




# **GUÍA DE PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE BOTADEROS DE ESTÉRILES EN FAENAS MINERAS**

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

	<b>GUÍA DE PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE BOTADEROS DE ESTÉRILES EN FAENAS MINERAS</b>	<b>Código:</b> IT-SEGMIN-001
		<b>Fecha de Emisión:</b> 21 de diciembre 2023
		<b>Página:</b> 2 de
<b>Elaboró</b>	-Florián Sánchez C. - Ingeniero de proyectos -Fabián Carreño M. - Ingeniero de proyectos -Milivoj Smoljanovic M. - Ingeniero de proyectos -Gabriel Barraza B. - Ingeniero de proyectos -Rubén Cerda D. - Ingeniero de proyectos -Ricardo Veas R. - Ingeniero de proyectos -Orlando Marín A. - Ingeniero de proyectos -José López V. - Ingeniero de proyectos -Cristián Infante V. - Ingeniero de proyectos -Sara Oróstica O. - Ingeniero de proyectos	
<b>Revisó</b>	Jorge Vargas V. Jefe Departamento de Evaluación de Proyectos	
<b>Revisó</b>	William Rebolledo E. Jefe Departamento Jurídico	
<b>Revisó</b>	Andrés León R. Subdirector(S) Nacional de Minería	
<b>Aprobó</b>	Patricio Aguilera P. Director Nacional	<b>Resolución Exenta:</b> N°2621

<b>PÁGINA</b>	<b>CONTENIDO</b>
04	Prólogo
05	1. Introducción
05	2. Objetivo de la Guía
07	3. Alcance de la Guía
07	4. Requerimientos de información y admisibilidad del proyecto
07	4.1. Portada del Proyecto
08	4.2. Antecedentes Generales
08	4.3. Requisitos Legales del proyecto.
08	4.4. Informaciones Técnicas.
09	4.5. Del lugar de Emplazamiento
10	4.6. Del Material a Depositar
11	4.7. Diseño de Depósito y Accesos
13	4.8. Estabilidad del depósito
14	4.9. Operación del depósito
14	4.10. Medidas de seguridad y emergencia
15	4.11. Monitoreo y control
16	4.12. Señalización
17	5. Evaluación de Fondo
21	6. Manejo de Mineral y Residuos Mineros para Proyectos bajo 1000 TPM
24	7. Referencias
25	Anexo N°1
29	Anexo N°2
30	Anexo N°3

## PRÓLOGO

---

La nueva guía de botaderos mineros desarrollada por SERNAGEOMIN representa un avance en el proceso de revisión de proyectos y en la consolidación de lineamientos claros para las empresas del sector minero. Esta herramienta se erige como un compendio integral, destinado a optimizar el proceso de revisión de proyectos, protegiendo la vida e integridad física de las personas que se desempeñan en dicha industria y proteger las instalaciones e infraestructura que hacen posible las operaciones mineras y por ende, la continuidad de sus procesos.

El propósito fundamental de esta guía es ofrecer una orientación detallada y actualizada para las empresas, brindando directrices precisas que aseguren la adecuada presentación de proyectos de los botaderos para su revisión por parte de los ingenieros de Sernageomin. En este sentido, se promueve un enfoque proactivo que considera la minimización de riesgos mediante el cumplimiento de estándares regulatorios.

SERNAGEOMIN reafirma su compromiso con el desarrollo seguro y sustentable de la industria minera, aportando con esta guía un referente que promueve la eficiente revisión de proyectos para una minería segura y sustentable.

**Patricio Aguilera P.**  
Director Nacional

## 1. INTRODUCCIÓN

---

Los botaderos de estériles son un tema de preocupación en la industria minera considerando los impactos que pueden generar tanto en las personas que trabajan en la industria, como en las comunidades que conviven con la actividad. Su estabilidad física y química busca regularse a través cuerpos normativos como el Reglamento de Seguridad Minera en el que, de acuerdo, a lo dispuesto en sus artículos 22 y 339 de dicho reglamento cuyo texto refundido, sistematizado y coordinado fue fijado por el Decreto Supremo N°132/2002 del Ministerio de Minería, se define una autorización permiso administrativo, que es necesariamente previa a la actividad de explotación, que debe ser obtenido por cada empresa y el cual debe estar orientado, para su otorgamiento, en las condiciones de seguridad, operatividad y cierre.

Según lo establecido en el Reglamento de Seguridad Minera – en adelante Reglamento o RSM, el Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN, debe aprobar los proyectos de método de explotación. Esta disposición normativa, establece, además, de acuerdo con los artículos 22 y 339 del Reglamento. Los botaderos de estériles y la acumulación de mineral se establecerán de acuerdo con un proyecto que la empresa deberá presentar al Servicio para su revisión y aprobación, donde se garantice su estabilidad y contenga las máximas medidas de seguridad tanto en su construcción como crecimiento.

La guía busca orientar al titular respecto de los contenidos necesarios para que las empresas puedan presentar sus proyectos para evaluación y aprobación del SERNAGEOMIN y provee a la vez información respecto del proceso de evaluación del permiso que se ejecuta al interior de servicio.

## 2. OBJETIVOS DE LA GUÍA

---

El Servicio por medio de este documento busca orientar a las empresas mineras en la confección de los proyectos de botaderos que deben ser presentados para su evaluación y pronunciamiento al Servicio Nacional de Geología y Minería.

El objetivo de este documento es desarrollar una guía que sistematice las exigencias para la evaluación de los proyectos de Botaderos de Estériles; que sirva a los ingenieros del SERNAGEOMIN, para la evaluación y pronunciamiento de los proyectos, y al titular para tener certezas respecto de qué debe contener el proyecto presentado al Servicio conforme al Art. 22 y 339 del R.S.M., Decreto Supremo 132 del 2002 del Ministerio de Minería.

El proceso para la evaluación y pronunciamiento del Servicio, respecto de permisos asociados a construcción y operación de botaderos se describe en la figura siguiente:

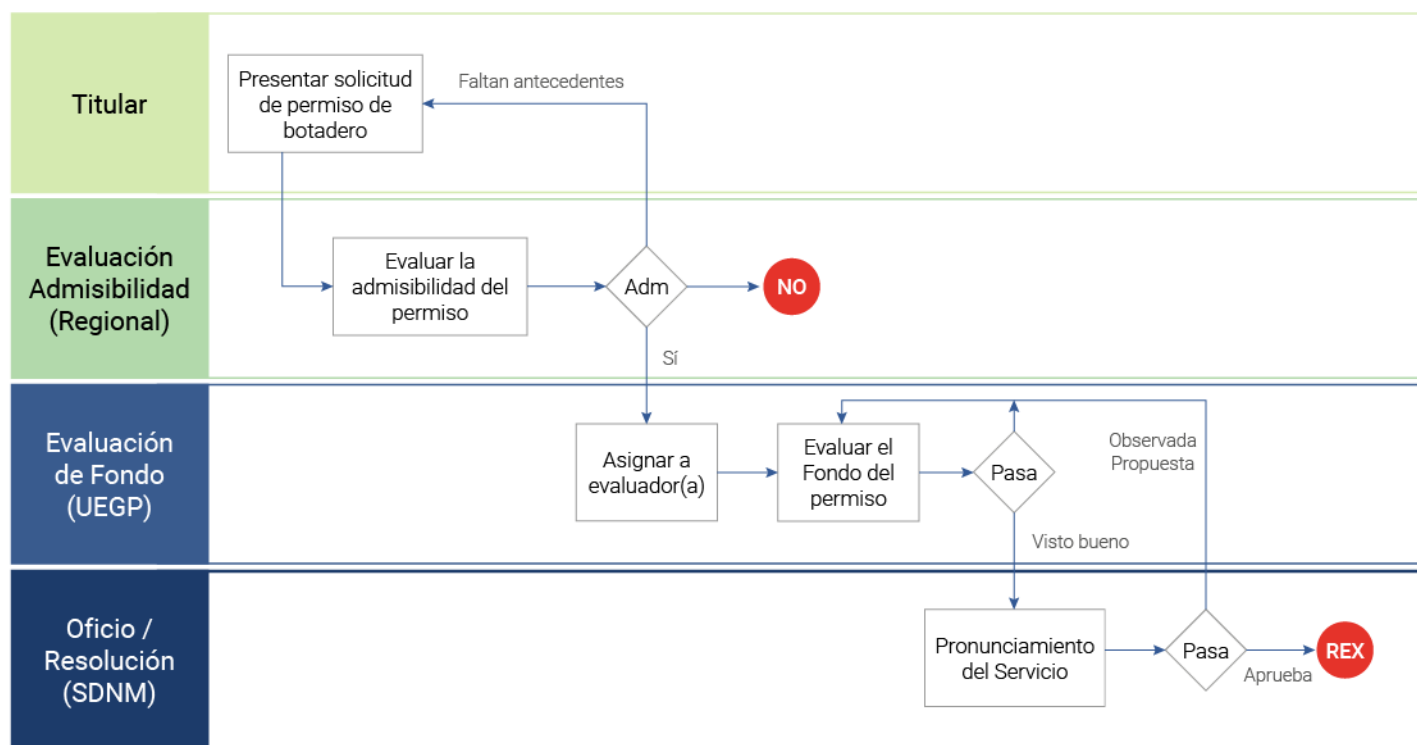


Figura n°1: Proceso para la evaluación y pronunciamiento del Servicio.

