** Polvos fugitivos de la presa de jales hacia terrenos aledaños: Debido a la cantidad de aire que corre por el terreno donde se encuentran las presas y como resultado además



de que actualmente una zona de la presa se encuentra fuera de operación y por ende los jales pierden su humedad, se está volatilizando éste material hacia los terrenos aledaños (Figura 6). Esto, además de presentar un problema por la NOM-141-SEMARNAT-2003, puede afectar al rancho que se encuentra a 100 metros de la presa, y además puede llegar a contaminar la pileta que se encuentra pegada a la presa y la cual contiene el agua recuperada para su uso posterior en el proceso de beneficio; al contaminarse el agua con los jales, puede afectar el rendimiento de los reactivos y con ello la recuperación del mineral (Figura 7). Actualmente se riegan las presas pero no es suficiente para evitar que se volatilice el polvo

Recomendación: Evaluar una alternativa o programa de riego más efectivo para poder minimizar la volatilidad

Plan de acción: Programa de riego con lechada de cal en las áreas de la presa que están por más de 2 meses fuera de operación y la que está en operación descargas sistemáticas para mantener humectadas las playas para evitar la erosión.



Figura 6. Dispersión eólica de los polvos en la presa de jales de la unidad



Figura 7. Pileta de agua contaminada por los jales en dispersión.

3. **Hallazgo:** Monitoreo incompleto de acuerdo a la NOM-141-SEMARNAT: Actualmente existe la instalación de piezómetros y de un pozo de monitoreo aguas abajo de la presa de jales, sin embargo al momento de realizar el recorrido, nos pudimos dar cuenta de que no existen testigos de movimiento para registrar si existen movimientos y analizar, en caso de existir, si éstos se relacionan con sismos, sobresaturación acuosa o asentamiento del terreno. Análogamente no existe un monitoreo de la calidad del agua, aguas arriba, por lo cual no existe un parámetro de comparación con los resultados del monitoreo aguas abajo.
Recomendación: Instalar testigos de movimiento dentro de la presa de jales para garantizar la estabilidad física de la misma. Construir un pozo de monitoreo aguas arriba para un mejor control y registro de la calidad del agua.
Plan de acción: Se solicitará a la Subgerencia de Geotecnia y Materiales de Comisión Federal de Electricidad una recomendación para ubicar y construir mojoneras de control. Rehabilitar 2 pozos de monitoreo que se encuentran aguas arriba, si no están en condiciones, construir 2 nuevos
4. **Hallazgo:** Inadecuada reforestación en zonas fuera de operación dentro de la presa de jales: Dentro del recorrido que se hizo en el depósito de jales, se pudo observar que en las partes más bajas al bordo iniciador, existen ciertas áreas reforestadas, sin embargo por el viento tan imperante que domina en la zona, la tierra vegetal está siendo volatilizada, y el jal vuelve a quedar expuesto a la superficie y consecuentemente también se volatiliza hacia los terrenos aledaños (Figura 8). Esto además de poder generar problemas con las autoridades, genera gastos extra al tener que volver a realizar trabajos de reforestación.

Para que exista una buena reforestación, se debe contemplar una configuración que garantice el desarrollo autosustentable de la vegetación; existen varias posibilidades para combatir los efectos de la erosión eólica como recubrimiento del suelo con materiales sólidos como grava o roca estéril, también se puede evaluar la instalación de “barreras” hechas con árboles adecuados para contrarrestar los efectos del viento, lo cual a su vez cumple con el programa de reforestación de la unidad.

Recomendación: Diseñar un plan para poder asegurar una correcta reforestación que garantice que no se presentará ningún tipo de erosión debido al viento que impera en la zona.

Plan de acción: Solicitar apoyo del corporativo para contratar una firma especialista que elabore un plan de reforestación.



Figura 8. Talud del depósito con jales expuestos por las corrientes eólicas

5. **Hallazgo:** Jal fino derramado en las periferias de canal de conducción de agua de mina: El agua que sale de la mina que ya no se utiliza para el proceso de beneficio, se canaliza hacia un rancho que se encuentra junto al depósito de jales, dicha agua contiene mineral fino y jales, los cuales se transportan por el cauce del canal y se depositan en el fondo del mismo (Figura 9). Se comentó que al realizarse trabajos de mantenimiento al canal el material se limpia, pero se deposita en la periferia, lo cual afecta de manera negativa al impacto visual del rancho, además de que puede llegar a causar algún problema de índole ambiental, puesto que ahí se encuentra ganado pastando, y puede también contribuir a la contaminación del suelo, incumpliendo además con la NOM-141-SEMARNAT-2003.

Recomendación: Realizar un programa de mantenimiento que contemple la remoción del mineral fino del canal, así como su manejo a los depósitos de jales sin que existan derrames o fugas de mismo.



Figura 9. Jal derramado en las periferias de las presas de jales, contaminando el suelo vegetal.

Plan de acción: Se realizará limpieza del canal y posteriormente se levanta todo el material que está en la orilla del canal.

6. **Hallazgo:** Falta de Plan de Cierre: A pesar de que se consultó con varias áreas dentro de la unidad minera, no se pudo obtener el Plan de Cierre; es de vital importancia que se tenga el plan contemplado, puesto que las reservas de la mina actualmente garantizan una producción aproximada de 8 años. Es importante que se cuente con un documento donde se tenga contemplado formar un fondo de ahorro para poder mitigar todos los gastos por restauración y estabilización de los terrenos al momento de ser abandonados, el cual debe incluir un plan para saber qué uso futuro se le dará a dichos terrenos; así como desarrollar una actividad económica para poder asegurarse de que exista un desarrollo autosustentable por parte de las comunidades que actualmente trabajan en diversos trabajos dentro de la unidad minera.

