

Contenido

Resumen Ejecutivo	6
Resumen de los Lineamientos	8
Introducción	10
Alcance	15
Ejemplos de los impactos ambientales a largo plazo	15
Pertinencia para otras instalaciones mineras.....	16
Lineamientos	18
1. La seguridad como el principio rector del diseño, construcción, operación y cierre.....	18
2. Consentimiento de las comunidades afectadas	18
3. Prohibición de nuevas instalaciones de relaves donde existan áreas habitadas en el camino de una posible falla de la presa.....	21
4. Prohibición de presas aguas arriba en nuevas minas y cierre de las presas existentes aguas arriba	22
5. Cualquier posibilidad de pérdida de vidas es un evento extremo; el diseño debe responder adecuadamente.....	24
6. Mandato del uso de las Mejores Tecnologías Disponibles para relaves, particularmente el uso de relaves filtrados.....	25
7. Implementación de controles robustos de seguridad	27
8. Garantía de una evaluación detallada de los cimientos de la presa y las propiedades de relaves	29
9. Sistemas apropiados de monitoreo para identificar y mitigar riesgos	30
10. Garantizar la independencia de la revisión para promover la seguridad	31
11. Hacia un cierre más seguro sin modos creíbles de falla.....	32
12. Abordaje del riesgo financiero, incluyendo títulos valores para cierre del sitio y los seguros apropiados para derrames accidentales.....	33
13. Procedimientos de queja y protección a denunciantes	35
14. Preparación y respuesta ante emergencias.....	36
15. Disponibilidad pública de la información relativa a la seguridad de la mina.....	38
16. Garantizar acceso a la asistencia técnica independiente	39
17. La rendición de cuentas sobre los riesgos, la minimización de las consecuencias y la prevención y consecuencias de las fallas corresponde principalmente a la Junta Directiva.....	40
Próximos Pasos	42
Glosario	44
Notas Finales	52

Resumen Ejecutivo

El colapso de la presa de relaves en 2019 cerca de Brumadinho, Brasil, mató a 272 personas y diezmó hogares y edificios por kilómetros de distancia antes de desembocarse en el Río Paraopeba. La catástrofe dejó atónito al mundo, pero no nos debió sorprender. Las instalaciones de relaves, que contienen el material residual y los desperdicios generados de la minería de metales y otros materiales, fallan con una frecuencia y severidad cada vez mayor.

Las normas actuales de la industria y las regulaciones gubernamentales no alcanzan a proteger a comunidades y ecosistemas adecuadamente de dichas fallas. Tanto el diseño y la construcción como la operación y el cierre de instalaciones de relaves requieren cambios significativos para proteger a las personas y el medio ambiente.

Las instalaciones de relaves son propensas a fallar de muchas formas y con diferentes grados de severidad. Si bien el presente documento describe algunos lineamientos para la prevención de las fallas catastróficas, sus autores reconocen que la contaminación crónica a veces puede ser igualmente desastrosa para las comunidades y el medio ambiente.

Los objetivos principales de la gestión de relaves deben ser los que garantizan que la seguridad pública y ambiental sea el factor determinante que rige la operación de los sistemas de disposición de relaves, así como el logro de la tolerancia cero ante el daño humano y las fatalidades. Es importante reconocer las interconexiones entre las personas y el entorno natural; la protección de los recursos ecológicos es una extensión de la seguridad humana. Aunque las empresas operadoras deben intentar reducir el daño ambiental en todos lados, la meta de cada operación minera debe ser al menos limitar el daño ambiental al propio sitio de la mina.

Las empresas operadoras deben comprometerse a hacer de la seguridad su consideración principal en las instalaciones de relaves y el proceso de diseño, construcción, operación, cierre y poscierre de

El Río Doce, contaminado por el derrame de relaves de Samarco, pasa por una planta hidroeléctrica en julio de 2016. Minas Gerais, Brasil. Foto: Júlia Pontés.



presas. Si una agencia regulatoria, empresa operadora u otra parte responsable con la supervisión de la seguridad de las instalaciones de relaves identifica la posibilidad de pérdida de vida como resultado de una falla de una presa de relaves, dicha presa debe diseñarse para soportar aún los eventos meteorológicos y sísmicos más extremas creíbles en ese lugar.

Antes de conceder las aprobaciones y durante la vida útil de la mina, las empresas operadoras deben demostrar el involucramiento significativo, la participación y el consentimiento de las comunidades potencialmente afectadas por cualquier instalación de relaves, incluyendo el derecho a decir que «no». Se debe respetar la autodeterminación de todas las comunidades afectadas, particularmente las comunidades indígenas, quienes deben tener la potestad de determinar el mecanismo de consulta que se utilizará y quiénes podrán participar en el proceso de consulta.

El uso de presas aguas arriba y todas las instalaciones de relaves construidas sobre relaves no compactadas debe prohibirse. Adicionalmente, las presas no deben ser construidas cerca de comunidades o cuesta arriba de la infraestructura minera, como otras presas o áreas donde puedan permanecer trabajadores. Los relaves nunca deben ser descargados hacia cuerpos de agua (ríos, quebradas, lagos, océanos, etc.), sin importar los desafíos asociados con otros métodos de disposición.

El diseño, la construcción y operación y el cierre de cualquier instalación de relaves deben estar sujetos a las mejores tecnologías y las mejores prácticas disponibles. Las Mejores Tecnologías Disponibles para la disposición de relaves incluyen el uso de relaves filtrados, reduciendo de esta forma la probabilidad y las consecuencias de una falla. No obstante, tales tecnologías también deben estar sujetas a procesos estrictos de permisos sociales y ambientales. La disposición de relaves filtrados mejora la seguridad de las instalaciones clausuradas.

Las empresas operadoras deben documentar los resultados de una caracterización detallada de los cimientos de la presa, así como las propiedades de los materiales de los relaves, prestando especial atención al contenido de arcillas, su potencial de licuefacción y la presencia de relaves frágiles. El Ingeniero a Cargo debe presentar un informe anual que verifique el cumplimiento de la construcción y operaciones de la presa con el diseño aprobado.

Las instalaciones de relaves deben ser monitoreadas, inspeccionadas, mantenidas y revisadas de forma perpetua o hasta que no queden modos creíbles (o físicamente posibles) de falla. Sin la supervisión perpetua, la falla de una presa de relaves es inevitable. En vista de que las empresas operadoras no permanecerán lo suficiente para lograr el monitoreo, la inspección, el mantenimiento y la revisión perpetua, la capacidad de las empresas operadoras para eliminar eventualmente todos los modos creíbles de falla debe ser una consideración clave durante el proceso de concesión de permisos. Si se propone la construcción de instalaciones de relaves en un lugar donde las consecuencias de una falla serían demasiado altas, dichas instalaciones no deben ser construidas.

Los peores escenarios de falla deben considerar la pérdida de todos los relaves en instalaciones llenas. Los resultados de estos escenarios deben ser públicos antes de la concesión de permisos. También es necesario actualizar anualmente el modelaje de escenarios de falla. Se debe realizar simulacros de emergencia y evacuación en caso de fallas catastróficas de las instalaciones de relaves anualmente. La planificación y ejecución de dichos simulacros debe incorporar la participación de las comunidades afectadas, trabajadores, autoridades locales y personal de las entidades de gestión de emergencias. Las comunidades deben tener acceso a los expertos técnicos independientes de su elección para ayudarles a evaluar el potencial y las consecuencias de una falla catastrófica de relaves cuando se conoce la propuesta de construcción de instalaciones y durante la vida de las mismas.

Se debe mantener una cultura de seguridad y responsabilidad desde el más alto nivel dentro de la empresa. La Junta directiva debe rendir cuentas por sus acciones (o en su defecto, por su inacción). La

Junta Directiva debe asumir la responsabilidad principal por la seguridad de las instalaciones de relaves, incluyendo las consecuencias de cualquier falla, demostrando que la empresa cuenta con las garantías financieras necesarias para cubrir el costo de la implementación de los planes de cierre y poscierre, así como el seguro de responsabilidad civil adecuado para cubrir el costo total de una falla catastrófica.

Las instalaciones de relaves más seguras son las que no se llegan a construir. Para evitar pasivos a largo plazo en las instalaciones de desechos mineros y sus impactos sociales y ambientales, es necesario reducir el volumen de los relaves producidos, así como la demanda en general por las materias primas principales y la nueva minería. La construcción de instalaciones superficiales permanentes de relaves debe ser el último recurso. Durante los últimos 40 años, el grado de la mena – es decir, la concentración del metal o mineral de valor – se ha reducido a la mitad para muchos materiales, lo que efectivamente duplica el volumen de desperdicios mineros generados por cada unidad de mineral producida. Las tendencias actuales sugieren que un aumento de 200% a 1000% en la demanda para muchos materiales, particularmente aquellos que se necesitan para las tecnologías de transición energética para el año 2060. Estas tendencias no son sostenibles. Para ir dejando los combustibles fósiles de forma sostenible, justa y equitativa, debemos reducir la necesidad de nueva minería y la cantidad de desperdicios mineros que se producen, utilizando los mejores estándares y las mejores prácticas para todas las actividades mineras nuevas.

RESUMEN DE LOS LINEAMIENTOS

- La seguridad como el principio rector del diseño, construcción, operación y cierre de instalaciones de relaves.
- La prohibición de nuevas instalaciones de relaves en lugares que no permitirían la evacuación asistida y oportuna de zonas habitadas en caso de una falla de la presa.
- Prohibición de presas aguas arriba en nuevas minas y cierre de las presas existentes aguas arriba.
- Diseñar presas para evitar cualquier posibilidad de pérdida de vidas, que se debe considerar como un evento extremo.
- Mandato del uso de las mejores tecnologías disponibles para instalaciones de relaves, incluyendo el uso de relaves filtrados y la implementación de controles de seguridad rigurosos, aún después del cierre de la mina.
- Comprensión comprobada de las condiciones locales y las características de los relaves con sistemas robustos de monitoreo.
- Desarrollar planes apropiados de preparación y respuesta ante emergencias.
- Garantizar la independencia de la revisión para promover la seguridad y la transparencia.
- Abordar los riesgos financieros, incluyendo garantías financieras y seguros adecuados.
- Tomar medidas para eliminar todos los modos creíbles de falla para alcanzar cierres más seguros.
- Establecer procedimientos de queja, protección a denunciantes y contraloría comunitaria para las comunidades potencialmente afectadas.
- Obtener consentimiento de las comunidades potencialmente afectadas y asegurar el derecho a decir que «no» ante la propuesta o expansión de instalaciones de relaves.