Este proceso es constitutivamente igual a todo proceso de aprobación de los permisos que otorga SERNAGEOMIN y considera:

1. Una etapa de presentación de la solicitud por parte del titular.
2. Una etapa de evaluación de la admisibilidad de tal solicitud.
3. Una etapa de evaluación de fondo y,
4. La etapa de pronunciamiento por parte del SERNAGEOMIN.

### 3. ALCANCE DE LA GUÍA

---

La presente Guía aplica en la presentación y evaluación de los proyectos de depósitos de estériles y acumulación de minerales extraídos de la mina, sean estos temporales o definitivos, según lo establece el R.S.M. y describe los requerimientos de información por parte del servicio, el proceso de evaluación por parte de los(as) evaluadores(as) y las características de los entregables parciales que deben construirse para terminar en el pronunciamiento final por parte del servicio.

**Para los proyectos menores a 1000 TPM, no se presentará proyecto de botadero, sin embargo, deberán seguirse las recomendaciones de operación descritas en el capítulo 6.**

### 4. REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN Y ADMISIBILIDAD DEL PROYECTO

---

**Generalidades:** Los contenidos presentados por el titular, en base a las recomendaciones entregadas en esta guía, deberán permitir una comprensión total del proyecto para poder evaluar los riesgos que conlleva la construcción y operación, además de ser congruentes con el posterior cierre de la instalación. Todo ello con el respaldo técnico y legal que permita sustentar adecuadamente el proyecto. La información presentada en los proyectos debe ser lo suficientemente detallada para que los evaluadores comprendan totalmente la naturaleza y extensión del proyecto propuesto.

Se recomienda proveer información con los detalles suficientes como para una adecuada evaluación, los planos y mapas deben ir ubicados dentro del informe de manera que el acceso a ellos sea fácil y a una escala adecuada.

Se recomienda que la información entregada en el proyecto venga con una profundidad al menos para una adecuada evaluación, nivel de ingeniería básica o apto para ser construido. Los planos deben presentarse en copias reducidas dentro del capítulo de descripción y adjuntarse en anexos o apéndices, los planos en tamaño original.

Se hace presente que este instrumento es una orientación o guía, y busca facilitar a la empresa la entrega de antecedentes, para la evaluación técnica, legal y administrativa por parte del Servicio. Sin embargo, sus contenidos no son ni pueden ser considerados como obligatorios o normativos. A continuación, se detallan los elementos requeridos.

#### 4.1. Portada del Proyecto

En la presentación del proyecto ante el Servicio el titular debe presentar la siguiente información:

- Nombre de la empresa.
- Título del proyecto.
- Nombre de la faena y la instalación.
- Nombre y firma del ingeniero responsable.
- Fecha del informe.

## 4.2. Antecedentes Generales

Los siguientes Antecedentes Legales deben ser incluidos:

- Nombre, RUT, Dirección, e-mail, teléfono de la empresa.
- Nombre, RUT, e-mail, teléfono, dirección del representante legal.
- Nombre, teléfono, e-mail, Carrera universitaria (Ingeniero Civil/Ejecución de Minas/Metalurgia) del ingeniero responsable.

### **Documentación anexa para presentar:**

- Documento legal que acredite poder de representante legal (90 días de vigencia).
- Certificado de Título de Ingeniero responsable.
- Constitución de la empresa.

## 4.3. Requisitos Legales del proyecto.

- Pronunciamiento Ambiental – PAS.
- Tenencia del terreno superficial.
- Resolución Sectorial de Aprobación de la Mina.

### **Documentación anexa para presentar:**

- RCA aprobada que contenga el proyecto presentado.
- Servidumbre o certificado dominio vigente del terreno superficial emitido por conservador de bienes raíces con máximo 90 días de antigüedad.
- Todos los documentos enunciados deben tener 90 días de vigencia al ingreso de oficina de partes.
- Resoluciones anteriores del servicio y proyectos relacionados.

## 4.4. Informaciones Técnicas.

El proyecto debe incluir la siguiente información técnica:

- Lugar de Emplazamiento
- Material a Depositar
- Diseño del Depósito y accesos (artículos del RSM)
- Estabilidad del Depósito
- Operaciones en el Depósito
- Secuencia de llenado
- Plan minero del origen extractivo del material a depositar



- Medidas especiales de Seguridad
- Eventos climáticos
- Monitoreo y control
- Señalización, Mantención y Control Polvo

#### 4.5. Del lugar de Emplazamiento

En referencia al emplazamiento la siguiente información debe ser incluida en el proyecto:

- Ubicación Geográfica
  - Áreas pobladas próximas.
  - Región, provincia, Comuna, localidad, sector, distrito minero, sierra.
- Coordenadas que limitan su perímetro de emplazamiento UTM PSAD56.
  - Área incluyendo el área basal de la infraestructura asociada al depósito (Canales perimetrales de agua, muros de contención, muros de pie, berma de seguridad, etc.)
- Antecedentes climáticos
  - Antecedentes eólicos
  - Precipitaciones históricas.
  - Condiciones meteorológicas. (Niebla, tormenta eléctrica, nieve, temperatura etc.)
- Geomorfología del lugar de emplazamiento
  - Topografía del lugar
  - Pendientes, incluir la pendiente máxima del área del emplazamiento
  - Quebradas
  - Ríos
- Hidrología (presencia de escorrentías superficiales permanentes y estivales, ríos, lagos, lagunas, glaciares, bofedales, humedales, esteros, morrenas, etc.).
- Hidrogeología (nivel de napa subterránea, unidades hidrogeológicas con su respectiva conductividad hidráulica).
- Descripción del perfil estratigráfico del suelo de fundación del depósito, realizada por especialista competente.
- Características Geotécnicas del suelo de fundación a partir de muestras georreferenciadas, determinadas mediante ensayos de laboratorio (humedad, granulometría, conductividad hidráulica, densidad, ángulo de fricción y cohesión, entre otros utilizados en el análisis de estabilidad).
- Instalaciones aledañas que pueden ser afectadas por el depósito y sus distancias mínimas asociadas al depósito.
  - Caminos, postaciones, conducciones de fluidos, etc.
  - Infraestructura en general cercana al depósito.
  - Distancia mínima del límite del rajo al pit final con el depósito.

#### Documentación anexa para presentar:

- Plano del botadero incluidos los límites de servidumbre o dominio, RCA e instalaciones dentro de la faena minera que puedan ser afectadas.
- Plano topográfico que incluya curvas de nivel y pendientes indicadas (%) y perfiles representativos recientes del lugar, con cotas del lugar de emplazamiento. Incluir coordenadas del proyecto. Incluir geomorfología relevante del lugar de emplazamiento (quebradas, ríos, cerros, pendientes, etc.)
- Adjuntar ensayos de laboratorios de propiedad asociada a conductividad hidráulica si se disponen o con técnicas de terreno, con el fin de respaldar los valores entregados.
- Certificados de los ensayos de laboratorio de propiedades geotécnicas, que respalden humedad, granulometría, conductividad hidráulica, densidad, ángulo de fricción y cohesión, entre otros utilizados en el análisis de estabilidad, en condiciones drenadas y/o no drenadas, según corresponda. Considerar ensayo de compresión triaxial y corte directo.
- Representatividad de la cantidad de muestras en relación con la superficie involucrada. (calicatas, o muestras para ensayar).