Recomendación: Elaborar un Plan de Cierre que contemple lo necesario para asegurar la auto sustentabilidad del sitio y de su comunidad, así como un plan de ahorro que soporte las actividades necesarias para cumplir dicho objetivo, tomando en cuenta las acciones necesarias tanto para ir cubriendo un presupuesto, como para las actividades previas mientras se encuentre todavía en operación el depósito.

Plan de acción: Se elaborará Plan de Cierre para la unidad minera con apoyo de consultores externos.

6.2 Unidad Minera Fresnillo

Localizada en el municipio de Fresnillo, en el centro del estado de Zacatecas a 60 km al norte de la ciudad de Zacatecas. El municipio de Fresnillo cuenta con ricos yacimientos minerales de plata, plomo, cobre y zinc, los cuales han sido explotados desde la fundación de la población, en 1554.



La planta cuenta con una capacidad de molienda de 8,000 toneladas por día. La molienda es por medio de molinos SAG (semi-autógeno) y molino de bolas, para mineral más grueso; el proceso de flotación incluye dos circuitos de separación, el de Plomo-Plata y el de Zinc-Plata; posteriormente se tienen los tanques espesadores; y por último filtración por medio de Filtros Larox. (Peñoles, 2012c)

A continuación se describen los hallazgos relacionados con los depósitos de jales previo a la implementación del programa de trabajo y posterior a la revisión aplicando las pruebas de mismo.

6.2.1 Hallazgos identificados sin la aplicación del programa de trabajo – Fresnillo

No se encontraron hallazgos con respecto a los depósitos de jales.

6.2.2 Hallazgos identificados con la aplicación del programa de trabajo - Fresnillo.

1. **Hallazgo:** Mejora en la estabilidad física de los depósitos de jales: Dentro de la visita que se realizó a los depósitos de jales, se pudo observar que existe un monitoreo con piezómetros, sin embargo es conveniente también instalar Testigos de Movimiento como lo dicta la NOM-141-SEMARNAT-2003 para poder registrar periódicamente posibles movimientos, con el fin de correlacionar si éstos se presentan en la estructura y si se deben a sismos, sobresaturación acuosa o asentamiento del terreno, ya que pueden provocar una falla en el depósito. También se observó que actualmente los taludes están reforestados de manera adecuada casi en su totalidad, sin embargo se comentó que en temporadas de lluvia éstos se deslavan dejando jal expuesto. Para esto se tiene un programa de recubrimiento con suelo, pero es conveniente que se puedan recubrir los taludes de otra manera, para poder minimizar el efecto erosivo de los agentes climáticos. Para ello se puede utilizar una capa de grava que presente una resistencia extra y ayuda a que se reforeste de manera más estable el talud.

Recomendación: Instalar los testigos de movimiento en los depósitos en operación, así como en los que ya se encuentran en su etapa post operativa. Evaluar el uso de distintas configuraciones de suelo, como es uso de capas de grava, para poder minimizar el impacto de los agentes climáticos.

Plan de acción: Se instalarán testigos de movimiento en los bordos de la presa San Luis y presas fuera de operación. Se nivelarán con motoconformadora las superficies de los bordos con pendiente interna para evitar la erosión de los bordos. El agua se conducirá al final del bordo hacia una bajada principal

2. **Hallazgo:** Actualización del Plan de Manejo de Residuos Mineros conforme a la NOM-157-SEMARNAT-2009: Actualmente se tiene un Plan de Manejo de Residuos Mineros, pero es necesario que se actualice a como se tiene establecido en la NOM-157-SEMARNAT-2009. Dicha actualización debe contener la descripción del proceso que genera los residuos, características de los mismos, etcétera; a fin de cumplir con el formato que se incluye en el punto 5.3.1 de la norma antes mencionada; así como incluir una línea base de generación

como lo estipula el punto 5.3.1.7; incluir la caracterización del residuo cuando aplique, etcétera; mismos puntos que el actual plan no considera.

Recomendación: Actualizar el Plan de Manejo de Residuos Mineros conforme a la NOM-157-SEMARNAT-2009 para cumplir en su totalidad con las Normas Oficiales Mexicanas.

Plan de acción: Se presentará Actualización a la SEMARNAT

3. **Hallazgo:** Falta de recubrimiento en la presa de jales “Los Chinos”: Durante el recorrido que se realizó por los depósitos de jales, se observó que el depósito de “Los Chinos” actualmente se encuentra fuera de operación, no obstante los trabajos de recubrimiento del depósito fueron suspendidos debido a que se está construyendo el bordo principal de la nueva presa “San Luis” (Figura 10). Cabe señalar que la presa tiene aproximadamente desde junio de 2011 pasado fuera de operación, por lo que los jales siguen húmedos, pero es importante terminar de recubrirlo para evitar que se puedan generar escurrimientos, inestabilidad física o química o que se volatilicen los polvos de las presas.

Recomendación: Reiniciar las actividades de recubrimiento y reforestación del depósito de “Los Chinos” a la brevedad posible.

Plan de acción: Se iniciará el recubrimiento del vaso de la presa de Beleña.



Figura 10. Presa de jales “Los Chinos” con falta de recubrimiento



6.3 Unidad Minera Ciénega

Minera Mexicana La Ciénega se encuentra situada en la porción centro occidente del Estado de Durango, aproximadamente a 200 kilómetros de la ciudad capital. Utiliza como método de beneficio flotación y lixiviación dinámica para beneficiar como principales productos oro y plata (Peñoles, 2012d).

Actualmente existe un depósito de jales en operación y uno cerrado.

Se presenta a continuación una tabla comparativa identificando los hallazgos relacionados con los depósitos de jales previo a la implementación del programa de trabajo y posterior a la revisión aplicando las pruebas al mismo.

6.3.1 Hallazgos identificados sin la aplicación del programa de trabajo - Ciénega

No se encontraron hallazgos con respecto a los depósitos de jales.