- Disponibilidad pública de la información relativa a la seguridad de la mina en los idiomas pertinentes.
- Ofrecer acceso a la asistencia técnica independiente para las comunidades afectadas.
- Las juntas directivas corporativas deben asumir la plena responsabilidad del riesgo (inclusive el riesgo financiero) y aceptar las consecuencias de fallas en las instalaciones de relaves.

Para poder entender cómo y por qué ocurren las fallas, debemos comprender el alcance del tema. Actualmente no existe ningún inventario global de las miles de sitios activos y abandonados de disposición de relaves, ni un registro completo de fallas de las presas. Una recopilación y divulgación de esta información de forma pública y transparente es esencial. Una agencia internacional independiente, por ejemplo una agencia con respaldo de las Naciones Unidas, debe impulsar este proceso en colaboración con la sociedad civil, los estados y las empresas operadoras, debe impulsar el proceso de recolección de información sobre presas de relaves y fallas en las presas alrededor del mundo. Estos hallazgos deben ser compartidos con las comunidades afectadas para poder mitigar el riesgo en estos sitios y promover la protección de la salud humana y ambiental.

Esta agencia internacional debe poder ofrecer orientación y transparencia sobre la gestión de los relaves a nivel mundial para proteger la salud y seguridad de las personas y el medio ambiente. Debe contar con los recursos y capacidades necesarias para analizar las normas globales de forma eficiente, investigar fallas, recoger y divulgar datos de sitios específicos, responder a quejas y emitir recomendaciones disponibles al público. La estructura de gobernanza para esta agencia debe ser una entidad multisectorial que incluya a las comunidades afectadas, los pueblos indígenas, el sector laboral y las organizaciones de la sociedad civil. Debe garantizar un proceso igualitario de toma de decisiones que incluye a todas las partes interesadas, sin influencias indebidas del sector sujeto al monitoreo. También debe brindar acceso seguro a un mecanismo de quejas para las denuncias de habitantes o trabajadores.

Redacción

Los autores han optado por referirse a la disposición de relaves en vez del almacenamiento de los mismos. El término almacenamiento implica el resguardo temporal de los relaves hasta que se identifique otro uso. Los autores hacen referencia a la disposición para indicar que los relaves son un desperdicio sin un uso secundario garantizado.

Vista aérea de los desperdicios mineros: Catalão, Goiás, Brasil. Foto: Júlia Pontés.



Introducción

En enero de 2019, una presa de la mina Córrego do Feijão, propiedad de Vale en Brumadinho, Brasil, colapsó y liberó unos 9.7 millones de metros cúbicos de relaves. Los desechos mineros fluyeron sobre tierra por 8 kilómetros,¹ provocando 272 muertes,² destruyendo casas y edificios y desembocando eventualmente en el Río Paraopeba.

La catástrofe dejó atónito al mundo, incluyendo la industria minera y sus inversionistas, pero no nos debió sorprender. Este suceso se dio poco después de los colapsos masivos en presas de relaves en 2014, en la mina de oro y cobre Mount Polley, en Columbia Británica, Canadá, así como un colapso en la mina de hierro Samarco en Mariana, Brasil en 2015, una empresa mixta de Vale y BHP Billiton. La falla de la mina Samarco mató a 19 personas y esparció relaves por 700 kilómetros del Río Doce hacia el Océano Atlántico. Después de la catástrofe de Mariana, el Director Ejecutivo de Vale juró que «nunca más» volvería a suceder. No obstante, apenas tres años después se produjo el colapso de su presa en la Mina Córrego de Feijão.³

Frente a la frecuencia y severidad de las fallas en instalaciones de relaves,⁴ surgen nuevas regulaciones y normas en un esfuerzo por controlar prácticas peligrosas e impedir desastres en el futuro. Después de la falla de Brumadinho, una intervención de inversionistas liderada por la Iglesia de Inglaterra facilitó el lanzamiento oportuno de la Revisión Global de Relaves (Global Tailings Review, o GTR), convocado por el Consejo Internacional sobre Metales y Minería (ICMM), los Principios de Inversión Responsable (PRI) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Según su portal web, el GTR propuso «establecer una norma internacional para el manejo más seguro de las instalaciones de resguardo de relaves».⁵ El Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (GISTM) fue publicado en 2020.⁶

Las normas actuales de la industria, incluyendo la GISTM, no alcanzan a proteger a comunidades y ecosistemas adecuadamente de dichas fallas. A menudo las normas carecen de lineamientos claros y técnicos para dejar atrás las tecnologías y prácticas que representan demasiado riesgo, tal y como se acostumbra en otras industrias como la aviación y las tuberías de larga distancia. Deben producirse

Un fiordo en las afueras de Kirkenes en la zona nororiente de Noruega se ha llenado de relaves después de décadas de desperdicios vertidos por parte de las empresas mineras. Bahía de Kirkenes, Finnmark, Noruega. Foto: WikiCommons.



cambios importantes en la prácticas actuales de diseño, construcción, operación y cierre de instalaciones de relaves. En la medida en que el cambio climático agrava el riesgo y las consecuencias de una falla, estos cambios se han vuelto cada vez más urgentes. El siguiente documento ofrece orientaciones para la seguridad, el respeto a las comunidades afectadas y la responsabilidad empresarial que debe incorporarse como parte de cualquier norma o reglamento sobre relaves.

Los relaves mineros son el desperdicio que queda después de la eliminación de metales o minerales de valor económico de la mena mediante métodos físicos o químicos de separación. Los relaves constan de roca o suelos procesados, agua y posiblemente otros productos mineros incluyendo químicos de combustión (amonio, nitrato), trazos de químicos utilizados en el proceso de separación (por ejemplo, productos secundarios de petróleo, cianuro y agentes cáusticos) y metales u otros constituyentes lixiviados de la roca o los suelos (ej.: cobre, cadmio, plomo, zinc, hierro, arsénico, aluminio, manganeso y sulfato). Los relaves pueden ser vertidos en obras mineras subterráneas o tajos abiertos agotados, pero por lo general los relaves son resguardados en embalses superficiales permanentes detrás de una presa construida de otros desperdicios mineros. Si bien este documento establece el uso de relaves filtrados en las instalaciones nuevas de relaves, los autores reconocen que existen instalaciones actuales que no utilizan relaves filtrados y por esta razón también se ofrece orientación para los embalses de relaves.

Las fallas catastróficas en presas de relaves han ocurrido con mayor frecuencia en minas de hierro y aluminio, pero también se han dado múltiples fallas en minas de oro, cobre, uranio y de otros tipos, incluyendo de modalidad a cielo abierto como subterránea. Además de las fallas catastróficas, la liberación paulatina de contaminantes por filtración del embalse, esparcimiento de relaves por el viento o rebalse de la presa es posible aún sin una liberación catastrófica de relaves y aguas. Las liberaciones catastróficas y de evolución lenta de las instalaciones de relaves tienen impactos adversos a largo plazo en las aguas superficiales y subterráneas, los suelos, la vegetación y las comunidades.

El presente documento reconoce que las instalaciones de relaves más seguras son las que no se llegan a construir. La construcción de instalaciones superficiales permanentes de relaves debe ser el último recurso. En su lugar, debemos encontrar la forma de reducir la cantidad de relaves producidos y la demanda en general por las materias primas principales para evitar los pasivos a largo plazo en el sitio de la mina, así como sus impactos sociales y ambientales. La producción global de varios commodities ha crecido: de 200% hasta 1000% en los últimos 40 años.⁷ En el mismo periodo, la concentración promedio de mena se ha reducido a la mitad para muchos minerales, lo que efectivamente duplica el volumen de relaves generados por cada unidad de mineral producida. De acuerdo con el Banco Mundial y el Instituto para Futuros Sostenibles de Australia, la demanda de metales, particularmente para aprovechamiento en la transición energética se multiplicará de aquí al año 2050, con picos anticipados de 300% hasta 8,000% para algunos metales, según escenarios.^{8,9}

Claramente, estas tendencias no son sostenibles. Si hace falta la extracción de nuevos materiales fuentes y otra materia prima, incluyendo los necesarios para facilitar las tecnologías de la transición energética, se deben aplicar los mejores estándares y prácticas. Como sociedad, y particularmente para los países del Norte, también debemos encontrar formas activas de reducir la demanda general de materias primas, al rediseñar nuestras ciudades y sistemas de transporte para reducir la dependencia sobre los vehículos particulares y alejarnos de algunos de los usos actuales de materias primas. Las investigaciones revelan que el reciclaje de materiales y las estrategias de reducción de demanda nos pueden ayudar a construir un futuro que dependa menos de la extracción y sea más justa y equitativa para las comunidades y los ecosistemas afectados por la minería.¹⁰

Para reducir la cantidad de relaves producidos y almacenados en la superficie, es importante:

1. Reducir la demanda de metales y minerales, dejando el consumo descartable y en exceso.
2. Reducir la demanda de la ampliación o construcción de nuevas minas al aplicar soluciones de economía circular y reciclaje de minerales, el reprocesamiento de relaves existentes y la derivación de metales de otras fuentes no convencionales como aguas contaminadas u otros desperdicios.
3. Obtener las materias primas con la producción mínima de relaves.
4. Maximizar la conversión de relaves en productos útiles y/o comercialmente viables.
5. Maximizar el uso de los relaves para la construcción de infraestructura minera, observando las medidas apropiadas de seguridad para evitar la lixiviación de contaminantes.
6. Maximizar el llenado de relaves en tajos abiertos agotados u obras subterráneas de las minas.^a



Este documento no propone reemplazar los reglamentos ni constituye una norma integral aparte. No obstante, cualquier norma, reglamento o documento de orientación que no protege a las personas, la propiedad y el medio ambiente, en concordancia con lo descrito en este documento, es insuficiente. Incluso es posible que bajo algunas circunstancias existan instalaciones de relaves que cumplan con todos los lineamientos de este documento y aún así no deben ser construidas o continuar operando.