#### 4.6. Del Material a Depositar

En referencia al material a depositar la siguiente información debe ser incluida:

- Tipo de material y su origen.
  - Tipo de procedencia del mineral (Unidad Geológica/geotécnica).
    - Mina Subterránea.
    - Mina Rajo abierto.
      - Sobrecarga (Pre-stripping) o material mina.
- Mineralogía del estéril a depositar (metálico, no metálico, minerales que componen el material a depositar y sus características).
- Sistema de control de granulometría con el fin de establecer el tamaño máximo permitido para ser depositado, de cara a evitar accidentabilidad y excesiva segregación del material, los que tendrán que ser considerados en los parámetros de diseño del depósito.
- Indicar mezcla de materiales o disposición de materiales de distintas características por capas o plataformas

#### Propiedades Geotécnicas.

- Granulometría del material a depositar: Banda granulométrica. Informar el % bajo malla 200 serie Tyler.
- Higroscopía.
- Conductividad hidráulica.
- Densidad, ángulo de fricción y cohesión.
- Clasificación geotécnica USCS.

### Documentación anexa para presentar:

- Ensayos de laboratorio<sup>1</sup> de propiedades geotécnicas, que respalden densidad, ángulo de fricción, cohesión, humedad, etc. Considerar ensayo de compresión triaxial y corte directo. Curva granulométrica. Modelo de conductividad hidráulica. Ver anexo 1.
- Parámetros de diseño resultantes del análisis de los trabajos de campo y laboratorio.
- Recomendaciones de diseño señalando las consideraciones y limitaciones de los criterios utilizados.
- Referencia teórica de caracterización de materiales. (Citar autor)
- Especificación del N.º de muestras en relación con la superficie involucrada, de modo que sea representativo el análisis de las muestras (N.º de calicatas, N.º de sondajes y/o N.º de muestras para ensayar).
- Estudio de casos particulares (carbón, no metálicos, etc.)
- Incluir las condiciones y recomendaciones derivadas del estudio para la ejecución de las obras, así como los procedimientos de control, etc.

## 4.7. Diseño de Depósito y Accesos

En referencia al Diseño de Depósito y Accesos la siguiente información debe ser incluida:

- Depósito (Geometría)
  - Dimensiones del depósito (ancho máximo y largo máximo de la base del depósito y también de la plataforma superior).
  - Ángulos de taludes de plataformas y global.
  - Altura de plataformas y global.
  - La altura máxima de plataforma será de 50 m.
  - Capacidad de almacenamiento vinculado y justificada mediante plan minero del método de explotación (volumen y tonelaje).
  - Ancho de bermas calculadas para contener derrames.
  - Dimensiones de pretilos de seguridad.
  - Cumplimiento del Art. 342.
- Accesos y Caminos, Características constructivas.
  - Rampas y caminos de acceso (pendientes, radios de giro, peralte en curvas, bermas de seguridad), indicando la cantidad de vías y sentidos de circulación.
  - Las pendientes de diseño deben acreditarse en función de las características de capacidad y diseño del equipo de acuerdo con lo indicado por el fabricante.

---

<sup>1</sup>ANEXO N°1: Ensayos de Laboratorio

- Canalizaciones de aguas lluvia-nieve para el pie del botadero
  - Pretil de seguridad (central y lateral)
  - Pretil de segregación.
  - Muros de pie y contención
  - Salidas de emergencia en caminos de fuerte pendiente prolongada, cumpliendo con el Art. 351.
  - En caso de existir tendido eléctrico en altura, debe considerar la altura del equipo de mayor altura, más lo establecido por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (6,5m).
  - Indicar la distancia que queda entre el talud del botadero y la rampa de acceso sobre el botadero a las plataformas, incluyendo el pretil de seguridad, de tal forma que asegure su estabilidad frente al peso del camión con la carga que pueda llevar y considerando la resistencia que pueda tener los materiales que constituyen el botadero.
- Coherencia entre PAS, RCA y lo presentado a evaluación sectorial.
    - Presentación resumida respecto de lo aprobado en RCA y lo que se presenta en el proyecto en evaluación.

#### **Documentación anexa para presentar:**

- Plano de planta y perfil con geometría analizada en estudio de estabilidad. Incluir parámetros geométricos con cotas.
- Análisis con justificación de la altura máxima de plataforma por motivos de seguridad y segregación de material (polución, finos y gruesos).
- Análisis de ancho de berma de plataformas de desacople versus la altura (capacidad de contención de material en la berma).
- Análisis de distancia mínima de la pata del depósito a caminos u otras instalaciones.
- Análisis de proyección de rocas para determinar el ancho de las bermas, altura y distancia de los pretil de contención.
- Perfiles transversal y planta de caminos y rampas con los equipos de mayor envergadura en que se muestren las medidas de ancho de camino, bermas, pretil, canalizaciones, salidas de emergencia, etc. Se debe indicar la cantidad de vías y sentidos de circulación.
- Perfil longitudinal con pendientes en caminos y rampas.
- Declarar medidas de control para condiciones particulares de riesgos para caminos (contención).
- Memoria de cálculo de la capacidad del depósito en función de sus dimensiones.

#### 4.8. Estabilidad del depósito

- Estudio de estabilidad en función de la mineralogía de los materiales a depositar, ángulo de fricción, cohesión, densidad, porosidad, etc. basado en ensayos de laboratorio de los materiales que van a constituir el depósito.
  - Estudio de infiltración de pluviometría conforme a eventos meteorológicos del lugar.
  - Análisis de peligro sísmico.
    - Considerando escenarios con todos los tipos de sismos definidos en Chile, tanto próximos a la faena como los máximos de cada tipo que han tenido efectos en Chile (máximo creíble).
    - Definiendo el tipo de suelo, respecto del comportamiento sísmico del lugar donde se ubicará el depósito (no utilizar las normas NCh 433 y NCh 2369 para depósitos de grandes envergaduras).
    - Aplicación de las distintas leyes de atenuación para determinar sismos de diseño (Saragoni, Crempien), respetando estrictamente lo indicado por el autor utilizado.
    - Independientemente de que se modele el análisis de estabilidad con sismo operacional, se tiene que presentar modelo con sismo máximo creíble.
    - Aceleraciones medidas de manera estadística sobre la zona donde se va a ubicar el depósito.
- Criterios de aceptabilidad y probabilidades de falla debidamente argumentados en función de la calidad de la información y las consecuencias de la falla, aunque no existe consenso en la disciplina respecto de los valores de criterios de aceptabilidad, recomendamos los siguientes valores:
  - Estático  $\geq 1,3$
  - Pseudoestático (sismo máximo creíble)  $\geq 1,1$
  - Probabilidad de falla estático  $< 10 \%$
  - Probabilidad de falla pseudoestático  $< 40\%$
- Método de estudio utilizado (Equilibrio límite, Fellenius, Bishop, Bishop modificado, ordinario de dovelas, Jambu generalizado, simplificado de Jambu, sueco simplificado, Spencer, Elementos finitos en caso de arcillas para deformaciones, modelos numéricos u otros similares).
- Análisis de riesgos naturales a los que se expondrá el depósito e incorporación de ellos en el modelado geotécnico y en el diseño del depósito.
- Como se controlarán los riesgos naturales detectados para que no afecten al depósito.
- Análisis de dimensionamiento de berma de desacople entre plataformas.
- Análisis de deformaciones máximas.
- Software utilizado.
  - Datos de entrada (imagen del programa con los datos de entrada).
- Tipo de geometría de falla escogida para la modelación en concordancia con el perfil de análisis granulométrico.
- Resultados del modelo (estabilidad de plataforma/s y global).
- Análisis de caída de rocas (software utilizado).