6.3.2 Hallazgos identificados con la aplicación del programa de trabajo - Ciénega.

1. **Hallazgo:** Falta de mantenimiento a la bóveda de la presa de jales No. 1: En la actualidad la presa No.1 se encuentra fuera de operación, sin embargo se comentó que actualmente no existe un programa de mantenimiento para la bóveda y que por motivos de seguridad nadie se mete dentro de la misma desde hace tiempo; lo anterior puede representar un riesgo, puesto que en caso de que se llegase a obstruir, podría existir una condición de inestabilidad física en el depósito de jales. Adicional a esto, existe el riesgo de que se esté desgastando la estructura y no se esté corrigiendo debido a la falta de mantenimiento.

Recomendación: Evaluar la conveniencia de diseñar un plan de acción donde se contemple reiniciar las actividades de monitoreo y mantenimiento de la bóveda de la presa de jales No. 1. Actualizar el programa de mantenimiento de los depósitos, donde se tenga contemplado cualquier riesgo que pueda afectar la estabilidad física o química de las presas.

Plan de acción: Contratar los servicios de una firma de ingeniería para la revisión de la bóveda y elaborar programa de mantenimiento para la bóveda 1.

2. **Hallazgo:** Falta remoción de flora en la presa de jales No. 2: Actualmente el depósito de jales No. 2 se encuentra en operación, sin embargo se identificó que existe una deficiencia en la remoción de la flora del lugar. Existe suelo y plantas que están siendo sepultados, lo cual incumple la NOM-141-SEMARNAT-2003 y puede tener como consecuencia sanciones de diversas índoles (Figura 11).

Recomendación: Para el suelo vegetal y plantas que aún pueden ser removidos, diseñar un programa calendarizado para dicha actividad.

Plan de acción: Para el suelo vegetal y plantas que aún pueden ser removidos, diseñar un programa calendarizado para dicha actividad.



Figura 11. Vegetación sepultada por falta de programa de remoción en la presa No.2

3. **Hallazgo:** Falta de testigos de movimiento: No se encuentran instalados testigos de movimiento con el fin de monitorear si hay movimientos y éstos están relacionados a sismos, sobresaturación acuosa o asentamiento del terreno.
Recomendación: Instalar testigos de movimiento para poder monitorear posibles movimientos dentro de los depósitos de jales.
Plan de acción: Construir mojoneras en la cortina de la Presa de Jales, monitorear mensualmente mediante levantamientos topográficos sus posibles desplazamientos
4. **Hallazgo:** Niveles altos de Cianuro WAD arrojado en los depósitos de jales (de acuerdo con el resultado del análisis de muestras): Derivado de la revisión en las presas de jales, se observó que actualmente los niveles de Cianuro WAD (Cianuro Disociable con Ácido Débil, término utilizado para designar a los compuestos de cianuro que se disocian bajo reflujos con un ácido débil, normalmente a un pH de 4.5) que son derramados al depósito de jales #2, sobrepasa los requerimientos de 50 ppm que pide la certificación del Código de Cianuro (ICMI, 2011). El promedio en el 2011 fue de 67.83 ppm y en 2012 se tiene un promedio de 112.21 ppm. Cabe señalar que antes de que se iniciaran las ampliaciones e incrementos de



producción se manejaban niveles de 5 ppm. Mientras que se entiende que el incremento en la operación demanda un incremento de productividad en la planta de destrucción de cianuro, es importante minimizar los niveles arrojados a la presa de jales para no tener problemas con la certificación del Código de Cianuro, las autoridades ambientales y no poner en riesgo la flora y fauna del lugar, así como cuerpos de agua y comunidades cercanas. **Recomendación:** Diseñar un plan de acción para minimizar los niveles de Cianuro WAD depositado en la presa de jales #2, por lo menos por debajo de los niveles requeridos por la certificación del Código de Cianuro.

Plan de acción: En el mes de octubre se decidió consultar al experto del proceso INCO que en la actualidad trabaja para la empresa Gekko, el personal se presentó en el mes de octubre y realizó una auditoría a nuestro proceso de la cual salieron algunos puntos de mejora de los cuales se generó un programa para asegurar su cumplimiento, aunado a esto se continuará con las pruebas necesarias para determinar los parámetros óptimos que nos permitan controlar el proceso de destrucción de cianuro.

5. **Hallazgo:** Falta de estudio de Generación de Drenaje Ácido: No existe un estudio para saber si los jales son generadores de drenaje ácido, conforme lo estipula la NOM-141-SEMARNAT-2003. Como se sabe la peligrosidad de los jales es debida a su reactividad, por lo que en caso de ser un jal generador de drenaje ácido se puede producir ácido sulfúrico y afectar la flora y fauna del lugar, así como cuerpos de agua superficial y subterránea.

Dentro de un informe de caracterización de residuos realizado por Schlumberger se llega a la conclusión de que todas las andesitas verdes alteradas, los jales, los diques riolíticos, los fragmentos de veta y la mayoría de la andesita inferior verde se considerarían Potencialmente Generadores de Drenaje Acido (PGA). Es preciso indicar que en dicho estudio se comenta que ya hay liberación de sulfatos y plomo desde la presa de jales y que de haber un drenaje ácido, metales como aluminio, zinc, cobre y cadmio se liberarían en concentraciones que excederían límites para agua potable y descargas, lo cual conlleva una contingencia adicional a la generación de drenaje ácido.

A su vez se identificó que actualmente no se tiene listo el Plan de Manejo para Residuos Mineros conforme lo dicta la NOM-157-SEMARNAT-2009, por lo que es conveniente que se prepare y se tenga constantemente actualizado conforme lo dicta la norma.

Recomendación: Diseñar un plan de acción para minimizar los niveles de Cianuro WAD depositado en la presa de jales #2, por lo menos por debajo de los niveles requeridos por la certificación del Código de Cianuro.