En última instancia, la regulación para la protección en materia de relaves dependerá de los reguladores encargados de la seguridad pública. En muchos lugares, las regulaciones de protección no existen o no se aplican de forma adecuada. Muy a menudo, las entidades gubernamentales no pueden, debido a

^a Actualmente, California (EE.UU.) y Nueva Caledonia tienen requisitos para el llenado de minas de tajo abierto. En Quebec, Canadá, es obligatorio presentar un análisis de costos y beneficios del llenado de minas de tajo abierto, mientras los lineamientos de Columbia Británica, también de Canadá, establecen que se debe maximizar la opción del llenado en el diseño y las operaciones mineras.

limitaciones de recursos o pericia técnica, o no quieren, debido a presiones políticas, corrupción o la influencia indebida de la industria minera, promulgar y/o aplicar reglamentos que prioricen la seguridad. Es importante reconocer el problema persistente de la «captura regulatoria» en la supervisión minera, en que la industria minera ejerce influencia directa o indirecta de forma indebida en las decisiones de los reguladores.¹¹ Esto puede tomar la forma de lobby, donaciones políticas y «puertas giratorias» entre los reguladores y las operadoras mineras, así como la falta de claridad entre el interés público y los intereses corporativos en la política pública.¹² En algunas jurisdicciones, las agencias regulatorias encargadas de la supervisión de la seguridad en las actividades mineras son financiadas completamente por la industria misma.

Además, aunque los estándares voluntarios y los sistemas de certificación por parte de terceros pueden ser fundamentales para avanzar las mejores prácticas y tecnologías, no sustituyen las regulaciones, el monitoreo y la aplicación de parte de los gobiernos.

Los reguladores gubernamentales deben garantizar su independencia de la industria minera, cumplir con sus compromisos para la seguridad pública en la concesión de permisos y monitoreo de los relaves y aplicar sanciones financieros o de otra naturaleza y acciones correctivas en caso de violaciones regulatorias. En el presente documento, los autores hacen referencia frecuentemente a la necesidad de la asistencia técnica independiente y la revisión independiente o por parte de terceros de las operaciones mineras. Estas medidas buscan crear mecanismos de supervisión más allá de las empresas operadoras y sus empleados directos, así como responder a la desconfianza que muchas comunidades afectadas por la minería sienten hacia las empresas operadoras. Los autores esperan que la versión revisada de *La seguridad ante todo* pueda empoderar a grupos de la sociedad civil, comunidades de primera línea, pueblos indígenas, sindicatos, investigadores académicos y ONGs para asumir un rol más activo en la gestión de los relaves y la aplicación de prácticas más seguras de su disposición. A la vez, *La seguridad ante todo* destaca la necesidad de agencias regulatorias transparentes, capaces de operar sin la influencia indebida de la industria minera.

La seguridad ante todo se publicó por primera vez en 2020 para responder a la necesidad de mayor protección en la gestión de los relaves. Después de su publicación, los autores recibieron retroalimentación de parte de comunidades de primera línea, pueblos indígenas, ONGs, académicos y expertos técnicos. A la luz de esta retroalimentación, se organizó una serie de talleres regionales para escuchar las perspectivas de las comunidades afectadas, las ONGs locales y los pueblos indígenas acerca de sus experiencias con los relaves y recibir sus comentarios acerca de los lineamientos. Los talleres se organizaron en cuatro idiomas, con la participación de más de 200 de cinco continentes. Los autores también solicitaron y recibieron comentarios por escrito.

Estos comentarios ayudan a informar la versión de *La seguridad ante todo* para 2022. Los autores desean agradecer a todas las personas de las comunidades y organizaciones, académicos y científicos quienes dieron sus aportes invaluable sobre la primera versión de los lineamientos y nos ayudaron a crear un documento más fuerte y arraigado en las comunidades. Los lineamientos de *La seguridad ante todo* no son definitivos y serán actualizados regularmente en concordancia con los cambios en el diseño, la gestión, la regulación y las mejores prácticas en materia de relaves. Los autores esperan que el presente documento pueda constituir un paso hacia la protección proactiva de los intereses de las comunidades de primera línea en la gestión de los relaves.

El colapso de la presa de relaves en la mina Samarco de Vale y BHP en 2015 produjo una inundación repentina de relaves que soterró casas del pueblo de Bento Rodrigues en Brasil. Minas Gerais, Brasil. Foto: Rogério Alves/TV Senado.



Alcance

Las instalaciones de relaves son propensas a fallar de muchas formas y con diferentes grados de severidad. Una falla de relaves se entiende como la liberación inesperada o no controlada de materiales, incluyendo relaves, agua o polvo, de instalaciones de disposición de relaves. El presente documento traza lineamientos que buscan evitar las fallas catastróficas, definidas como fallas que producen un golpe rápido y que ocurren sin previo aviso (aunque puedan haberse previsto).^{13,b} Las fallas repentinas no son el único tipo de falla de relaves, y las fallas que ocurren de forma más paulatina o durante un periodo más extendido también pueden acarrear impactos desastrosos. Si bien el presente informe no espera abordar todas las fallas de relaves de forma integral, incluyendo la contaminación ambiental crónica, sus autores reconocen que tales impactos constituyen preocupaciones serias de salud pública y ambiental para muchas de las comunidades aledañas a zonas mineras.

Para cada aspecto de la gestión de relaves, los autores han desarrollado los lineamientos con base en los criterios más conservadores (que brindan mayor protección a las personas, la propiedad y el medio ambiente) entre los documentos y regulaciones existentes. *La seguridad ante todo* se orienta a partir de los lineamientos para presas de retención de agua, si estos son más conservadores que los lineamientos actuales para presas de relaves. Las empresas operadoras deben identificar, prevenir y mitigar cualquier impacto ambiental o sobre la salud pública además de tomar medidas para evitar fallas catastróficas repentinas.

EJEMPLOS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES A LARGO PLAZO

CONTAMINACIÓN DE AGUA: Contaminación continua y periódica de agua debido a la lixiviación, filtración, derrames o rebases de las instalaciones de disposición de relaves. En la Mina San Finx en Galicia, España, se libera un promedio de 50,000 litros de agua contaminado con desperdicios mineros cada hora en un río cercano, produciendo concentraciones de cadmio, cobre y zinc arriba de los niveles máximos permitidos incluso kilómetros río abajo.¹⁴

- Medidas de prevención: Las instalaciones de relaves deben utilizar múltiples mecanismos incluyendo recubrimientos, cubiertas y controles de escorrentía para minimizar todo lo posible la filtración desde las instalaciones hacia las aguas superficiales. Los sistemas de tratamiento de aguas de las instalaciones de relaves deben ser apropiados para reducir los contaminantes metálicos tóxicos sin recurrir a la dilución fuera del sitio.

EMISIONES DE POLVO: Las emisiones no controladas de polvo de las instalaciones de disposición de relaves contaminan el aire, provocando problemas de salud como afectaciones respiratorias, así como la contaminación ambiental de la vegetación, los suelos, la fauna y las aguas superficiales. En Sudáfrica, las minas de oro de la región Witwatersrand tienen precipitaciones de polvo alto en sílice y uranio. Este polvo ha provocado impactos adversos para la salud respiratoria en las comunidades locales.^{15,16}

- Medidas de prevención: Las empresas operadoras deben ejecutar proyectos de reclamación concurrente con cobertura para minimizar la producción de polvo.

^b Por ejemplo, habría sido posible prever el desastre de la presa Mount Polley con un estudio adecuado de caracterización de sus cimientos.

DISPOSICIÓN ACUÁTICA DE RELAVES: Cada año, las empresas mineras vierten 220 millones de toneladas métricas de desperdicios mineros directamente a los mares, ríos y lagos.¹⁷ Esta práctica soterra ríos, lechos marinos y arrecifes de coral, diezmando la población de peces en ambientes de agua dulce y salada, anegando humedales y bosques. Desde el año 2012, la mina de níquel Ramu en Papúa Nueva Guinea ha vertido millones de toneladas métricas de relaves al mar. Un estudio de la zona encontró niveles elevados de metales pesados «muy por encima de los niveles permitidos» en los suelos agrícolas, las playas y el agua de ríos y mares, incluyendo agua para consumo humano y los alimentos.¹⁸

- Medida de prevención: Los relaves nunca deben ser descargados hacia cuerpos de agua (ríos, quebradas, lagos, océanos, etc.), sin importar los desafíos asociados con métodos de disposición de mayor protección.

Aunque los efectos sobre el medio ambiente, la salud y la seguridad ameritan orientación de mayor protección y medidas eficaces de monitoreo y mitigación, abordar toda la gama posible de remedios para fallas de relaves está más allá del alcance de este documento.

Las empresas operadoras son responsables del cuidado perpetuo de las instalaciones de relaves o hasta que ya no existan modos creíbles de falla. Las empresas operadoras podrían evitar el uso de la palabra «presa» para esquivar los requisitos de seguridad de las presas de relaves. No obstante, es importante notar que estos lineamientos son aplicables a cualquier estructura de ingeniería que contenga relaves mineros, sin importar la terminología que utilice la empresa operadora para describir dicha estructura. En particular, los lineamientos de *La seguridad ante todo* se aplican a:

1. Embalses convencionales de relaves;
2. Botaderos que resguardan una mezcla de relaves, material rechazado de mena,^c y/o desperdicios de roca;
3. Instalaciones de relaves filtrados (con o sin agregados de mena rechazada o desperdicios de piedra);
4. Los relaves almacenados en tajos abiertos agotados utilizando diques, bordas o estructuras similares;
5. Zonas estructurales (estructuras de contención) de las instalaciones de disposición de relaves, incluyendo las zonas estructurales de instalaciones de relaves filtrados.