## 4.9. Operación del depósito

- Describir el modo de vaciado del material en el depósito, sobre piso (total o por plataformas intermedias) o en borde de talud.
  - Siempre se vaciará a piso y será movido por bulldozer hacia el borde del botadero.
  - Altura máxima de vertido de 40 metros, con el equipo de apoyo (pronunciamiento ambiental por particulado en suspensión).
    - En caso de ser una altura mayor a 40 m se solicita análisis de segregación de los materiales y análisis más exhaustivo para determinar la estabilidad en consideración al contenido en finos, análisis de la mineralogía de los finos.
  - Equipos que trabajarán en el depósito (camiones y equipos de trabajo y apoyo en el depósito).
  - Explicar qué puntos de referencia de vaciado se usarán cuando se vacía en borde.
  - El tamaño máximo de roca debe estar supeditado al estudio de la proyección de la roca, al muro de contención y a la condición de operación segura de carguío y transporte.
  - Secuencia de crecimiento (mostrar cómo va modificándose la geometría en el tiempo), describir mediante secuencias de plantas y perfiles a lo largo de la vida útil y de acuerdo con el tamaño del depósito.
  - Pendiente y ancho mínimo de la zona de vaciado (condicionado al N.º de camiones que van a operar y sus dimensiones).
  - Iluminación (condiciones específicas para turno de noche o condiciones meteorológicas que lo ameriten).
  - Jornada de operación.
  - Restricciones y condiciones de ingreso a las plataformas de vaciado.
  - Segregación de áreas.
  - Interacción entre equipos (reglas de movimiento de equipos).
- Accesos y Caminos, Características constructivas:
  - Rampas y caminos de acceso (pendientes máximas Art. 125 R.S.M., radios de giro, peralte en curvas, bermas de seguridad interior y exterior, pretilos).
  - Salidas de emergencia en tramos de fuerte y prolongada pendiente, camión cargado o vacío.
  - Planos con plantas y perfiles.

## 4.10. Medidas de seguridad y emergencia

- Volcamiento de equipos por borde de talud, en plataforma y caminos:
  - Establecer las pendientes de rampas de acceso de acuerdo con las características de los vehículos que accederán al lugar, ubicación de las rampas de acceso con pretilos de seguridad y alejadas de taludes.
  - Establecer salidas de emergencia en caso de caminos de fuertes pendientes.

- Condición de la plataforma (que esté libre de “bolones”, grietas, materiales sin capacidad de soporte para el tránsito de equipos).
- Pretils de seguridad (en borde de vaciado el cual nunca será usado como freno o tope para los camiones de vaciado, en caminos y rampas de acceso, en pata de botadero para contención de caída de rocas).
- Pendiente de superficie de depósito desde la maniobra a pretil (pendiente positiva del 1% al 3% hacia el pretil de borde).
- Colisión de equipos y atropellamiento de personas.
  - Ausencia de personas en botaderos durante la operación de transporte y vaciado de material.
  - Restricción de acceso de vehículos menores al área del depósito, sistema de alerta ante proximidad entre vehículos, pértigas, sistemas de comunicaciones entre vehículos.
- Medidas de contención, restitución, o las que procedan ante destrucción y/o inestabilidad de pata del depósito.
- Riesgos meteorológicos.
  - Establecer un sistema para evitar el depósito de material sobre nieve o zonas inundadas.
  - Realizar conducciones de evacuación de aguas lluvia y/o deshielo.
  - Indicar cuales son las condiciones en las que se detiene la operación por situaciones meteorológicas adversas.
- Fallas y agrietamiento en talud. Indicar las acciones que tomará para recuperar la estabilidad de la zona afectada. Indicar cuál es la magnitud de la inestabilidad a partir de la que se comienzan las acciones.
- Medidas de control de polvo.
  - Establecer sistema para evitar el polvo de la operación durante traslado y deposición de material en el depósito.
  - Establecer un programa de mantención de caminos, bermas y plataformas.
  - Humectación de caminos.

#### 4.11. Monitoreo y control

- Monitoreo y control geotécnico: en caso de que el depósito presente signos de inestabilidad, la empresa debe contemplar sistemas de control del desplazamiento, valorización de magnitudes aceptables, magnitud a partir de la que se inician acciones correctivas y desarrollar un plan de reparación del depósito.
- Integridad de pretils: control del buen estado de los pretils, reparar y redimensionar las partes que se afecten por algún motivo.
- Sistema de evacuación aguas lluvias que cae sobre el depósito.
  - Medidas para mantener limpieza del interior de los canales para que cumplan su función.
- Canales de desvío de aguas superficiales para evitar contacto con perímetro del depósito.
  - Medidas para mantener limpio el interior de los canales para evitar que se desborden y afecten al depósito.

#### 4.12. Señalización

Señalización para la circulación de los vehículos y advertencia de riesgos, tanto para equipos pesados como vehículos livianos, al menos incluir:

- Tipos de señalización, indicando las especificaciones técnicas, las que deberán ser de acuerdo con la normativa vigente (color, dimensiones, material, etc.).
- Indicar ubicación de la señalética en los planos.
- Plano con rutas y señalización:
  - Informaciones tales como sentido de circulación, dimensiones de los equipos, restricciones de accesos, destacando los distintos peligros, etc.

#### Notas:

1. Tanto el documento central del proyecto como los documentos de información anexa tiene que ser en archivos PDF con texto copiable.
2. Los planos igualmente tienen que venir en archivos PDF con texto copiable.



## 5. EVALUACIÓN DE FONDO

Una vez admitido el proyecto para evaluación en el fondo y asignado al ingeniero(a) evaluador(a), corresponde realizar la evaluación detallada de la documentación ingresada por la empresa con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en el Artículo 339 del RSM, que a continuación se reproduce:

*“Artículo 339.- Los botaderos de estériles y la acumulación de mineral se establecerán de acuerdo a un proyecto que la empresa deberá presentar al Servicio para su revisión y aprobación, donde se garantice su estabilidad y contenga las máximas medidas de seguridad tanto en su construcción como crecimiento. El Servicio tendrá un plazo de sesenta (60) días para responder la solicitud de aprobación del proyecto, desde la fecha de presentación de ella en la Oficina de Parte.*

*Será aplicable a los botaderos de estériles y la acumulación de mineral, lo dispuesto por el Título X del presente Reglamento, para lo cual la empresa deberá presentar su Proyecto de Plan de Cierre conjuntamente con el proyecto señalado en el inciso anterior.”*

Para ello el(la) evaluador(a) deberá:

1. Comprender el contexto en el que solicita el permiso, esta comprensión incluye entender los aspectos jurídicos, ambientales, de diseño, construcción y operación del proyecto presentado por el titular. Es recomendable para poder tener una completa comprensión del contexto realizar una visita al emplazamiento donde se ubicará el depósito.
2. Calificar el botadero basado en los 11 criterios que se definen en esta guía.
3. Categorizar el botadero según las 4 categorías descritas en esta guía.
4. Preparar un entregable del proceso de evaluación realizado.

La figura a continuación describe dicho proceso.