Plan de acción: En el mes de enero 2013 se realizará un estudio para determinar si los jales son generadores de drenaje ácido y dependiendo del resultado se tomaran las medidas correspondientes. El estudio se incluirá en el programa anual de monitoreo de la unidad. En el mes de diciembre de 2012 se realizará el plan de manejo de Residuos Mineros.



6.4. Unidad Minera Saucito

La Mina Saucito se localiza en el estado de Zacatecas a 60 km al este de la ciudad de Zacatecas y a 8 km al suroeste de la mina Fresnillo. Inicia producción en 2011, teniendo plata como producto principal. De acuerdo al informe de dicho año, Saucito contribuyó con el 5% de la producción de oro del negocio, y con 12% de la producción de plata.

La Unidad cuenta con planta de flotación, cuya capacidad de molienda es de 3,000 toneladas por día. La molienda es por medio de Molinos SAG (semi-autógeno) y molino de bolas, para mineral más grueso; el proceso de flotación incluye dos circuitos de separación, el de Plomo-Plata y el de Zinc-Plata; posteriormente se tienen los tanques espesadores; y por último filtración por medio de Filtros Larox.

Se cuenta con dos depósitos de jales, los cuales cuentan con las siguientes especificaciones de diseño:

- Capacidad de almacenamiento: 3,000 toneladas para dos años (actualmente se piensa que se llenarán en la mitad del tiempo).
- Se tiene planeado poner en operación las presas celda 3 y 4.
- Densidad de los jales = 1.3 t/m³.
- Impedimento de desvíos en escurrimientos de tormenta dentro de los límites de la presa.
- Tormenta de diseño de 100 años-24 horas.
- Precipitación máxima probable que pase por el vertedero de la presa en la etapa de cierre.
- 0.5% mínimo de pendiente en el canal para vertedero en el cierre.
- Cuneta o contracuneta, aguas arriba de la presa de jales para canalizar los escurrimientos de la precipitación pluvial hacía los lados de la presa para evitar que entre a ella.

Se tiene planeado en un futuro crear otra planta llamada “planta espejo” para duplicar la producción en la unidad minera. (Peñoles, 2012e)

A continuación se describen los hallazgos relacionados con los depósitos de jales previo a la implementación del programa de trabajo y posterior a la revisión aplicando las pruebas de mismo.

6.4.1 Hallazgos identificados sin la aplicación del programa de trabajo - Saucito

1. **Hallazgo:** Conocimiento de Autorizaciones Ambientales: Tanto el proyecto Saucito, como Juanicipio, cuentan con las autorizaciones de Cambio de Uso de Suelo, Manifiestos de Impacto Ambiental y Estudios Técnicos Justificativos que avalan las instalaciones y actividades actuales y en desarrollo. En el proyecto se cuenta con toda la documentación referente a estos estudios y permisos, no obstante, la gente a cargo del área de seguridad y ambiental no están familiarizados con esta información. Entre las causas principales de este desconocimiento, destaca la rotación de personal en estas áreas.



Es importante subrayar que estos documentos contienen las directrices que debe adoptar el área de ambiental para lograr el cumplimiento con las disposiciones de la autoridad en materia ambiental.

Recomendación: Definición sobre la persona que quedará de manera permanente a cargo del departamento de Ambiental en el proyecto. Una vez asignado el responsable, se deberá formalizar la recepción de toda la documentación mencionada, además de recibir una presentación introductoria de la misma por parte de la Gerencia de Control Ambiental de la Dirección de Ingeniería y Construcción

Plan de acción: Aún está por definirse quien cubrirá las necesidades del proyecto, sin embargo existen dos alternativas, que sea cubierta con gente de Unidad Proaño o bien que la cubra el responsable de seguridad que se encuentra asignado al proyecto.

6.4.2 Hallazgos identificados con la aplicación del programa de trabajo - Saucito

1. **Hallazgo:** Testigos de movimiento inhabilitados: Al recorrer el depósito de jales, se identificó que dos de los tres testigos de movimiento no se encuentran habilitados para su medición, debido a que el suelo vegetal que se utilizó para recubrir la cortina de la presa sepultó dichos testigos. Es conveniente tener como mejor práctica todos los testigos de movimiento habilitados para un mejor control de la estabilidad física del depósito.

Recomendación: Habilitar los testigos de movimiento o en su caso instalar nuevos testigos para tener un mejor control de la estabilidad física de la presa.

Plan de acción: Ya se encuentran localizados los testigos de movimiento ubicados en la parte alta del bordo iniciador de la presa de jales, así como sus coordenadas.

2. **Hallazgo:** Falta de documentación completa o no actualizada conforme a las Normas Mexicanas: No existe un estudio de caracterización de jal actualizado para conocer el potencial de generación de drenaje ácido, así como la movilidad de los constituyentes tóxicos (metales pesados, conforme lo dicta la NOM-141-SEMARNAT-2003). Adicional a lo anterior, actualmente se administra un Plan de Manejo de Residuos Mineros, sin embargo éste no se encuentra actualizado a lo que se estipula en la NOM-157-SEMARNAT-2009.

3. **Recomendación:** Realizar el estudio de caracterización de jal actualizado, para cumplir con la NOM-141-SEMARNAT-2003, así como para tener un control estricto de la estabilidad química de los depósitos. Actualizar el plan de manejo de residuos para que quede conforme a lo estipulado por la NOM-157-SEMARNAT-2009.

4. **Plan de acción:** El estudio de caracterización del jal ya estaba programado para dar cumplimiento al programa de industria limpia. Se cuenta con el plan de manejo de residuos mineros y se adaptará conforme a como lo dicta la NOM-157-SEMARNAT-2009.