PERTINENCIA PARA OTRAS INSTALACIONES MINERAS

Las instalaciones mineras que no contienen relaves, como desperdicios de roca o lixiviación en pilas o en botaderos, también tienen riesgos inherentes. Las instalaciones de lixiviación en pilas o botaderos son utilizadas comúnmente en la minería de oro y cobre, respectivamente. El material de estas instalaciones se suele considerar mena, pero se convierte en desperdicios después de la aplicación de cianuro o ácidos. Los materiales gastados suelen permanecer en la superficie para siempre. Las instalaciones superficiales de desperdicios de roca son comunes en casi todas las minas, aunque mezclar desperdicios de roca en los embalses de relaves también se ha convertido en una práctica más frecuente. El potencial de filtración de contaminantes de estas instalaciones durante y después de su

^c El material rechazado incluye los materiales de tamaño de grava que quedan después de un proceso de separación de los fragmentos de mena de bajo grado de los de alto grado, previo al procesamiento de los minerales para la extracción del material de valor comercial. El propósito de la tecnología de rechazo de mena es evitar la creación de relaves excesivos de fragmentos de mena de bajo grado.

vida útil, ha la posibilidad de perder su estabilidad física presenta un riesgo continuo a las comunidades río y cuesta abajo y al medio ambiente. Un derrumbe importante asociado con la pila de desperdicio de roca provocó una falla en la pila de lixiviación de cianuro en la Mina Bellavista en el año 2007, con resultados que incluyeron el cierre de la mina y la contaminación de las aguas subterráneas cerca de la comunidad de Miramar.¹⁹ Este caso es un ejemplo de los impactos adversos que pueden ocurrir en este tipo de instalaciones debido a la inestabilidad de las pendientes.²⁰

El colapso de la presa de relaves en la mina Samarco de Vale y BHP en 2015 produjo una inundación repentina de relaves que soterró el pueblo de Bento Rodrigues en Brasil. Minas Gerais, Brasil. Foto: Rogério Alves/TV Senado.



Lineamientos

1. La seguridad como el principio rector del diseño, construcción, operación y cierre

Debido a la naturaleza peligrosa de los relaves mineros, el objetivo principal de la gestión de relaves debe ser «garantizar que la seguridad pública, ambiental y económica sea el factor determinante que rige la implementación de un sistema de disposición de relaves».²¹ Particularmente, la gestión de relaves debe garantizar daño cero para las personas y el medio ambiente, con cero tolerancias para las fatalidades humanas. Es importante reconocer que la minería es una industria fundamentalmente destructiva, por lo que un objetivo de daño cero al medio ambiente es imposible lograr. Sin embargo, las empresas operadoras deben hacer todo lo posible para reducir al mínimo los daños ambientales. De manera particular, deben limitar el daño ambiental que ocurre inevitablemente dentro del sitio de la mina.^d

La seguridad debe ser evaluada por terceros independientes, por ejemplo una Junta Independiente de Revisión de Relaves, para asegurar que no se priorice la reducción de costos por encima de las personas y el medio ambiente. Las empresas operadoras deben documentar que en todos los puntos de diseño, operación, cierre y poscierre de las instalaciones de relaves, la protección de la salud humana y medioambiental es la primera prioridad. Con base en los aprendizajes del desastre de la Mina Mount Polley en Canadá en 2014, citando el Panel Independiente de Expertos Ingenieros para Investigación y Revisión,²² la evaluación de respuesta rápida de PNUMA-GRID Arendal sobre la disposición de relaves de 2017 también priorizó la seguridad como su primera recomendación: «Los atributos de seguridad deben analizarse de forma independiente de las consideraciones económicas, donde el costo deja de ser el factor determinante.»²³ Si un proyecto minero resulta no ser viable económicamente por el costo de un sistema seguro de disposición de relaves, entonces sencillamente no es un proyecto viable: los costos y los riesgos del proyecto no deben trasladarse al medio ambiente, las comunidades y los gobiernos anfitriones.

2. Consentimiento de las comunidades afectadas^e

El consentimiento debe ser otorgado mediante un diálogo continuo durante la vida de la mina, tanto para instalaciones propuestas como las ya existentes. El Consejo de los Pueblos Originarios sobre Minería y Energía establece que: «El consentimiento es sencillo. Es el derecho a decir que sí, el derecho a decir que no o el derecho a decir sí, pero con condiciones».²⁴ El consentimiento se puede otorgar o denegar en diferentes etapas de un proyecto, incluyendo la fase de exploración.²⁵ Las empresas operadoras deben garantizar el involucramiento significativo, la participación y el consentimiento de todas las comunidades afectadas por cualquier instalación de relaves.

^d Un sitio minero es el área que comprende la perturbación superficial necesaria para realizar una operación minera. Esto incluye las instalaciones de extracción, procesamiento y disposición de desperdicios, así como las calles. El sitio minero no necesariamente incluye toda la zona definida en el permiso o la concesión minera.

^e Este lineamiento se aplica tanto a comunidades afectadas como las potencialmente afectadas, incluyendo comunidades indígenas, afrodescendientes, tradicionales, originarias, aborígenes, adivasi, janajati y comunidades no indígenas.

Todo contacto con las comunidades debe producirse en el idioma local, respetando las normas culturales y estilos de comunicación de cualquier comunidad afectada y las partes interesadas. El contacto debe iniciar lo más pronto posible, antes de cualquier exploración y como parte del proceso de otorgamiento de permisos para la mina. Para las minas existentes, los permisos y las licencias deben ser revisadas por las agencias regulatorias pertinentes y se debe obtener consentimiento.²⁶

El consentimiento debe obtenerse por medio de procesos, plazos y mecanismos culturalmente apropiados y determinados por los pueblos indígenas o las comunidades afectadas. Esto incluye los procesos tradicionales de toma de decisiones, procesos democráticos locales, mecanismos de gobernanza local y otros procesos como plebiscitos.

Para los pueblos indígenas, la Organización de las Naciones Unidas reconoce la necesidad del Consentimiento Libre, Previo e Informado (CLPI) para el desarrollo, la operación y el cierre de una mina. Los derechos de los pueblos indígenas son derechos humanos y son inseparables de sus derechos culturales, territoriales y de autodeterminación.²⁷ Los pueblos indígenas son los titulares de sus tierras en virtud de su habitación y la mayordomía de dichas tierras desde antes de la colonia hasta el presente. El derecho indígena siempre ha existido y regido la gobernanza de las tierras indígenas.²⁸ Por ello, los pueblos indígenas tienen derechos de gobernanza propia como pueblos distintos con autodeterminación, procesos propios de toma de decisiones, leyes, prácticas e instituciones, así como derechos colectivos territoriales y culturales. Cada vez más, los pueblos indígenas y afrodescendientes documentan sus reglas de gobernanza para las consultas y el Consentimiento Libre, Previo e Informado (CPLI) en forma de Protocolos Autónomos de CPLI, con los cuales exigen el cumplimiento de todos los actores externos.²⁹ No es posible realizar un proceso CPLI donde los pueblos indígenas o tribales vivan en aislamiento voluntario, como es el caso de las tribus no contactadas de las Amazonas.³⁰

Los pueblos indígenas y las comunidades afectadas deben tener la oportunidad de establecer «zonas prohibidas» y planes de uso de suelos.³¹ Esto reconoce que algunas áreas nunca deben ser consideradas para la disposición de relaves, sin importar el diseño, monitoreo u operación de

Después de una evaluación de impacto ambiental, social y cultural sería impulsada por los protocolos indígenas locales, la Nación Stk'emlupsemc Te Secwepemc rechazó la construcción de grandes instalaciones de relaves propuestas por la empresa KGHM cerca del sitio sagrado Pipsell. Pipsell, territorio Secwepemc, Columbia Británica, Canadá. Foto: Nación Stk'emlupsemc Te Secwepemc (SSN).



las instalaciones. Las «zonas prohibidas» podrían incluir áreas potencialmente afectadas ubicadas en el área de influencia de las instalaciones de relaves (por ejemplo, sitios sagrados) que no permitirían la construcción de las obras. En algunos casos, las entidades indígenas podrían tener sus propias normas, requerimientos y sistemas de monitoreo e inspección para las operaciones mineras. En estos casos, las empresas operadoras deben cumplir con las directrices emitidas por los entes indígenas pertinentes.³²

En concordancia con la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, las personas indígenas tienen el derecho de identificarse con una comunidad indígena que las acepte como miembro.³³ Las empresas operadoras deben respetar cualquier comunidad que se autoidentifique como indígena y respetar su derecho de establecer zonas prohibidas y protocolos autónomos de CLPI, sin importar si gozan de estatus y reconocimiento local como indígenas.³⁴

El consentimiento debe ser libre de manipulación externa, coerción o extorsión. Los pueblos indígenas y las comunidades afectadas deben tener garantías del derecho a decir «no» ante instalaciones de disposición de relaves, sin miedo de sufrir represalias de los gobiernos locales, la policía, la fuerza armada, terceros interesados y/o la empresa operadora.^f En vista de las asimetrías de poder que suelen existir entre las empresas operadoras y las comunidades, los pueblos indígenas y las comunidades afectadas deben tener la posibilidad de decidir quiénes estarán presentes y participarán en un proceso de consulta.³⁵ Esto implica que pueden optar por celebrar procesos de consulta en que los representantes de la empresa operadora, el gobierno nacional o local o la policía no tiene permiso de participar o estar presente.³⁶ La comunidad también podrá decidir cómo comunicar los resultados del proceso de consulta al gobierno, las entidades regulatorias pertinentes y la empresa operadora. Estas ayudas ayudan a garantizar que el consentimiento sea libre.

Las empresas operadoras deben presentar un análisis transparente de riesgos y evaluación de la zona geográfica y las zonas habitadas que podrían verse afectadas por todas las instalaciones de relaves propuestas, para todas las partes interesadas afectadas.³⁷ El estudio debe incluir, como mínimo, los impactos positivos y negativos sobre las comunidades y ecosistemas afectados, incluyendo la contaminación crónica e impactos laborales y económicos.³⁸ También debe incluir una evaluación de los resultados en el caso de no construcción de una mina o instalaciones de relaves. El estudio debe presentarse con antelación suficiente como para dejar tiempo para que las comunidades puedan comprender y analizar el proyecto propuesto. El plazo dependerá de los procesos de toma de decisiones de las partes interesadas afectadas, pero la consulta debe «solicitarse con suficiente antelación para la autorización o inicio de actividades, en las primeras etapas de un plan de desarrollo o inversión, no solo cuando se presenta la necesidad de aprobación comunitaria.³⁹ El estudio debe evaluar los impactos de todos los diseños y sitios propuestos para las instalaciones, y actualizarse cada vez que se modifique, amplíe o cierre el diseño de las instalaciones. Debido a la propensión de los relaves de desplazarse por cientos de kilómetros y afectar amplias zonas en caso de falla, el estudio de impacto debe fundamentarse en las definiciones más integrales de personas y zonas afectadas, con una consideración especial para las cuencas impactadas.