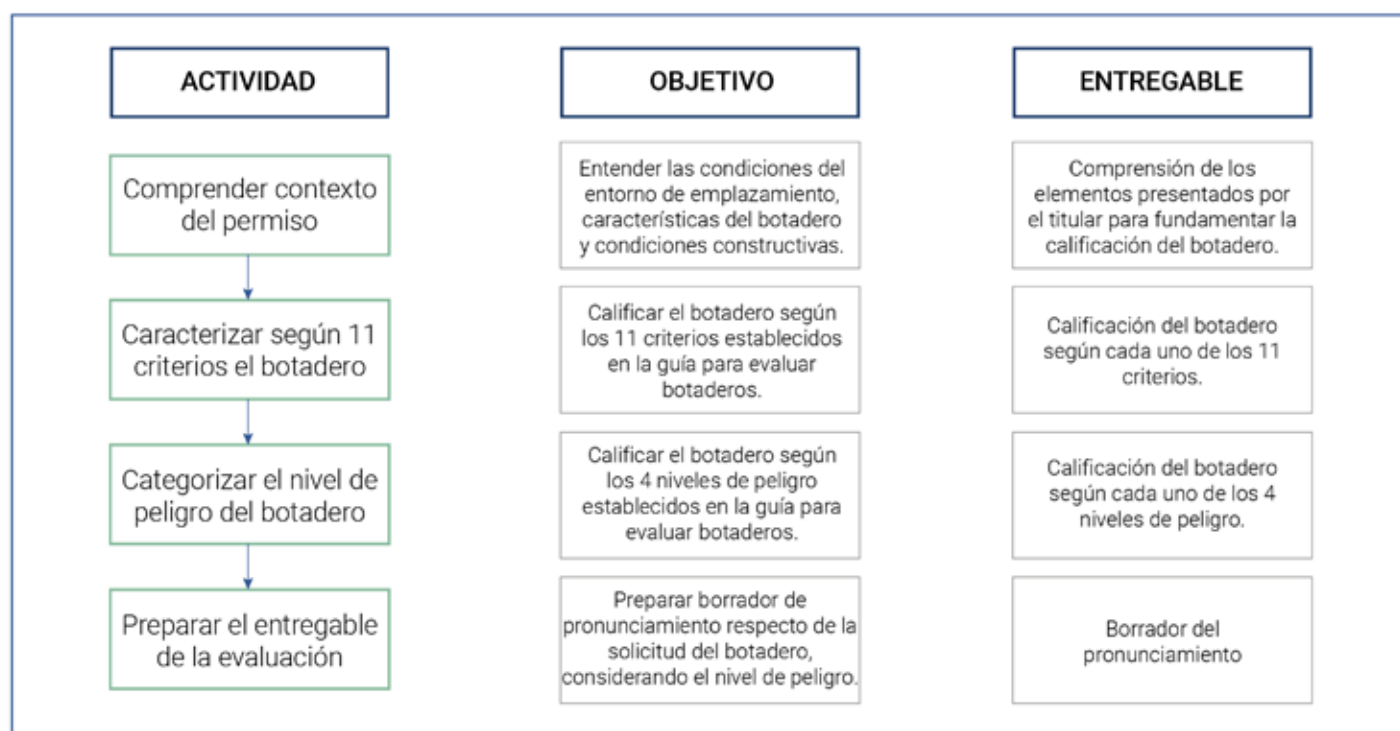


Figura N°2: Proceso de evaluación de fondo.

- 1. El proceso de comprender el contexto del permiso presentado** busca desarrollar en el(la) evaluador(a) los elementos que permitan en la etapa posterior realizar la caracterización del botadero. Cuando se comprende el contexto del permiso entonces se está en condiciones de iniciar el proceso siguiente que se describe en el punto 2.
- 2. Caracterizar según los 11 criterios el botadero**, aquí se busca preparar la categorización posterior del nivel de peligro del botadero y la intensidad del análisis que se debe realizar. A continuación, se presentan los 11 criterios mencionados.

La siguiente clasificación y selección de criterios son tomados de “Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design”, Hawley and Cuning, tercer libro de la serie relacionada a la estabilidad de grandes taludes en minas a cielo abierto.

El sistema de clasificación de los factores que rigen la estabilidad es presentado en la tabla 1. Se asigna un puntaje de acuerdo con las condiciones de estabilidad para cada factor (0-200), el cual sigue un método equivalente al RMR de Bieniawski (1976).

**TABLA 1: CALIFICACIÓN DE ESTABILIDAD DEL BOTADERO (CEB)**

FACTORES CLAVES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD	RANGO DE CONDICIONES O DESCRIPCIÓN		PUNTAJE
<b>Altura del botadero</b>	Bajo	<50 m	0
	Moderado	50-100 m	50
	Alto	100- 200 m	100
	Muy Alto	>200 m	200
<b>Volumen del botadero</b>	Pequeño	<1 Mm3	0
	Medio	1-50 Mm3	50
	Grande	>50 Mm3	100
<b>Ángulo del talud del botadero</b>	Plano	<26°	0
	Moderado	26-35°	50
	Escarpado	>35°	100
<b>Ángulo de la fundación</b>	Plana	<10°	0
	Moderada	10-25°	50
	Escarpada	25-32°	100
	Extrema	>32°	200
<b>Grado de confinamiento</b>	Confinado	Talud cóncavo en planta o perfil; en quebrada; con berma de contención en pie; aterrazado del cimiento de apoyo.	0
	Moderadamente confinado	Bancos naturales o terrazas; pendientes uniformes, limitada por topografía del sector; rellenos en llanura, en ladera, en quebradas abiertas.	50
	No confinado	Talud convexo en planta o perfil; relleno en ladera o en divisoria sin confinamiento; sin bancos ni quebradas en el desarrollo.	100

<b>Condiciones de fundación</b>	Competente	Materiales de fundación igual o más resistentes que los del botadero; no sujeto a aumento de presión de poros; estructura geológica favorable.	0
	Intermedia	Intermedio entre competente y débil; incremento de resistencia del suelo por consolidación; el aumento de las presiones de poros se disipa si se controla la velocidad de carga.	100
	Débil	Capacidad portante limitada, suelos blandos; sujeta a aumento de presión de poros tras la carga; presencia de napa, manantiales o filtraciones; suelos sensitivos, suelos potencialmente licuables.	200
<b>Propiedades del material del botadero</b>	Alta	Roca dura; menos de 10% de finos	0
	Moderada	Moderadamente resistente, dureza variable; 10-20% de finos	100
	Pobre	Roca débil y baja dureza predominante; más de 25% de finos, estériles sueltos.	200
<b>Método de construcción<sup>2</sup></b>	Favorable	Capas delgadas (<25 m espesor), plataformas anchas; deposición a lo largo de los bordes; construcción ascendente; en terrazas	0
	Mixto	Capas moderadamente gruesas (25-50m); métodos de construcción mixtos.	100
	Desfavorable	Capas gruesas (>50 m); plataformas estrechas; vertido por la línea de caída de la pendiente; construcción descendente.	200
<b>Piezometría y condiciones climáticas</b>	Favorable	Presión piezométrica baja, sin infiltraciones en la cimentación; poco probable que se desarrolle nivel freático dentro del botadero; precipitación limitada; infiltración mínima en el botadero; sin nieve o capas de hielo en el cimiento o en el botadero.	0
	Intermedia	Presión piezométrica media; algunas infiltraciones en la cimentación; baja probabilidad de aparición de nivel freático en la superficie del botadero; precipitación moderada; alta infiltración dentro del botadero; episodios esporádicos de nieve o capa de hielo en la cimentación y el botadero.	100
	Desfavorable	Presión piezométrica alta; infiltraciones en la cimentación; posibilidad alta de aparición de nivel freático en la superficie del botadero; altas precipitaciones; alta infiltración dentro del botadero; capas de nieve o hielo en la cimentación o el botadero; alta probabilidad de desarrollar nivel freático o pozas en la superficie del botadero.	200

<sup>2</sup>ANEXO N°3: Clasificación por método de construcción.

<b>Tasa de descarga</b>	Baja	<25 m <sup>3</sup> por m lineal de corona por día; avance de la cresta rango <0,1 m por día.	0
	Moderada	25-200 m <sup>3</sup> por m lineal de corona por día; avance de la cresta rango 0.1 – 1.0 m por día.	100
	Alta	>200 m <sup>3</sup> por m lineal de corona por día; avance de la cresta rango > 1.0 m por día.	200
<b>Sismicidad</b>	Baja	Sismicidad baja	0
	Moderada	Sismicidad media	50
	Alta	Sismicidad alta	100

Al caracterizar según los 11 criterios el botadero, se busca preparar la categorización posterior del nivel de peligro del botadero y la intensidad del análisis que se debe realizar.

- 3. Categorizar el nivel de peligro del botadero:** En esta etapa en base al resultado de la suma de los factores de estabilidad descritos en el apartado anterior se busca categorizar la condición de estabilidad en 4 grupos desde insignificante a alta (I-IV). La tabla siguiente muestra los criterios para categorizar la estabilidad del botadero.

<b>TABLA 2: CATEGORIZACIÓN DE ESTABILIDAD DE BOTADEROS Y NIVEL DE INSPECCIÓN RECOMENDADO</b>			
<b>RANKING DE ESTABILIDAD DE BOTADEROS (REB)</b>	<b>CATEGORIZACIÓN DE ESTABILIDAD DEL BOTADERO (CEB)</b>	<b>PELIGRO DE FALLA</b>	<b>RECOMENDACIONES DE PROSPECCIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN</b>
<b>&lt;300</b>	I	Insignificante	Reconocimiento básico del sitio, documentación de referencia; pruebas mínimas de laboratorio; comprobación rutinaria de la estabilidad, posiblemente mediante gráficos; mínimas restricciones de construcción; solo monitoreo visual.
<b>300-600</b>	II	Bajo	Investigación exhaustiva del sitio; pozos de prueba, puede ser necesario tomar muestras; pruebas de índice de laboratorio limitadas; la estabilidad puede o no influir en el diseño; se requiere un análisis básico de estabilidad; restricciones limitadas a la construcción; Monitoreo visual y de instrumentos de rutina.
<b>600-1200</b>	III	Moderado	Investigación detallada y por fases del sitio; requiere de pozos de prueba, perforación u otras investigaciones subterráneas pueden ser requeridas; es posible que se requiera un muestreo de muestras no perturbadas; pruebas de laboratorio detalladas, incluido las de índice de propiedades, resistencia al corte y pruebas de durabilidad; la estabilidad influye y puede controlar el diseño; análisis de estabilidad detallado, requiere estudios paramétricos; Etapa II detallada Es posible que se requiera un informe de diseño para la aprobación/permisos; Restricciones moderadas a la construcción. Es posible que se requiera un informe de diseño detallado de la Etapa II para la aprobación de permisos; restricciones moderadas en la construcción (por ejemplo, limitación de la velocidad de carga, espesor de elevación, calidad del material); requiere de monitoreo por instrumentación que confirme el diseño, documentar el comportamiento y establecer límites de carga.