6.5. Unidad Minera Velardeña

La Unidad Minera Velardeña se localiza en el municipio de Cuencamé en el estado de Durango, propiedad que fue adquirida en el 2005 a Grupo México.

La propiedad de los terrenos superficiales se encuentra en la Acta Constitutiva de Minera Roble, S.A. de C.V., así como en la Escritura Pública 1351 del 30 de noviembre del 2007.

El complejo minero de Velardeña se localiza en la parte noroeste del estado de Durango, aproximadamente a 85 kilómetros al suroeste de la ciudad de Gómez Palacio, Durango.

El predio se ubica colindando con el ejido Velardeña al norte del municipio de Cuencamé en las coordenadas UTM: N 2773000 y E 626000.

La planta de procesamiento de mineral incluye las etapas de trituración, molienda SAG y flotación, para producir concentrados de zinc, plomo y cobre.

El proceso de concentración es el de flotación selectiva plomo-cobre-zinc que incluye etapas de molienda semi autógena (molino de 26' X 12' con un motor de 3700 kw) y de bolas (molino de 16' x 24.5'), con sistemas de clasificación independientes para ambos molinos, flotación, espesamiento, filtrado, embarque de concentrados de plomo, cobre y zinc y presa de jales.

El diseño de las presas de jales incluye bermas perimetrales, para canalizar los escurrimientos ocasionados por lluvia, evitando así que estos lleguen a ellas, su diseño está basado para el desalojo de un volumen de agua equiparable al máximo evento presentado en 24 horas en varios periodos de retorno que han sido analizados y mencionados aquí.

El terreno a ocupar y que ocupan las presas de jales consta de 100-00-00 hectáreas, incluyendo la que ya no está construida. Estas presas serán utilizadas para depositar los residuos provenientes del proceso de la planta. Esta superficie, en una parte tiene vegetación nativa y en la otra, con vegetación secundaria, en donde, en épocas anteriores hubo extracción de material de préstamo para trabajos de restitución y conservación de áreas afectadas por actividades anteriores.

La superficie a ocupar por las tres presas de jales, está distribuida de la siguiente manera:

Presa de jales 1 (construida con anterioridad) 10-59-04 hectáreas

Presa de jales 2 36-76-96 hectáreas

Presa de jales 3 52-64-28 hectáreas

En el caso de la presa de jales 2, de la superficie especificada, 3-94-00 hectáreas corresponden a lo autorizado para aprovechamiento de material de préstamo y 10-59-04 hectáreas que ocupa la existente presa de jales 1.

Enseguida se hace una descripción de las obras a construir en las presas de jales.



Bordos de contención: Su principal función es la de contener el jal depositado a lo largo y ancho del vaso de cada una de las presas. Por el lado interior del bordo esto es aguas arriba, se colocará un material impermeable, para evitar que el bordo se humedezca

Vaso: Los vasos de las presas de jales, estarán delimitados por bordos de contención construidos con material de préstamo, sirven de contención y delimitan la playa de la presa. Dentro del vaso será instalada una balsa y una bomba para la captación, recuperación y conducción del agua de proceso, la cual será bombeada a la planta para su reutilización en el proceso.

Obras de captación y conducción de agua pluvial o contracunetas: Obras de ingeniería a construir en la periferia de las presas para evitar la entrada de agua de escorrentía al vaso. Estas captarán y conducirán el agua hacia la microcuenca inmediata.

Tubería de conducción de jal: De la planta de proceso, el jal será enviado a un tanque que a su vez lo enviará a las presas de jales, a través de tubería de PVC de alta densidad de 12” de diámetro, son dos líneas, una en operación y otra en stand-by.

Sistema de conducción del agua recuperada: En la balsa que será instalada en el vaso de la presa de jales, habrá una bomba que recuperará el agua de proceso y la enviará a la pileta de agua recuperada, que estará en las inmediaciones de la presa de jales. De esta pileta, será enviada a la planta de proceso a través de una tubería de 12” de diámetro, de PVC de alta densidad.

Piezómetros: Esta instrumentación es para el monitoreo del nivel estático del agua en el bordo iniciador.

Pozos de monitoreo: Esta instrumentación será instalada aguas arriba y aguas abajo de la presa de jales para el muestreo y detección de la poco probable presencia de contaminantes en el agua subterránea, causada por la presencia de las presas de jales. (Peñoles, 2013)

Se presenta a continuación una tabla comparativa identificando los hallazgos relacionados con los depósitos de jales previo a la implementación del programa de trabajo y posterior a la revisión aplicando las pruebas de mismo.

6.5.1 Hallazgos identificados sin la aplicación del programa de trabajo - Velardeña

1. **Hallazgo:** Se observó presencia de erosión eólica e hídrica, que favorece a la generación de inestabilidad en la infraestructura de la presa (taludes y bermas) y posible afectación a cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

Recomendación Realizar un estudio para determinar el factor de seguridad de las condiciones de los taludes y proyecto de abandono de las presas de jales en los que se considere su estabilización física y química, a través de canaletas que permitan desviar los flujos de agua naturales, para evitar la erosión, así mismo considerar la revegetación con especies endémicas de los vasos y taludes.

Plan de acción: Se hará la propuesta del estudio al momento en que se nos autorice reiniciar las actividades de desarrollo.



2. **Hallazgo:** Se identificó que las concentraciones de metales de los jales de la presa ubicada en las instalaciones del polvorín, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la NOM-141 SEMARNAT-2003, no así para los jales de la presa de emergencia, ubicada en el área industrial, los cuales arrojaron resultados por encima del criterio considerado en la norma, para los elementos de arsénico, cadmio y pH.

Recomendación Validar por medio de una tercería los estudios realizados por la Gerencia de Protección Ambiental, con el propósito de definir el nivel de peligrosidad de los jales de ambas presas, y con base a estos resultados establecer su control y manejo.