Las comunidades afectadas deben tener acceso a asesoría legal independiente o de otros expertos desde las primeras etapas del diseño y evaluación del proyecto, hasta su monitoreo y

^f El derecho a decir que no a instalaciones de relaves y dar el consentimiento libremente fue una preocupación frecuentemente expresada por las comunidades en el proceso de consulta de 2021.

cierre.⁴⁰ Las comunidades afectadas deben poder seleccionar los expertos para asegurar la confianza en ellos (Lineamiento 16).

Si los representantes de las comunidades o los pueblos indígenas comunican claramente en cualquier punto de su contacto con la empresa operadora que no desean proceder con las discusiones relativas al consentimiento, la empresa reconocerá que no ha obtenido consentimiento y dejará de promover cualquier actividad propuesta que afecte los derechos o intereses de las comunidades afectadas. La empresa podrá volver a acercarse a las comunidades o los pueblos indígenas para retomar las discusiones si y solo si es invitada a hacerlo por los representantes comunitarios.

Las empresas operadoras deben documentar y reportar todos los pasos tomados hacia el consentimiento comunitario y/o CPLI. En algunas jurisdicciones existen agencias públicas que intermedian o supervisan el contacto con los pueblos indígenas. En estos casos, las empresas operadoras deben seguir los protocolos establecidos para contactar y obtener el consentimiento de los pueblos indígenas. La documentación sobre el proceso de consentimiento y CLPI debe ser de dominio público y presentado ante las agencias estatales. No obstante, cualquier revelación pública de CPLI o consentimiento comunitario debe ser aprobada por los pueblos indígenas y las comunidades afectadas previo a su publicación. La empresa operadora debe documentar y divulgar la retroalimentación recibida y como esta fue incorporada y resuelta.

3. Prohibición de nuevas instalaciones de relaves donde existan áreas habitadas en el camino de una posible falla de la presa

La forma más efectiva de minimizar el riesgo a las personas es evitar la construcción de nuevas instalaciones de relaves en sitios donde la población viva o trabaje cerca y aguas abajo. Las empresas operadoras no deben construir obras donde puedan estar trabajadores - como oficinas, comedores o bodegas - en la zona de influencia. La zona de influencia consta del «área que estaría afectada de forma significativa en caso de una falla de las instalaciones de relaves y por ende debe clasificarse como zona de riesgo».⁴¹ No se deben construir nuevas instalaciones de relaves si la empresa operadora no es capaz de garantizar la evacuación segura y oportuna de la población que vive en la área de influencia.

Para la ubicación y la seguridad de las instalaciones de relaves, se debe considerar el impacto a las vidas humanas en caso de una falla, así como los impactos ambientales y económicos. Las comunidades afectadas deben poder definir zonas prohibidas, o zonas donde no se permite la construcción de instalaciones de relaves debido a factores ambientales, culturales o económicos (Lineamiento 2). No se debe construir instalaciones de relaves en un lugar donde una falla tendría un impacto material en el suministro público de agua o hábitats críticos, ni cerca de recursos ecológicos protegidos. Adicionalmente, los relaves nunca deben verterse a cuerpos de agua como ríos, quebradas, océanos, etc. Debido al hecho que los relaves pueden viajar cientos de kilómetros en caso de una falla, se debe tomar en cuenta a todas las comunidades, los ecosistemas, los sitios sagrados y turísticos y áreas de producción económica aguas abajo en la determinación de las áreas potencialmente afectadas. Es importante reconocer las interconexiones entre las personas y el entorno natural; la protección de los recursos ecológicos es una extensión de la seguridad humana.

La construcción de nuevas presas y la expansión de presas actuales se prohíbe en las leyes de Ecuador y Minas Gerais, Brasil, si existen asentamientos en una proximidad menor a 10 km aguas abajo por el curso del valle, o si las proyecciones indican que una falla de relaves podría

alcanzar las comunidades aledañas en un tiempo menor de 30 minutos. En Minas Gerais, esta distancia mínima podría llegar hasta 25 kilómetros, según la densidad poblacional y el patrimonio natural y cultural de la zona.⁴² Aunque estos límites geográficos y temporales son un avance, tampoco son garantía de evacuación segura en todos los escenarios. En ese sentido, la distancia mínima entre las comunidades y las nuevas presas debe definirse según cada caso. Esta distancia se debe calcular con base en el tiempo que tomaría evacuar a la comunidad entera con el apoyo de un equipo de rescate, así como el tiempo que tomaría una inundación de relaves en alcanzar a la comunidad, con un margen de seguridad dentro del cálculo. El tiempo que tomaría una inundación de relaves en alcanzar una comunidad se debe calcular con base en un estudio de falla de la presa realizada para cada instalación de disposición de relaves.

Donde las instalaciones existentes se encuentren muy cerca como para permitir la evacuación segura, las empresas operadoras deben negociar con las comunidades el cierre de las instalaciones de relaves. Si bien es fundamental que las empresas operadoras hagan todo lo posible para cerrar oportunamente las instalaciones de relaves inseguras, en los casos en que el cierre oportuno no es posible y no hay otras soluciones disponibles (Lineamiento 11 sobre cierre seguro), la empresa operadora debe ofrecer un paquete para la reubicación voluntaria. No se debe permitir la reubicación involuntaria bajo ninguna circunstancia. En muchos casos, sin embargo, algunos de los reasentamientos que se designan como «voluntarios» son altamente problemáticos y pueden terminar en un desplazamiento forzado con resarcimiento inadecuado. La reubicación voluntaria debe ser realizada de la manera que se adapte a las mejores prácticas y los estándares internacionales de reasentamiento. La reubicación voluntaria solamente puede ocurrir con el consentimiento de las comunidades afectadas (Lineamiento 2) y ofrecer una indemnización justa y apropiada por la pérdida de tierras y otros activos, así como seguridad de la tenencia de la tierra en el nuevo sitio, con mejores medios y estándares de vida para las personas reubicadas.^{43,44,45}

Las comunidades deben tener acceso a expertos técnicos independientes durante todo el proceso de reubicación (Lineamiento 16). Cualquier proceso de reubicación voluntaria debe incluir opciones para la reubicación colectiva e individual.

4. Prohibición de presas aguas arriba en nuevas minas y cierre de las presas existentes aguas arriba

Por el riesgo comprobado asociado con la construcción de presas aguas arriba,^{46,47,48} no se debe construir este tipo de presa en instalaciones nuevas. Las obras aguas arriba son particularmente problemáticas en áreas con riesgo sísmico de moderado a alto, o en áreas de clima húmeda con precipitación neta (es decir, más precipitación que evaporación), especialmente en la medida que los eventos climáticos se vuelven cada vez más severos con el cambio climático. La zona estructural de una pila de relaves filtrados no debe construirse encima de relaves filtrados no compactados o levemente compactados. De ser así, constituye una presa aguas arriba y debe ser prohibido.

La construcción de nuevas presas de relaves aguas arriba ya ha sido prohibida en Brasil,⁴⁹ Chile,⁵⁰ Perú,⁵¹ y Ecuador.⁵² En teoría, es posible construir y operar una presa de relaves aguas arriba en las condiciones delimitadas de baja actividad sísmica y baja precipitación, con personal altamente calificado. No obstante, una publicación muy influyente de la industria de relaves, sustentada en antecedentes sólidos, ha argumentado que existen diez precondiciones para las presas aguas arriba y ninguna puede ser obviada sin un riesgo importante de falla.⁵³ Existe un consenso amplio en la comunidad de ingeniería, particularmente en las industrias de alto riesgo

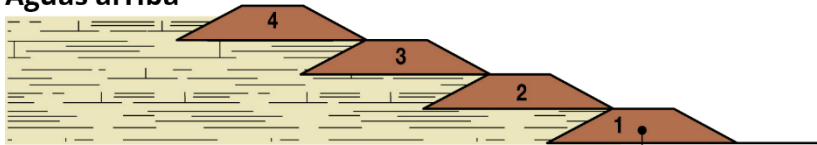
como la aviación y las tuberías de transmisión, que las obras deben ser robustas, con múltiples capas de redundancia y mecanismos de defensa. El cumplimiento obligatorio con diez precondiciones – sin margen de error – tampoco constituye una base para el diseño seguro.

En comparación con las presas aguas arriba, las presas de línea central o aguas abajo son menos vulnerables ante todos los mecanismos de falla. Una elevación aguas abajo o de línea central construida encima de una presa existente aguas arriba o de relaves no compactados también constituye una presa aguas arriba.⁸ De acuerdo con la Comisión Internacional sobre Grandes Presas (ICOLD) en su boletín 181, las variaciones de presas de línea central incluyen presas modificadas aguas arriba o aguas abajo.⁵⁴ En algunas jurisdicciones donde ya se ha prohibido la construcción de presas aguas arriba, las empresas operadoras han utilizado el concepto de «presas de línea central modificada» para esquivar la prohibición. Lo que estas empresas operadoras llaman un diseño modificado de presa de línea central debe considerarse como una presa aguas arriba, debido a que todavía implica la construcción de la obra encima de relaves no compactados. Las empresas operadoras deben identificar correctamente las obras aguas arriba para las agencias regulatorias.

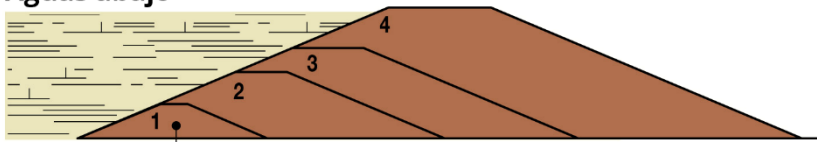
La expansión de instalaciones de relaves aguas arriba debe detenerse y estas instalaciones deben ser clausuradas de forma segura lo más pronto posible. Esto incluye presas donde las empresas han recibido permisos pero no han comenzado o apenas han iniciado la construcción. El límite para un cierre seguro depende primordialmente en consideraciones de ingeniería y la seguridad de las comunidades afectadas y no consideraciones económicas (consulte el Lineamiento 11 para las especificaciones de cierre seguro).