<b>&gt;1200</b>	IV	Alto	Investigación detallada y por fases del sitio; se requieren pozos de prueba, zanjas, perforación y es probable que se requieran otras investigaciones del subsuelo, además de muestreo de muestras no perturbadas. Ensayos de laboratorio detallados, incluyendo los de índices de propiedades, corte y durabilidad. Análisis de estabilidad detallado, donde se requiere un informe de diseño detallado de la Etapa II para la aprobación de permisos; restricciones altas en la construcción (por ejemplo, limitación de la velocidad de carga, espesor de elevación, calidad del material); requiere de monitoreo por instrumentación que confirme el diseño, documentar el comportamiento y establecer límites de carga.
-----------------	----	------	--

- 4. Preparar el entregable de la evaluación:** En esta etapa el(la) el(la) evaluador(a), deberá construir los entregables intermedios que resumen sus conclusiones y preparar el pronunciamiento. Esta etapa del proceso terminará con un oficio o una resolución, según el resultado de la evaluación de fondo realizada por el(la) evaluador(a).

A continuación, se describen las mejores prácticas para el manejo de botaderos en operaciones mineras menores que 1.000 toneladas por mes.

## 6. MANEJO DE MINERAL Y RESIDUOS MINEROS PARA PROYECTOS BAJO 1000 TPM

“Manejo de Mineral y Residuos Mineros”, incluye las medidas generales de seguridad para el manejo de mineral, productos y residuos mineros, en una faena de pequeña minería. Así como el mineral es el producto de la explotación minera, el alcance de este capítulo también es aplicable al manejo de los productos de plantas, como concentrados y precipitados. Tanto minerales como concentrados y precipitados, se acopian inicialmente en canchas de productos, para luego ser cargados a camiones y transportados a su destino final. Por su parte, los residuos mineros corresponden al material estéril de la explotación minera y rípios de las plantas de tratamiento, según provengan de una operación de concentración o de lixiviación respectivamente.

**Este capítulo es un extracto de la guía de operación para la pequeña minería N°6 Manejo de materiales y residuos mineros – Sernageomin.**

## A. Manejo de Minerales y Productos

El alcance de estas operaciones incluye el acopio, carguío y transporte de los minerales que se extraen de una mina o productos que se obtienen en una planta de tratamiento.

Los minerales y productos de planta llegan inicialmente a canchas, donde deben ser preparados antes de seguir con el carguío y transporte. En pequeña minería, es normal que el mineral sea sometido a un proceso de selección manual para asegurar una determinada calidad que haga rentable el negocio. Por su parte, como los productos de planta provienen normalmente de procesos realizados en húmedo, es común que estos sean sometidos a un proceso de desaguado y secado natural. En relación con el transporte, este se refiere al que se realiza con camiones a una planta de tratamiento (minerales) o a una fundición (concentrados y precipitados). Esto significa un transporte a mayor distancia, utilizar vías públicas y, en ocasiones, transitar por zonas urbanas.

### A.1 Medidas generales

- Sólo podrán conducir los vehículos y equipos requeridos aquellas personas que cuenten con la capacitación correspondiente y posean una licencia vigente para la clase de vehículo que manejan, otorgado por la autoridad competente.
- Los conductores de equipos y vehículos son los responsables de realizar una comprobación del estado mecánico y eléctrico de las máquinas antes de cada jornada de trabajo. Si se observara una condición de riesgo, esta debe ser informada al responsable de la faena, y el equipo o vehículo no debe ser operado hasta la solución del problema.
- Los conductores de equipos y vehículos deberán cumplir con todas las normativas internas de seguridad de la empresa y el reglamento general del tránsito, en cuanto al respeto de las velocidades máximas, señaléticas generales y preferencias de vía. Está prohibido conducir equipos y vehículos bajo la influencia del alcohol, drogas, medicamentos, fatiga o enfermedad.
- Está prohibido transportar personas en el pick-up o carrocerías de equipos y vehículos.

### A.2 Medidas específicas

- En las operaciones de carguío de minerales y productos de planta, los conductores y operadores de cancha deben utilizar los elementos de seguridad correspondientes: zapatos, casco y lentes de seguridad, además de protectores auditivos, respirador facial y ropa de trabajo con cintas reflectantes. Éstas son muy importantes en un ambiente de trabajo con ruido y emisión de polvo, ya que permiten mejorar la visibilidad bajo condiciones adversas.
- Las maniobras para la posición de carguío deberán efectuarse solamente cuando exista plena visibilidad en el área involucrada. Además, los vehículos deberán contar con luces o focos faeneros de retroceso ubicados de tal forma que permitan efectuar las maniobras de retroceso con total seguridad.
- El conductor del camión deberá esperar las instrucciones del operador del cargador para ubicarse en la zona de carguío. Este último, con el balde cargado y arriba, indicará con un pitazo cuando el camión debe detenerse.
- Una vez cargado el camión, su conductor deberá esperar la señal del operador del cargador para retirarse, la que también será a través de un pitazo.
- Al abandonar la zona de carguío, el conductor del camión debe hacerlo con la mayor atención a las condiciones de tránsito en ese instante.

- Los camiones con productos deben ser cubiertos para evitar la acción eólica.
- El transporte de minerales y productos de planta hacia su destino final debe hacerse respetando las reglas generales de tránsito y utilizando una ruta previamente establecida. El trayecto definido debe minimizar las molestias a la comunidad.

## B. Disposición de Material Estéril de Mina

En pequeña minería, la disposición de estéril se realiza normalmente por descarga desde el camión o cargador hacia un desnivel topográfico (quebrada) ubicado en las proximidades de la bocamina (minería subterránea) o rajo (minería a rajo abierto). La obra que se forma en este proceso se denomina botadero de estéril. Este botadero debe formarse de manera planificada y ordenada, de modo que el llenado del desnivel topográfico resulte en una obra estable. Bajo ningún motivo el botadero de estéril puede construirse en un área de escurrimiento natural de aguas, a menos que se realicen obras de encauzamiento de éstas.

### B.1 Medidas generales de seguridad

- El borde del botadero de estéril debe tener implementado un cordón de seguridad del mismo material, con una altura mínima del 50% del tamaño del neumático del equipo o vehículo que realizará las descargas.
- El piso cercano al borde del botadero debe inspeccionarse frecuentemente, con el objetivo de verificar que el sector donde se está trabajando no esté agrietado. Si así fuera, debe informarse al responsable de la faena para la realización de trabajos de compactación y cambiar el punto de descarga
- El piso del botadero debe mantenerse lo más parejo y compacto posible, evitando desniveles pronunciados que puedan generar el volcamiento del camión o cargador mientras maniobra y/o descarga el material estéril.
- Al llegar al sector del botadero, el conductor debe hacerlo a una velocidad prudente y teniendo como guía el cordón de seguridad, el que nunca debe usarse como freno
- La operación de descarga (levantando y girando el balde del cargador, o levantando la tolva del camión), debe hacerse de manera lenta hasta la descarga total del material estéril. Posteriormente, se debe bajar la tolva del camión o el balde del cargador, antes de trasladarse nuevamente al lugar de carguío u otro lugar de destino.
- Minería del Carbón En el caso particular de la minería del carbón, como el material que se deposita es auto combustible (tosca de carbón), en caso de existir instalaciones cercanas se debe contar con técnicas que eviten la combustión espontánea y/o un sistema de prevención de incendios
- Las maniobras para el carguío de camiones sólo deberán efectuarse cuando exista plena visibilidad en el área involucrada. Los vehículos deberán tener luces o focos de retroceso ubicados de tal forma que permitan efectuar las maniobras de retroceso con seguridad.
- El borde de botaderos de estéril debe estar implementado con un cordón de seguridad del mismo material estéril, de una altura correspondiente al 50% de la altura del neumático del equipo o vehículo que realiza la descarga. El cordón de seguridad no debe usarse como freno.