Plan de acción: Dentro de la propuesta de estudio ambiental se incluirá lo referente al nivel de riesgo de los metales contenidos en los jales y las adecuaciones que se requieran hacer en la presa para minimizar el riesgo de contaminación.

6.5.2 Hallazgos identificados con la aplicación del programa de trabajo - Velardeña

1. **Hallazgo:** Falta de análisis de consolidación de los jales en la presa: Para la construcción de las presas de jales No. 2 y 3 se hizo un estudio de ingeniería básica para el diseño de la misma realizado por la empresa Ausenco Vector, mediante el cual se especificaron criterios de las presas, diseño del sistema, análisis de estabilidad, análisis de filtraciones, etc. Derivado de los estudios antes descritos se decidió utilizar el método de aguas arriba para la construcción de la presa, método en el cual la estabilidad de la misma depende directamente de las propiedades de resistencia de los jales. Para dicho estudio se utilizaron valores teóricos técnicos, ya que en esa fecha no se disponían de jales para realizar muestras para la ejecución de ensayos de laboratorio. No obstante, Ausenco Vector recomendó que una vez entraran las presas en operación se hicieran los ensayos de laboratorio y ensayos in-situ de los jales, para determinar su resistencia al corte, propiedades drenantes y consolidación, esto con el objetivo de realizar análisis de consolidación para poder modelar el exceso de poro presión en los jales y volver a revisar el análisis de estabilidad (Ausenco Vector, 2010), estudios que nunca se llevaron a cabo. Con base en lo anterior se identifica que en caso de existir una diferencia considerable entre los parámetros teóricos utilizados en el cálculo, con respecto a los reales, pudiera estar en riesgo la estabilidad de las presas.

Recomendación: Llevar a cabo el análisis que la empresa consultora recomienda, con el objetivo de que se tenga mayor información de las propiedades y comportamiento de los jales para poder establecer medidas que refuercen los controles ya llevados a cabo.

Plan de acción: Se tienen dos opciones para sobre elevar el bordo de las presas, utilizando jales o utilizando material de préstamo; en caso de que se utilice jales, se realizará el estudio pertinente que menciona el consultor.

2. **Hallazgo:** Mejora en operación y documentación de los depósitos de jales: Derivado de la revisión que se hizo en los depósitos de jales de la unidad, se identificaron los siguientes hallazgos:



- Estabilidad de taludes: Actualmente se encuentra en operación la presa de jales No. 2, sin embargo no tiene instalados piezómetros ni testigos de movimiento conforme lo dicta la NOM-141-SEMARNAT-2003, por lo cual no se está monitoreando los posibles movimientos que se puedan dar debido a sobresaturación acuosa o asentamientos del terreno.
- Dispersión de partículas: En la NOM-141-SEMARNAT-2003 se establece que se deben realizar periódicamente muestreos perimetrales de partículas, para garantizar que la calidad del aire no se afecte, sin embargo no se están haciendo dichos monitoreos de manera constante, ni calendarizada.
- Plan de Manejo de Residuos Mineros: Actualmente no se tiene listo el plan conforme lo dicta la NOM-157-SEMARNAT-2011, por lo que se corre el riesgo de multas de distinta índole al no disponer de los residuos de la operación conforme lo piden las autoridades, además de un posible impacto por contaminación de la flora o fauna del lugar.

El incumplimiento de los puntos anteriores puede tener como consecuencia multas por parte de la SEMARNAT o retraso en la construcción de la tercera presa de jales.

Recomendación: Llevar a cabo todas las actividades que se estipulan en la NOM-141-SEMARNAT-2003 y la NOM-157-SEMARNAT-2009, con el objetivo de operar los depósitos de jales bajo los mejores estándares de operación y en concordancia con la Normatividad Oficial Mexicana

Plan de acción: 1) Se consultará con el área de ingeniería y construcción para la colocación de los testigos de movimiento. 2) Se hicieron pruebas de polvos fugitivos y se está en espera de los resultados. 3) Se actualizará Plan de Manejo de Residuos Mineros

3. **Hallazgo:** Falta de uso de geotextil para prevenir el drenaje ácido en presas de jales: Actualmente se encuentra en operación la presa de jales No. 2 en la unidad de negocios, sin que se utilice geotextil o liner para prevenir filtraciones al subsuelo, lo cual representa riesgo de contaminación del subsuelo en caso de que exista una filtración, ya que los jales son potencialmente generadores de drenaje ácido.

Al consultar con el área ambiental de la unidad minera, se comentó que por criterios de diseño se decidió que no era necesario aplicar las capas de geotextil antes mencionadas.

Al revisar la documentación de criterios de diseño, se identificó que en abril del 2010, la empresa Ausenco Vector elaboró el documento “Diseño Básico de Alternativas de Construcción del Depósito de Jales Velardeña” (Ausenco Vector, 2010a), donde menciona que el personal de Minera Roble incorporó y clarificó algunos datos operacionales y criterios de diseño, con el cual se elaboró el estudio comparativo de métodos de construcción de las presas de jales. En dicho documento se plasma que los jales no son generadores de drenaje ácido por lo que no es necesario aplicar una capa de geotextil o liner, como se puede ver en la Figura 12:



INFORMACION DE LOS JALES	
- Relación jales/mineral	90%
- Producción total de jales	19.70 Mt
- Producción nominal diaria de jales	5398 t/día
- Producción de diseño diario de los jales	5867 t/día
- Densidad seca de los jales	1.30 t/m ³
- Permeabilidad de los jales	1x10 ⁻⁶ cm/s
- Total de jales a disponer	15.14 Mm³ (19.70 Mt)
- Los jales son inertes y no son potenciales de generar acidez	
- No se colocara sistema de impermeabilizacion en el deposito (no liner)	

Figura 12. Información de los Jales de Velardeña

Sin embargo, al revisar el reporte elaborado por el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDT) donde se mencionan los resultados de las pruebas realizadas, se concluye que el mineral es generador de drenaje ácido como se puede ver en la Figura 13:

El resultado que se obtiene es que la clasificación del material es un residuo apto para generar DAR, según la tecnica de Sobek.