Tipos de presas de relaves levantadas secuencialmente

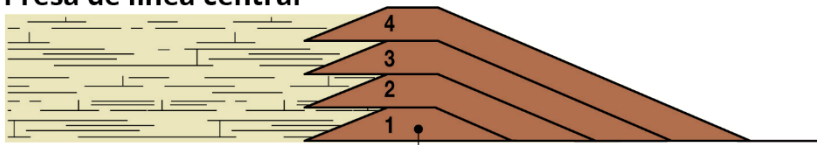
Aguas arriba



Aguas abajo



Presa de línea central



Primer dique: 1.
Las clasificaciones de presas, aguas arriba, aguas abajo y presas de línea central, indican la dirección en la cual se va construyendo la cresta del dique en relación al primer dique ubicado en la base del muro de la presa.

Dique: 2 a 4 o más
Diques son añadidos para elevar la altura del muro de la presa. Esto continúa durante toda la fase operativa de la mina.

LÓPEZ, 2017 G R I D

Fuente: Vicks 1983, 1990

Fuente: [Grid](#)

⁸ La [Mina Riotinto en España](#), operada por Atalaya Mining, ofrece un ejemplo de este tipo de construcción.

5. Cualquier posibilidad de pérdida de vidas es un evento extremo y el diseño debe responder adecuadamente

Si una empresa operadora, agencia reguladora o terceros independientes identifican la posibilidad de pérdida de vida como resultado de una falla de su presa de relaves, dicha presa debe diseñarse para soportar la Inundación Máxima Probable (IMP), que representa la inundación más grande teóricamente posible para un lugar, así como el Terremoto Máximo Creíble (TMC), el terremoto más grande teóricamente posible en un lugar.⁵⁵ Cuando la falla de una presa de relaves no conlleve la posible pérdida de vidas humanas, las instalaciones deben ser diseñadas para soportar un evento de inundación o terremoto con periodo de retorno de 10,000 años.

En los Estados Unidos, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército y el Buró de Reclamación han establecido lineamientos para las presas de retención de agua. Dichos lineamientos exigen que las presas sean capaces de soportar la Inundación Máxima Probable y el Terremoto Máximo Creíble cuando existe el riesgo de pérdida de vidas humanas en caso de un evento de falla. Considerando la ausencia actual de lineamientos federales para las presas de relaves en los EE.UU., los lineamientos federales para las presas de retención de agua deben ser los aplicables. La Agencia Federal de Gestión de Emergencias en los Estados Unidos (FEMA) establece tres Clasificaciones de Potencial de Peligro: Baja, Significativa y Alta. Una clasificación de Potencial de Peligro Alta implica «pérdida probable de vidas debido a falla o mala operación de la presa». Estas regulaciones aclaran que «pérdida probable de vidas» significa que se espera «una muerte o más».⁵⁶ Una presa en la clasificación de Potencial de Peligro Alta debe ser diseñada para soportar la Inundación Máxima Probable (IMP). Adicionalmente, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE) mantiene cuatro categorías de seguridad para presas. El estándar más estricto, el «Estándar 1 se aplica al diseño de presas capaces de poner en riesgo la vida humana o causar una catástrofe, en caso de que fallen».⁵⁷ Para el Estándar 1, «los diseños estructurales serán tales que la presa pasará de manera segura una Inundación de Entrada de Diseño (IED) calculada a partir de la precipitación máxima probable (PMP) que se produce sobre la cuenca hidrográfica sobre el sitio de la presa».

De la misma manera, según FEMA (2005), presas de Alto Potencial de Peligro deben incorporar un diseño apropiado para el Terremoto Máximo Creíble (TMC). De manera similar, los lineamientos de USACE para 2016 establecen que «para características críticas, el TDM (Terremoto de Diseño Máximo) es el mismo que el TMC».⁵⁸ Todo el modelaje y diseño para las inundaciones debe tomar en cuenta las tendencias del cambio climático, tanto para instalaciones cerradas como las que siguen en operaciones.

La Mina Gasberg de Freeport McMoran en Papua Occidental vierte desperdicios a los ríos Otonin y Ajkwa. Foto: Earthworks.



6. Mandato del uso de las Mejores Tecnologías Disponibles para relaves, particularmente el uso de relaves filtrados

Todas las propuestas para nuevas minas deben partir de un análisis de las Mejores Tecnologías Disponibles (MTD) para la disposición de relaves. Las Mejores Tecnologías Disponibles^h y prácticas para la gestión de relaves seguirán en evolución, pero el Panel Independiente de Expertos Ingenieros para la Investigación y Revisión describe, en su Informe de Mount Polley, el MDT para relaves:

«Aunque las Mejores Prácticas Disponibles (MPD) se enfocan en el desempeño de la presa de relaves, las Mejores Tecnologías Disponibles (MTD) tienen que ver con el propio depósito de relaves. La meta de las MTD para el manejo de relaves es garantizar la estabilidad física del depósito. Este propósito se logra al evitar la liberación del contenido del embalse, sin importar la integridad de las estructuras de contención. Para cumplir este objetivo, las MTD contienen tres componentes derivados de los principios fundamentales de la mecánica del suelo:

1. Eliminar el agua superficial del embalse.
2. Promover condiciones insaturadas en los relaves con provisiones de drenaje.
3. Lograr condiciones dilatantesⁱ en todo el depósito de relaves por compactación.»⁵⁹

Las Orientaciones al Código Minero de Columbia Británica afirman que la «estabilidad física es de primordial importancia, y aquellas opciones que comprometan la estabilidad física deben ser descartadas.»⁶⁰ La reducción del contenido de agua en las instalaciones de relaves mejora la seguridad al reducir la probabilidad y las consecuencias de una falla de la presa de relaves. Cuando los relaves están filtrados lo suficiente, tienen un contenido de humedad similar al de tierra húmeda. Los relaves filtrados pueden ser compactados en las instalaciones de relaves, lo que reduce su probabilidad de licuefacción.

La disposición inicial de relaves filtrados facilita un cierre seguro eventual. Los relaves colocados por métodos convencionales, por ejemplo los lodos, relaves espesados o pastas, también pueden ser drenados posterior a su colocación. No obstante, este abordaje no es tan eficaz para la estabilización de los relaves como lo es el filtrado inicial antes del almacenamiento (consulte el Lineamiento 11 para mayor detalle sobre el cierre seguro). Sin embargo, el uso de relaves filtrados no elimina todos los riesgos. Ya que siempre requieren de una zona estructural (un tipo de presa) para su contención,⁶¹ deben ser tratados como instalaciones de ingeniería para relaves (es decir, una presa de relaves) desde la óptica regulatoria. La zona estructural de las instalaciones de relaves no debe construirse encima de una zona no estructural como los relaves no compactados o levemente compactados (Lineamiento 4).

^h Cuando Mejores Tecnologías Disponibles aparece en mayúsculas en el documento, hace referencia a MDT de acuerdo a su definición en el Informe Mount Polley. Cuando las mejores tecnologías disponibles aparecen sin mayúscula, se hace referencia a las mejores tecnologías y prácticas disponibles, sin referencia explícita al Informe Mount Polley.

ⁱ Relaves en condiciones dilatantes son menos susceptibles a la licuefacción porque tienden a expandir en vez de contraerse cuando hay una perturbación.

El informe de Mount Polley recomienda:

- «Para los embalses de relaves existentes. La construcción de las instalaciones de relaves filtrados encima de los embalses convencionales supone varios obstáculos técnicos...^j Por tanto, no se recomienda intentar modernizar los embalses convencionales existentes, priorizando en su lugar el uso de las mejores prácticas durante su vida útil restante.
- Para nuevas instalaciones de relaves. Se debe promover activamente el uso de las MDT para nuevas instalaciones de relaves en minas actuales y propuestas. Los atributos de seguridad deben analizarse de forma independiente de las consideraciones económicas, donde el costo deja de ser el factor determinante.
- Para el cierre. Los principios de las MDT deben aplicarse al cierre de los embalses activos de manera que se eliminen progresivamente del inventario. Cuando sea aplicable, se debe buscar agresivamente alternativas a los cobertores hídricos.⁶²

El Informe de Mount Polley continúa: «La tecnología de relaves filtrados incorpora los tres componentes de MTD» y «...no existen impedimentos técnicos de peso para la adopción más generalizada de la tecnología de relaves filtrados». Los tres componentes de las MTD deben incorporarse en la disposición de relaves. Aunque los relaves filtrados se consideran una de las Mejores Tecnologías Disponibles, los relaves filtrados todavía pueden fallar y su uso no es excusa para ignorar otros aspectos de la seguridad de los relaves.

Adicionalmente, las mejores tecnologías disponibles incluyen la reducción al mínimo de la cantidad de los relaves que se almacenan de forma superficial. Las Orientaciones al Código Minero de Columbia Británica recomiendan minimizar la huella superficial de las instalaciones de relaves, maximizando el relleno del tajo o subterráneo.⁶³

La sumersión de relaves para el propósito de evitar el drenaje ácido ya no se puede considerar una buena práctica. El Informe Mount Polley enfatiza que «se reconoce rápidamente que la cobertura con agua contraviene los principios de las MTD. La falla en Mount Polley revela por qué la estabilidad física debe tomar precedencia y no podrá ser sacrificada».⁶⁴

Aunque la disposición subacuática de relaves ha demostrado reducir efectivamente su potencial de generación de ácido (PGA), en algunos casos la lixiviación puede continuar aún después de la sumersión, particularmente si los desechos ya han pasado por un proceso de oxidación.^{65,66} El uso de relaves filtrados reduce la cantidad de agua retenida, pero cualquier lixiviado producido debe ser recolectado y suele demandar tratamiento a largo plazo.⁶⁷ El diseño de las instalaciones de relaves filtrados debe incluir un sistema eficaz de drenaje, así como la infraestructura de gestión de agua para evitar la nueva humidificación de los relaves por la precipitación o escorrentía superficial. Si hay instalaciones de relaves existentes que utilizan embalses de drenaje, deben ubicarse a una distancia segura de las instalaciones de relaves para evitar que la falla de una estructura pueda impactar la estabilidad de otras estructuras. Si se requiere tratamiento de agua a largo plazo, se debe utilizar una cubierta u otro diseño para eliminar o minimizar la filtración.⁶⁸

^j Si bien hay ejemplos de instalaciones exitosas de relaves filtrados construidos encima de un embalse convencional de relaves, también existen ejemplos en que esta práctica ha producido fallas importantes. Por esta razón, los autores concuerdan con el Informe Mount Polley y no lo recomiendan.