## C. Disposición de rípios

El proceso de lixiviación se realiza en Pilas Permanentes o Pilas Dinámicas. Las primeras se construyen levantando terrazas, que una vez lixiviadas sirven de base para levantar la siguiente terraza. Con este método, los rípios quedan dispuestos en el mismo lugar. Las segundas consisten en pilas que se remueven cuando el mineral alcanza la calidad de rípios, transportando el material a un sector que se identifica como botadero de rípios.

Para disponer los rípios de lixiviación se utilizan normalmente sitios preparados e impermeabilizados, con el objetivo de evitar el escurrimiento de soluciones, generalmente ácidas. El proceso de lixiviación se realiza en Pilas Permanentes o Pilas Dinámicas. Las primeras se construyen levantando terrazas, que una vez lixiviadas sirven de base para levantar la siguiente terraza. Con este método, los rípios quedan dispuestos en el mismo lugar. Las segundas consisten en pilas que se remueven cuando el mineral alcanza la calidad de rípios, transportando el material a un sector que se identifica como botadero de rípios.

- El terreno elegido debe estar libre de sustancias orgánicas, y presentar una suave pendiente que permita el escurrimiento de posibles filtraciones de soluciones.
- Se debe proteger el terreno con una capa impermeable de arcilla en la base.
- Sobre la capa de arcilla se instalan tuberías corrugadas de conducción, con el fin de captar posibles filtraciones. En caso de que ocurran, éstas se conducen hacia una piscina de recolección.
- En algunos casos, la capa de arcilla se cubre con geotextil (HDPE), permitiendo –transcurrido cierto tiempo– efectuar un regadío a los rípios.
- La situación anterior también es válida para zonas de fuertes lluvias.
- Los canales de conducción y pozos recolectores deben ser impermeabilizados con geotextil para evitar la presencia de fugas.

## 7. REFERENCIAS

---

- Hawley, M. and Cunning, J. (2017) Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design, CSIRO Publishing.
- BCMWRPRC (1991a) Investigation and Design Manual – Interim Guidelines. Mine Rock and Overburden Piles 1. Prepared by Piteau Associates Engineering Ltd, May 1991.
- NCh1508 Of2008 (2008) “Geotecnia - Estudio de Mecánica de Suelos”, Instituto Nacional de Normalización, INN-Chile, Santiago, Chile.



## ANEXO N°1

### Caracterización e Identificación de materiales

Las propiedades de los materiales tanto de fundación como la de los depositados en el botadero son la base para predecir su comportamiento, el impacto ambiental que este pueda generar en el futuro y su posterior monitoreo. La selección de cada uno de ellos dependerá de las condiciones del problema y del material a caracterizar.

### Ensayos de clasificación

Dan un marco de referencias empíricas en aspectos como la conductividad hidráulica, resistencia al corte, consolidación, estado de fluencia o relaciones peso volumétricas que podría tener el material.

ENSAYOS DE LABORATORIO	NORMA EXTRANJERA	NORMA NACIONAL
Granulometría	ASTM D 422 Standard Test Method for article- Size Analysis of Soils	–
Clasificación de suelos	ASTM D 2487 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)	–
	AASHTO M 145 Standard Specifications for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.	–
Peso específico de partículas o gravedad específica para tamaño menor que malla N°4	ASTM D845 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.	NCh 1532 Mecánica de suelos- Determinación de la densidad de partículas sólidas.
Peso específico de partículas o gravedad específica para tamaño mayor que malla N°4	ASTM C 127 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.	NCh 1117 Áridos para morteros y hormigones- Determinación de las densidades reales y neta de la absorción de agua de las gravas.
Densidad máxima, mínima y relativa	ASTM D 4253 Standard Test Methods for Maximum Index Density and Unit Weight of Soils Using a Vibratory Table. ASTM D 4254 Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density.	NCh1726 Mecánica de suelos - Determinación de las densidades máxima y mínima y cálculo de la densidad relativa en suelos no cohesivos.
Límites de Atterberg (límites; líquido, plástico y de contracción)	ASTM D 4318 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils	NCh1517/1 Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 1: Determinación del límite líquido. NCh1517/2 Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 2: Determinación del límite plástico. NCh1517/3 Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 3: Determinación del límite de contracción

Contenido de humedad	ASTM D 2216 Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.	NCh1515 Mecánica de suelos - Determinación de la humedad.
Penetración estándar, SPT	ASTM D 1586 Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils.	–

## Resistencia al corte

No obstante, la estimación de la resistencia al corte refiere a relaciones empíricas regidas por las propiedades índice y clasificación del material descritos anteriormente, dicha información debe ser corroborada con ensayos de laboratorio; compresión simple, corte directo, triaxial, consolidación con diferentes presiones y condiciones piezométricas; que sirvan para analizar en mayor detalle zonas de posibles falla y asentamientos.

ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE, CONSOLIDACIÓN Y COLAPSO		
ENSAYOS DE LABORATORIO	NORMA EXTRANJERA	NORMA NACIONAL
Compresión simple o no confinada en suelo	ASTM D 2166 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.	NCh3134 Mecánica de suelos - Métodos de ensayo - Determinación de la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos.
Corte directo	ASTM D 3080 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions	NCh3085 Mecánica de suelos - Métodos de ensayo - Corte directo de suelos bajo condición consolidada drenada
Triaxial Convencional CD ó CU en Suelo	ASTM D7181-11/ D4767-11	–
Triaxial Convencional UU en Suelo	ASTM D2850:2015	NCh3734 Suelos cohesivos - Ensayo de compresión triaxial no consolidado y no drenado
Triaxial cíclico	ASTM D5311/D5311M–13 Cyclic triaxial testing	–
Consolidación unidimensional	ASTM D 2435 Standard Test Methods for One - Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading.	NCh3129 Mecánica de suelos - Métodos de ensayo - Determinación de parámetros de consolidación unidimensional de suelos usando carga incremental.
Colapso - hinchamiento en suelos limosos	ASTM D 3877 Standard Test Methods for One Dimensional Expansion, Shrinkage, and Uplift Pressure of Soil-Lime Mixtures.	–
Hinchamiento libre y presión de hinchamiento en suelos cohesivos	ASTM D 4546 Standard Test Methods for One Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils.	–

## Compactación y densidad:

La forma de colocación de los materiales en el botadero determina aspectos como la resistencia al corte y las características de asentamiento de este. Conocer la densidad del material vertido y controlar su variabilidad en el terreno son difíciles de determinar, por consiguiente, se deberían realizar medidas de compactación estandarizadas. A continuación, se enuncian los ensayos que se requieren.

ENSAYOS DE LABORATORIO	NORMA EXTRANJERA	NORMA NACIONAL
Densidad en terreno por el método del cono de arena	ASTM D 1556 Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand Cone Method.	NCh1516 Mecánica de suelos - Determinación de la densidad en el terreno - Método del cono de arena.
Densidad en terreno con utilización del densímetro nuclear	ASTM D 2922 Standard Test Methods for Density of Soil and Soil-Aggregate in Place by Nuclear Methods (Shallow Depth).	NCh3145 Mecánica de suelos - Determinación de la densidad en terreno - Método nuclear
Proctor estándar	ASTM D 698 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort [12,400 ft-lbf/ ft <sup>3</sup> (600 kN-m/m <sup>3</sup> )].	NCh1534/1 Mecánica de suelos - Relaciones humedad/densidad - Parte 1: Métodos de compactación con pisón de 2,5 kg y 305 mm de caída.
Proctor modificado	ASTM D 1557 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort [56,000 ft-lbf/ ft <sup>3</sup> (2,700 kN-m/m <sup>3</sup> )].	NCh1534/2 Mecánica de suelos - Relaciones humedad/densidad - Parte 2: Métodos de compactación con pisón de 4,5 kg y 457 mm de caída
CBR	ASTM D 1883 Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory Compacted Soils.	NCh1852 Mecánica de suelos - Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio

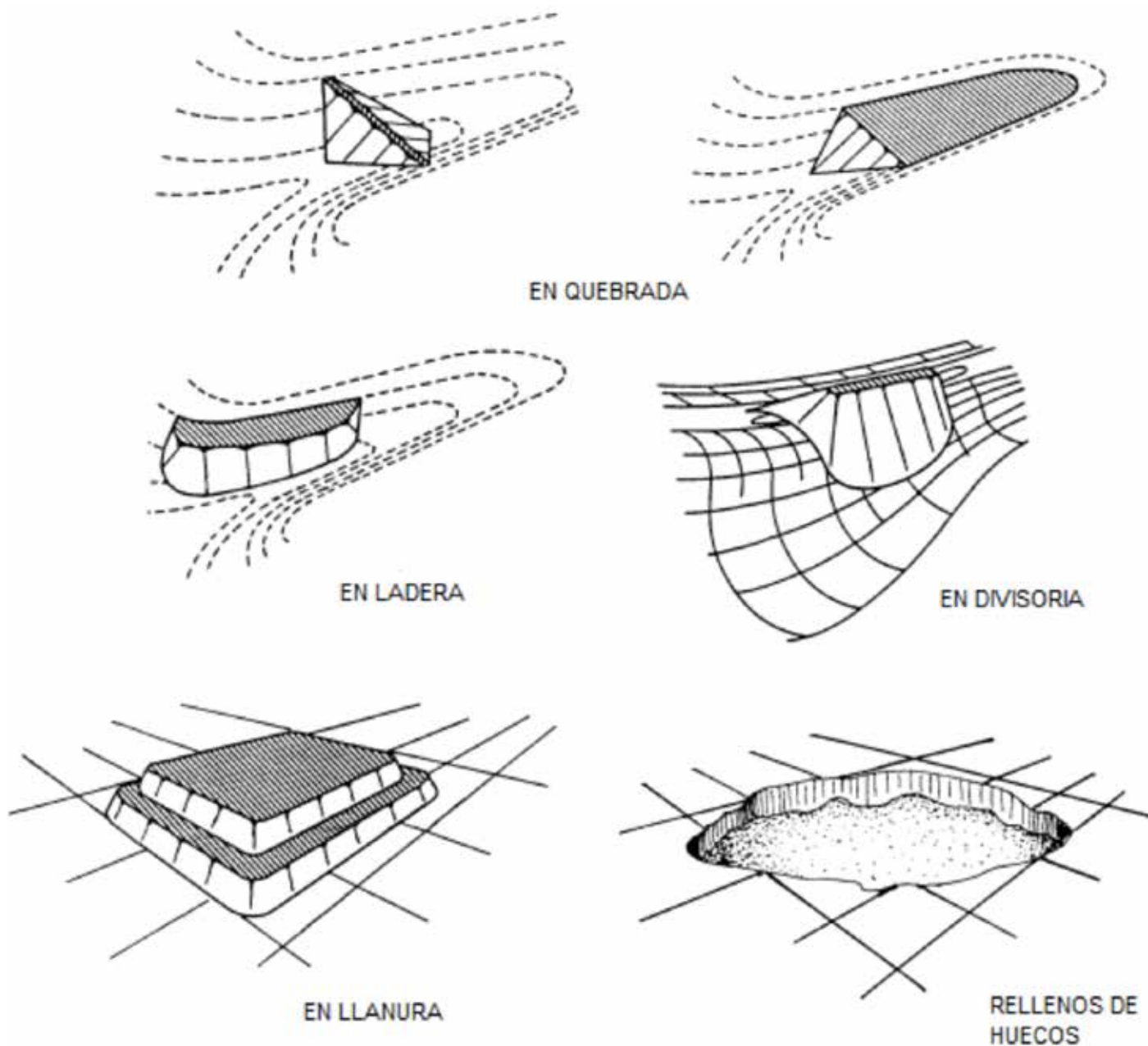
## Suelos singulares

Existen diferentes tipos de suelos que responden a problemáticas específicas, sin ser excluyente, aquí se consideran los suelos salinos. La alta incidencia de asentamientos por disolución de sales en zonas desérticas implica que deban tener una especial atención.

ENSAYOS PARA CONSIDERAR EN ZONAS DESÉRTICAS		
ENSAYOS DE LABORATORIO	NORMA EXTRANJERA	NORMA NACIONAL
Contenido de cloruros, sulfatos y sales totales solubles en agua	ASTM D 4542 Standard Test Method for Pore Water Extraction and Determination of the Soluble Salt Content of Soils by Refractometer.	Ch1444/1 áridos para morteros y hormigones - Determinación de sales - Parte 1: Determinación de cloruros y sulfatos

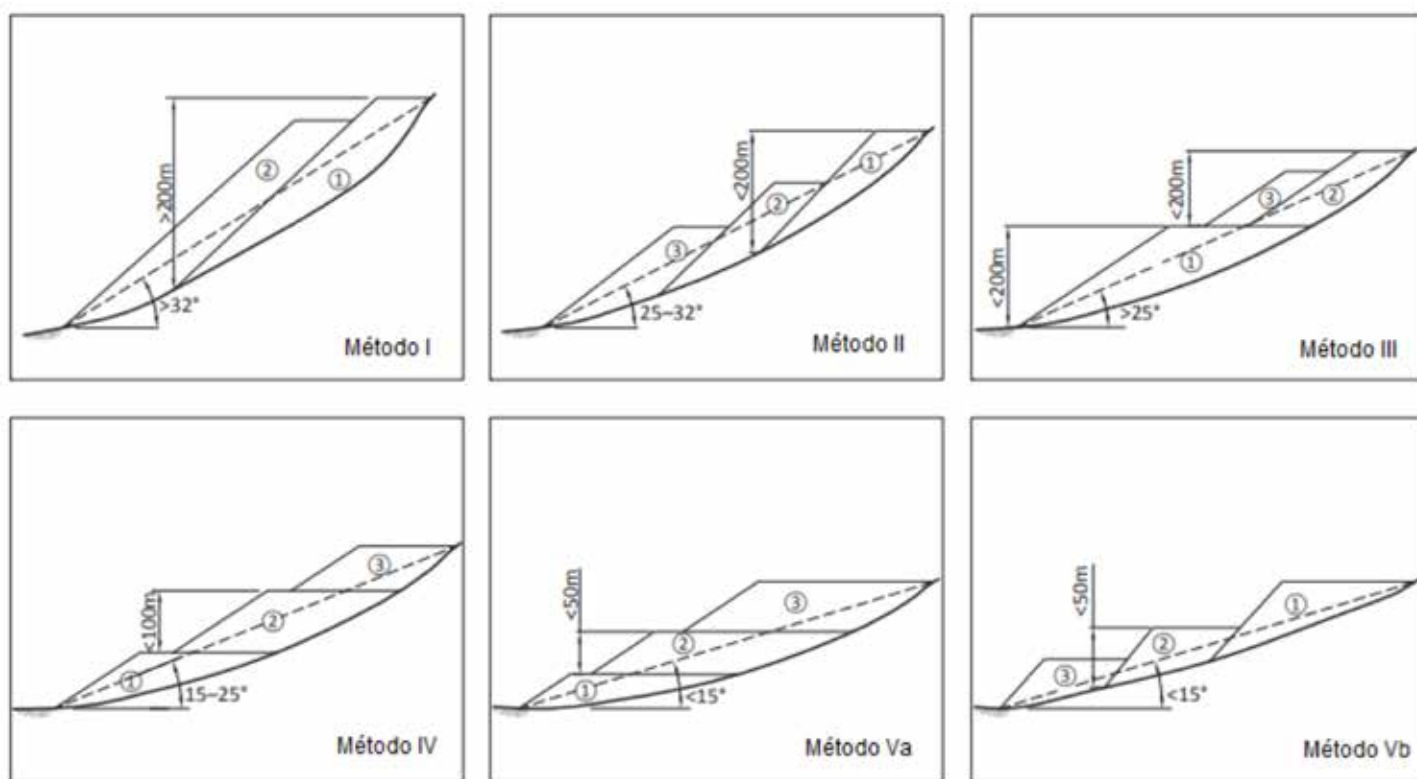
## ANEXO N°2

Figura 1. Clasificación por lugar de emplazamiento y grado de confinamiento.



## ANEXO N°3

Figura 2. Clasificación por método de construcción.





SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
2023  
[www.sernageomin.cl](http://www.sernageomin.cl)