Criterio NPR	Clasificación del Material
< 1	Residuo Apto para generar DAR
1 a 2	Residuo con posibilidad de generar DAR
2 a 4	Residuo con baja probabilidad de generar DAR
> 4	Residuo sin potencial de generar DAR

Figura 13. Clasificación del mineral de Velardeña de acuerdo a su PGDA

Por lo que no se tiene un sustento del porque se tomó el criterio de que los jales eran inertes y no presentaban capacidad de acidez.

Recomendación: Evaluar la necesidad de instalar el liner o geotextil, tomando en cuenta que los jales son potencialmente generadores de drenaje ácido, con el objetivo de establecer controles que garantice la neutralización de la acidez

Plan de acción: Se estará monitoreando el agua para que no se salga de control el pH y se genere agua ácida. En caso de que se llegue a presentar el fenómeno, se le agregará reactivo para neutralizarlo. En caso de que exista una infiltración, en los depósitos de jales, se evaluará el escenario para decidir la acción a seguir.

4. **Hallazgo:** Mejora en medidas de prevención del drenaje ácido: En julio del 2013, el laboratorio ABC Química Investigación y Análisis realizó una prueba de extracción de los constituyentes tóxicos para saber si los jales eran peligrosos por su toxicidad, así como la



prueba de ácido base para saber si los jales eran potencialmente generadores de drenaje ácido. Los resultados de la segunda prueba dieron positivos, por lo que los jales pueden llegar a generar drenaje ácido; derivado de lo anterior se identificaron las siguientes observaciones:

Actualmente no existen controles para la prevención y/o control en caso de que se genere drenaje ácido, (como son barreras químicas, humedales, uso de material calcáreo, etc.) Debido a lo anterior existe el riesgo latente de afectación a las aguas superficiales o acuíferos subterráneos que puedan existir en el lugar, así como flora y fauna de la zona; situación aún más crítica por la proximidad de poblados cercanos a la unidad minera.

Se tiene la buena práctica de reforestar la presa No. 2 conforme va incrementándose su altura. Sin embargo no existe una configuración del suelo vegetal o un programa determinado para dicha reforestación que tome en cuenta la posible generación de drenaje ácido, lo anterior conlleva a que, en caso de que exista un escurrimiento ácido, no exista algún control para mitigar el impacto que pueda generar.

Recomendación: Diseñar un plan de acción donde se contemplen los diferentes escenarios que se pueden presentar en caso de que se genere drenaje ácido en la presa y en su periferia, tomando en cuenta las etapas de prevención y control, evaluando la conveniencia de utilizar barreras químicas, humedales, distintas configuraciones de suelos, etc. Establecer controles que garanticen la neutralización de la acidez. Evaluar la posibilidad de crear barreras neutralizantes mediante la mezcla del suelo vegetal con material calcáreo y grava.

Plan de acción: Se tomarán acciones para prevenir el drenaje ácido.

5. **Hallazgo:** Falta de Plan de Cierre de la unidad minera Velardeña: Se validó que existiera un plan de cierre en la unidad minera que contemplara lo estipulado en NOM-141-SEMARNAT-2003, con respecto a los criterios de post operación que se deben de tener en cuenta para los depósitos de jales, una vez que éstos lleguen al final de su vida útil como son:
- Que no se emitan partículas sólidas a la atmósfera como producto de la pérdida de humedad,
 - Que no se formen escurrimientos que afecten a cuerpos de agua superficiales y subterráneos
 - Que la presa de jales no falle, evitar que se genere drenaje ácido,
 - Medidas para el tratamiento del drenaje ácido en caso de que no sea posible prevenirlo,
 - Las especies vegetales que se utilicen para cubrir el depósito deben ser originarias de la región.
 - Ajustar los taludes para garantizar la estabilidad estática y dinámica de la cortina.

Así como también los contemplados para el resto de las instalaciones dentro de la unidad minera, con el objetivo de asegurarse que el lugar impactado quede estable y autosustentable. Sin embargo, solo se proporcionó un índice del plan de cierre y éste no corresponde al tipo de minado y las instalaciones que existen en la unidad minera de



Velardeña (se trataba de un plan de cierre para una mina a cielo abierto); es importante señalar que el índice formaba parte de la documentación que se entregó a la SEMARNAT como parte del Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA).

Recomendación: Elaborar un plan de cierre que aplique a la unidad minera Velardeña, especificando todas las etapas que involucra los planes post operativos, así como la manera en cómo se va a crear un fondo para poder financiar todas las actividades que deriven del plan antes mencionado.

Plan de acción: Se encuentra en elaboración el Plan de Cierre de la Unidad.



7. Conclusiones

Después de haber trabajado con el programa de depósitos de jales, se observó que los resultados obtenidos fueron favorables, lo que consecuentemente hizo que se tomara como base final para futuras revisiones. El programa será revisado año con año, dependiendo de cambios en la normatividad mexicana, pero también conforme a las tendencias que se observen en las visitas de las unidades mineras, con el objetivo de que dicho programa se enfoque cada vez más a los riesgos críticos de la empresa.

Como se pudo observar, el programa de trabajo de depósito de jales tiene como objetivo identificar los riesgos relacionados con la estabilidad física y química de la presa, así como sus condiciones de construcción, operación y cierre, todo lo anterior tomando en cuenta la NOM-141-SEMARNAT-2003. Al aplicar el programa a todos los depósitos, se encontraron debilidades en su operación que no había sido posible identificar en anteriores revisiones, lo cual demuestra la utilidad de tener un programa de trabajo sistemático para la revisión de los mismos. También se pudo observar la aplicación y versatilidad del programa bajo diferentes condiciones de operación como las que se mencionaron anteriormente.