7. Implementación de controles robustos de seguridad

El diseño, la construcción y operación y el cierre de cualquier instalación de relaves deben estar sujetos a las mejores tecnologías y las mejores prácticas disponibles. Un informe anual debe verificar el cumplimiento de la construcción y operaciones de la presa con el diseño final aprobado. Si una característica de diseño ha sido aprobada por la agencia reguladora, todas las modificaciones solicitadas al diseño deben ser presentadas a la misma agencia reguladora para su aprobación. Cualquier diferencia del diseño original debe ser justificada, documentada, y evaluada por un Comité Independiente de Revisión de Relaves (ITRB por sus siglas en inglés).

Como orientación para la operación y cierre seguro, se debe establecer un Factor de Seguridad (FS) conservador para la protección de las personas, la propiedad y el medio ambiente, aplicado para todas las presas de relaves. Al calcular el FS, es importante evitar los valores de ingreso único, aplicando en su lugar una serie de valores y métodos o modelos para evaluar la gama de valores posibles del FS (estáticos y pseudoestáticos). Para la operación y cierre de una presa de relaves, un FS estático de 1.5 (en condiciones no sísmicas) y un FS pseudoestático de 1.1 (en respuesta al diseño antisísmico que establece que aún ante la aceleración sísmica más fuerte teóricamente posible, la presa tendría una resistencia de 10% más de la fuerza de corte necesaria para evitar una falla) actualmente se consideran factores «conservadores».

Gestión de Relaves según ICMM: La Guía de Buenas Prácticas identifica que «El FS no es un valor mensurable, sino un resultado con base en los insumos derivados por el diseñador de acuerdo con datos del sitio, pruebas de laboratorio y modelaje». ⁶⁹ Por esta razón, la Guía identifica una serie de limitaciones al uso del FS y alerta que la sobre dependencia en el FS puede producir cierta autocomplacencia en el diseño y monitoreo de las instalaciones.

Aunque el FS todavía se ve incluido en diferentes regulaciones y lineamientos, su valor como indicador para predecir la probabilidad anual de falla es bajo. ⁷⁰ Para identificar el riesgo de forma más acertada, los diseños y las evaluaciones de las presas deben considerar la probabilidad anual de falla además del FS.

El derrame en Mount Polley (Imperial Metals) de 2014 en Columbia Británica dejó un flujo de escombros de 100 metros de ancho durante más de 10 km, antes de verter 24 mil millones de litros de relaves mineros y otros escombros en el Lago Quesnel, de la cuenca del Río Fraser, área donde se encuentra una de las carreras de salmón más grandes de Norteamérica. Territorio Secwepemc, Columbia Británica, Canadá. Foto: Chris Blake, Quesnel River Watershed Alliance.



Desde la Segunda Guerra Mundial, varias industrias como la aviación y la industria aeronáutica utilizan el indicador de probabilidad anual de falla. Para presas de relaves cuya falla no conllevaría potenciales pérdidas de vidas humanas, una probabilidad anual de falla aceptable sería de 0.01% (equivalente al diseño para un terremoto o una inundación con intervalo de retorno de 10,000 años). Para presas de relaves cuya falla efectivamente conllevaría la pérdida de vidas humanas, una probabilidad anual de falla aceptable sería de 0.001%.^k

La empresa operadora debe calcular la probabilidad anual de falla periódicamente. La probabilidad anual de falla y la metodología utilizada para calcularla deben ser publicadas como documento técnico así como en un formato accesible y comprensible para las comunidades afectadas. El análisis de riesgo utilizado para calcular la probabilidad anual de falla debe considerar más que solamente la precipitación o los eventos sísmicos máximos creíbles.

La inclinación del terraplén exterior de la presa de relaves debe ser lo suficientemente baja para reducir la probabilidad anual de falla por tubificación, también conocido como erosión interna, a un nivel aceptable. Los nuevos terraplenes externos deben ser construidos con una inclinación de 1V:5H o menos. Se debe agregar un relleno adicional a terraplenes externos existentes con una inclinación mayor a 1v:5H para cumplir con el nivel recomendado, de acuerdo con la orientación de USACE.⁷¹ Una propuesta de construcción o mantenimiento de un terraplén externo con inclinación mayor a 1V:5H debe ser justificada por escrita ante los reguladores y el público. Esta justificación no puede fundamentarse solamente en consideraciones económicas, sino debe demostrar que la probabilidad de falla por erosión interna para un diseño en particular es lo suficientemente baja, aún con la inclinación mayor. La inclinación de la presa no debe ser mayor de 1V:2H en ninguna circunstancia. Sin importar la inclinación del terraplén exterior, se debe prohibir la construcción de nuevas presas aguas arriba; las presas aguas arriba existentes deben pasar por un proceso de cierre seguro.

La infraestructura de gestión de agua impide el adelantamiento de estanque de relaves sobrenadante. Para las presas de relaves cuya falla podría provocar muertes humanas, la infraestructura de gestión del agua – incluyendo por ejemplo la playa, el resguardo requerido, los aliviaderos, drenes internos y canales – deben tener un diseño lo suficientemente conservador como para evitar que el estanque de relaves llegue a la cresta de la presa aún en caso de una IMP. Para otras presas, la infraestructura de gestión de agua debe garantizar que el estanque de relaves no llegue a la cresta aún durante una inundación con periodo de retorno de 10,000 años. Los cálculos de los eventos máximos creíbles, como la IMP, no pueden depender exclusivamente de datos históricos y deben considerar las tendencias del cambio climático. La empresa operadora debe aportar documentación en las Revisiones de Seguridad de Presas (RSP) bajo supervisión de un ingeniero cualificado, para mostrar que el sistema completo de gestión de aguas de las instalaciones de relaves es capaz de soportar el estrés necesario, ya sea la IMP o una inundación de intervalo de 10,000, según sea su clasificación de peligro.

^k Esta probabilidad anual de falla se deriva del documento del Centro de Ingeniería Hidrológica de USACE de 2003, Application of paleohydrology to Corps flood frequency analysis: RD 47 que en su página 34 estipula que «la IMP (Inundación Máxima Probable) no incorpora una probabilidad de excedencia específica, pero generalmente se considera mucho mayor al intervalo de recurrencia de 10,000 años». Dicho de otra manera, la IMP tiene una probabilidad anual de excedencia bastante menor al 0.01%. También se deriva de las declaraciones de FEMA de 2005 en sus [Lineamientos federales para la seguridad de presas - análisis y diseño de presas: FEMA-65](#), que en su página 75 establece que «para presas de alto potencial de peligro, el movimiento de fallas en el rango de 35,000 a 100,000 años AP se consideran lo suficiente para ameritar una clasificación de «activa» o «capaz». Es decir, el TMC (Terremoto Máximo Creíble) podría ser tan infrecuente como un movimiento con periodo de retorno de 100,000 años (probabilidad anual de excedencia de 0.001%).

8. Garantía de una evaluación detallada de los cimientos de la presa y las propiedades de relaves

Antes de la concesión de la aprobación necesaria, las empresas operadoras deben presentar ante las agencias regulatorias una evaluación detallada de la ingeniería de los cimientos de la presa, y una caracterización física y química de las propiedades del material de relaves, con atención especial al contenido de arcillas en los relaves, su fragilidad y su potencial de licuefacción. La caracterización de la geología subyacente debe completarse antes de la construcción de la presa y el embalse. La falla de la presa Mount Polley tuvo que ver en parte con la presencia de una capa glaciolacustrina inestable debajo de la presa.

La falla de la presa Brumadinho en Brasil en 2019 fue debido en parte al hecho que la presa almacenaba relaves frágiles;⁷² todos los relaves deben ser evaluados por su comportamiento de fragilidad o contracción. La zona estructural de una presa de relaves no debe incluir relaves frágiles o de contracción, debido al riesgo de falla por la licuefacción.

Los relaves y las aguas sobrenadantes y de poros deben ser caracterizadas y utilizadas para estimar la probabilidad y las consecuencias de una falla potencial de la presa. Las características geoquímicas del sobrenadante y agua retenida de una instalación de relaves, así como los relaves mismos, pueden afectar las consecuencias de una falla de la presa y comprometer la recuperabilidad de los ecosistemas. A medida que crezca el potencial de generación de ácido y lixiviación, aumentan las consecuencias asociadas con la falla de presas. Es importante realizar

Mina Paguna abandonada en Bougainville, Papúa Nueva Guinea. Foto: Damian Baker.



un muestreo de los relaves y las aguas para considerar el riesgo ambiental potencial, al menos cada tres años o cuando se produzca un cambio importante en el depósito de mena procesado, o los circuitos de procesamiento.

En vista de que los relaves con alto potencial de generación de ácido o lixiviación de contaminantes incrementan la severidad de las consecuencias de una eventual falla, las presas de relaves con dichas características geoquímicas deben ser diseñadas para aguantar la IMP y el TMC. Las instalaciones de relaves deben ser diseñadas para resistir una inundación o terremoto con intervalo de 10,000 años, solamente si los relaves no tienen potencial de generación de ácido y su potencial de lixiviación de contaminantes es bajo, sin peligro de pérdida de vidas. La Guía GARD ofrece recomendaciones de vanguardia para los métodos de caracterización geoquímica y la interpretación de los resultados (los criterios de diseño relativos al potencial de pérdida de vidas se encuentran en el Lineamiento 5).⁷³ Se debe utilizar un microscopio electrónico de barrido y otras técnicas mineralógicas y geoquímicas para caracterizar los relaves durante y después de la operación minera, especialmente para minas de mena de hierro o cuando se utilizan relaves de mena de oro para la construcción de presas. Con los aprendizajes de fallas pasadas, las mejores prácticas para la caracterización se deben actualizar regularmente para incorporar los enfoques más pertinentes e integrales para el manejo y la evaluación de relaves.