En general también se observó que ninguna de las unidades mineras tenía conocimiento de la NOM-157-SEMARNAT-2009, por lo que fue necesario hacer la recomendación de actualizar o en su caso elaborar el Plan de Manejo de Residuos Mineros para que estuviera bajo los estándares que maneja la norma antes mencionada.

Como se puede observar, es de gran utilidad la aplicación de las diferentes pruebas que contempla el programa de trabajo, puesto que brinda mejores controles al proceso, así como una seguridad de estar trabajando bajo los estándares normativos mexicanos, pero también conlleva a tener una operación más segura en el ámbito ambiental, estabilizando los depósitos de jales tanto física como químicamente, y fomentando el establecimiento de un plan de cierre, para poder dejar a los depósitos con un ecosistema autosustentable.

Cabe señalar que el programa de trabajo se seguirá aplicando en el resto de las unidades mineras del grupo Peñoles, así como a las que ya se les aplicó, para poder evaluar que otras pruebas se pueden implementar o modificar; lo anterior con el objetivo de tener una continua actualización y mejora del programa y así poder garantizar que se están recomendando las mejores prácticas a nivel normativo y a nivel internacional, ya que entre mejor control operacional se tenga de los depósitos de jales, se podrá contar con una mitigación casi total de los riesgos que las presas conllevan.



Referencias

- AUSENCO VECTOR. (2010). *Diseño Básico de Alternativas de Construcción del Depósito de Jales Velardeña*: México: Autor.
- AUSENCO VECTOR. (2010a). *Ingeniería Básica Diseño de las Presas de Jales 2 y 3: Proyecto Velardeña*: México: Autor.
- Baird, C. (1999). *Environmental Chemistry*. E.E.U.U.: W.H. Freeman & Company
- CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN (2015). *Ley General Para La Prevención Y Gestión Integral De Los Residuos*. México. (2015).
- CONSULTORIA E INVESTIGACIÓN EN MEDIO AMBIENTE. (2010). *Informe Preventivo de Proyecto Presa de Jales “El Arrayanal”*. México: Autor
- Cowan, W.; Mackasey, W. y Robertson, J. (2010). *The Policy Framework in Canada for Mine Closure and Management of Long-Term Liabilities: A Guidance Document*. Canadá: National Orphaned/Abandoned Mines Initiative (NOAMI)
- DIRECCIÓN DE AUDITORÍA INTERNA DE PEÑOLES. (2012a). *Presentación del Plan Anual 2012 al Comité de Auditoría de Industrias Peñoles*. México: Autor
- DIRECCIÓN DE AUDITORÍA INTERNA DE PEÑOLES. (2012b). *Memo de entendimiento: Bismark*. México: Autor
- DIRECCIÓN DE AUDITORÍA INTERNA DE PEÑOLES. (2012c). *Memo de entendimiento: Fresnillo*. México: Autor
- DIRECCIÓN DE AUDITORÍA INTERNA DE PEÑOLES. (2012d). *Memo de entendimiento: Saucito*. México: Autor
- DIRECCIÓN DE AUDITORÍA INTERNA DE PEÑOLES. (2013). *Memo de entendimiento: Velardeña*. México: Autor
- GRUPO BAL. (2010). *Manual de Auditoria*. México: Autor
- Gulson, B.; Mizon, K.; Korsch, M. y Howarth, D. (1996) *Non-orebody sources are significant contributors to blood lead of some children with low to moderate lead exposure in a mayor*



mining community. The science of the total environment. E.E.U.U.: US National Library of Medicine National Institute of Health

- ICMI “INTERNATIONAL CYANIDE MANAGEMENT CODE” (2011). *Código Internacional para el Manejo de Cianuro.* E.E.U.U.: Autor
- IIA (2004). *Normas Internacionales para el Ejercicio Profesional de la Auditoría Interna.* E.E.U.U.: Autor.
- Kabata-Pendias, A.; y Pendias, H. (2001) *Trace elements in soils.* Boca Raton, London, New York, CRC Press.
- Lottermoser, B.G., 2007. *Mine Wastes: Characterization, treatment and environmental impacts.* Springer 3th ed. Berlin Heidelberg, New York.
- Oyarzún, J. (2008) *Planes de Cierre Mineros.* Chile: Universidad de La Serena, Chile
- *Peñoles, ¿Quiénes somos?. (s.d.).* Recuperado del sitio web de Peñoles:
http://ponprweb.siteplata.penoles:7777/PortalPenoles/faces/pages_Page6600cab1_148f1867960__7ffe/Page6600cab1_148f1867960__7fc0?_adf.ctrl-state=4tndbppy_4&_afLoop=595316512725936
- Puga, S.; Sosa, M.; Lebgue, T.; Quintana, C. y Campos, A. (2006). *Contaminación por Metales Pesados Provocada por la Industria Minera.* Perú: Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- PwC (2011). *Comités de Auditoría: Mejores Prácticas para aumentar su efectividad.* “PricewaterhouseCoopers”. E.E.U.U.
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2004). NOM-141-SEMARNAT-2003, que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 13 de septiembre de 2004.
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2011). NOM-157-SEMARNAT-2009, que establece los lineamientos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 30 de agosto de 2011.



- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2014). *Guía para Conocer los Principales Trámites y Permisos Ambientales en las Diferentes Etapas del Proceso Minero*. México: Autor
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2015). *El Proceso de Certificación*. México: Autor
- Villalobos, B. (2010). *Evaluación del proceso de control de gestión ambiental en las empresas de la región Callao*. Perú: Universidad Nacional del Callao
- Volke, T.; Velasco, J. y de la Rosa, D. (2005). *Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación*. México: Instituto Nacional de Ecología.