9. Sistemas apropiados de monitoreo para identificar y mitigar riesgos

Las instalaciones de relaves deben tener sistemas apropiados de monitoreo para identificar y mitigar riesgos. Las instalaciones de relaves deben tener un Plan de Manejo Adaptativo (PMA) claramente definido y vinculado a los resultados de monitoreo de relaves que establezca una serie completa de proyecciones y acciones pre-planificadas.⁷⁴ Un PMA es la forma de implementar de forma rigurosa el Método Observacional; se suele usar de forma indistinta ambos términos. El Método Observacional debe ser aplicado únicamente bajo la supervisión y concurrencia de un Comité Independiente de Revisión de Relaves, con un sistema implementado para responder a las observaciones.¹

El PMA debe incluir:

- Criterios de desempeño numéricos y mensurables con base en las proyecciones de comportamiento de la ingeniería.
- Umbrales numéricos relacionados a los resultados de monitoreo para identificar riesgos antes que estos sucedan, como lecturas de piezómetro, características de aguas sobrenadantes, química de relaves y aguas y otras características.
- Medidas de mitigación diseñadas para cada criterio de desempeño o indicador para evitar fallas catastróficas o de otra índole.
- Una evaluación de la eficacia de las medidas.

¹ El Método Observacional no debe ser empleado para la prevención de la licuefacción, ya que este fenómeno tiende a ocurrir sin previo aviso, es decir, sin tiempo para tomar las decisiones relevantes (consulte Jeffries, M y K Been. 2016. "Soil Liquefaction: A Critical State Approach" (2nd ed.). CRC Press. 690 p.). Para evitar la licuefacción, todas las acciones preventivas apropiadas deben ser realizadas desde el principio del proyecto.

- Las responsabilidades de reporte de la empresa operadora y las respuestas de la agencia reguladora y partes interesadas relevantes.
- Un informe anual del PMA para las instalaciones de relaves que examina cualquier umbral superado, las acciones de mitigación tomadas, la eficacia de las acciones y cualquier modificación necesaria para el plan. El reporte y los datos en bruto que lo sustenten deben ser públicos, acompañados de una reunión para explicar los resultados a cualquier comunidad afectada u otras partes interesadas.

10. Garantizar la independencia de la revisión para promover la seguridad

Debe producirse una evaluación independiente sobre todos los aspectos del diseño, construcción, operación y mantenimiento - incluso durante la etapa de cierre y rehabilitación - de instalaciones de relaves y otras instalaciones de desperdicios mineras, de parte de un grupo de terceros competentes y objetivos para conducir la revisión (ej. una Junta Independiente de Revisión).⁷⁵ La competencia de las entidades revisoras debe incluir experiencia demostrada y habilidad para el trabajo significativo con las comunidades, incluyendo comunidades rurales e indígenas. Un Comité Independiente de Revisión de Relaves ofrece consejería constante para las operaciones de relaves como complemento a las revisiones de seguridad periódicas. Este comité no debe verse exclusivamente como un medio para procurar la aprobación regulatoria.⁷⁶

La independencia de los expertos que ejecutan la revisión es fundamental para la seguridad. La empresa operadora no debe poder influir en las decisiones tomadas por el Comité Independiente de Revisión de Relaves. Los miembros de dicho comité no podrán ser despedidos durante una revisión con el fin de influir en los resultados o como medida de intimidación. Cualquier honorario pagado al Comité Independiente debe estar desvinculado de las conclusiones producidas como parte de la revisión.

El colapso de la presa de relaves en la mina Samarco de Vale y BHP en 2015 produjo una inundación repentina de relaves que soterró el pueblo de Bento Rodrigues en Brasil. Minas Gerais, Brasil. Foto: Bruno Milanez.



Para garantizar la objetividad de las revisiones, el ITRB debe ser contratado mediante los procesos de adquisición pública de las agencias regulatorias locales y pagada por la empresa operadora. Las Juntas Independientes deben tener un mandato de proteger a las comunidades y al medio ambiente.⁷⁷ Dichas juntas deben tener la obligación de trabajar con todas las partes interesadas y deben disponer de un canal accesible para recibir información de terceros, personas denunciantes y la sociedad civil.

Cada jurisdicción debe tener una agencia reguladora con la pericia y capacidad para asignar revisiones independientes a comités independientes especializados. No obstante, no ha sido una prioridad en muchas jurisdicciones. Cuando las empresas operadoras nombran sus propios revisores, los integrantes de los Comités Independientes de Revisión, ya sea en su calidad de personas naturales o representantes de organizaciones, no deben tener conflictos financieros con la mina bajo revisión. Los conflictos financieros podrían incluir, pero no se limitan al, interés financiero directo (empleo, contratos, acciones, etc.),⁷⁸ o vínculos personales o familiares con la mina o la empresa operadora que podrían producir cualquier tipo de beneficio. Las entidades revisoras deben firmar una declaración que divulga sus vínculos económicos y personales pasados y actuales con la empresa operadora o parte contratante, así como una declaración personal afirmando que no existen contratos o negociaciones paralelas con las empresas operadoras cuyas instalaciones se revisarán. Estas declaraciones deben incluir una multa en caso de falsedad. Las empresas operadoras no deben contratar a los mismos revisores independientes para múltiples proyectos a la vez, ni para revisiones subsiguientes durante tres años antes y después.⁷⁹ Los revisores no deben depender de una sola empresa operadora para la mayoría de sus ingresos.

El informe y las recomendaciones de la Junta Independiente de Revisión de Relaves, la respuesta de la empresa operadora y la respuesta subsiguiente de la Junta deben presentarse a la agencia reguladora local y a cualquier comunidad afectada por la obra de relaves. La empresa operadora también debe revelar públicamente las recomendaciones así como su justificación para la no-aceptación o inacción.

Adicionalmente, las empresas operadoras deben realizar una Revisión de Seguridad de Presas (RSP) cada año. Se debe realizar un Estudio de Impactos Sociales y Ambientales (EISA) para cada operación minera que incluye instalaciones de disposición de relaves. El EISA debe tener credibilidad científica, respetar los saberes locales e indígenas, seguir una metodología transparente y estar disponible al público. Los autores de la EISA deben estar sujetos a los mismos requisitos de independencia que la Junta Independiente de Revisión de Relaves.

11. Hacia un cierre más seguro sin modos creíbles de falla

Es imperativo que la reclamación y el cierre de las instalaciones de relaves sea un factor importante en su diseño inicial y ubicación. La falla de una obra de relaves es inevitable; ninguna estructura de ingeniería puede sobrevivir de manera indefinida sin monitoreo, inspección y mantenimiento. Esto deja a la «reducción de las consecuencias de una falla como la única estrategia eficaz para la mitigación de los riesgos durante el proceso de cierre».⁸⁰ Se considera que una obra de relaves está cerrada cuando ha cesado el depósito de relaves y se han completado todas las actividades de cierre, de manera que las instalaciones requieren solamente monitoreo de rutina, inspección y mantenimiento perpetuo o hasta que ya no existan modos creíbles de falla.

Si las consecuencias de falla en algún momento futuro son inaceptables, no se debe construir la instalación de relaves en dicho lugar. Actualmente, no existe tecnología adecuada para garantizar que instalaciones activas de relaves puedan cerrarse de modo para resistir la IMP o TMC de forma indefinida sin monitoreo, inspección y mantenimiento perpetuo.

No se debe permitir que las empresas operadoras se declaren en bancarrota ni vendan empresas subsidiarias para evitar las responsabilidades legales y de monitoreo asociadas al cierre (para mayor detalle acerca de los gastos de cierre, consulte el Lineamiento 12).

En vista de que las empresas operadoras no permanecerán lo suficiente para lograr el monitoreo, la inspección, el mantenimiento y la revisión perpetua, la capacidad de las empresas operadoras para eliminar eventualmente todos los modos creíbles de falla debe ser una consideración clave durante el proceso de concesión de permisos. Si una agencia regulatoria estima que una empresa operadora no podrá ejercer su responsabilidad financiera y de cuidado perpetuo, ni eliminar todos los modos creíbles de falla, no debe aprobar las instalaciones propuestas. Las empresas operadoras deben demostrar ante las agencias regulatorias que han eliminado exitosamente todos los modos creíbles de falla.

Las empresas operadoras deben presentar documentación transparente acerca del costo estimado de la limpieza del sitio de la mina, incluyendo su cierre y reclamación, así como todo el monitoreo y mantenimiento. La limpieza debe ser financiada por recursos propios lo suficientemente grandes para asegurar el financiamiento ininterrumpido (consulte el Lineamiento 12).

12. Abordaje del riesgo financiero, incluyendo títulos valores para cierre del sitio y los seguros apropiados para derrames accidentales.

Las empresas operadoras deben tener las garantías financieras necesarias para cubrir el costo de los planes de cierre y poscierre en su totalidad. El propósito de la garantía financiera es asegurar una fuente de fondos disponibles para los reguladores locales en caso de que la empresa operadora no realice las actividades adecuadas de reclamación, incluyendo el mantenimiento requerido de cierre y poscierre. Todas las instalaciones existentes deben tener garantías financieras establecidas. Para las instalaciones nuevas, las garantías financieras deben estar aseguradas durante el proceso de concesión de permisos, antes de la fase de construcción. Cualquier venta o transferencia de la titularidad de una instalación de relaves debe estar condicionada sobre el compromiso de la nueva empresa operadora de retener las garantías financieras. Debido a la tasa de retorno relativamente baja para inversiones calculada por las agencias públicas encargadas de asegurar la estabilidad financiera a largo plazo, los cálculos del valor de las garantías financieras poscierre debe considerar un plazo mínimo de 300 años.

Estas garantías financieras deben ser verificadas de forma independiente, confiables, y fáciles de liquidar para asegurar que los fondos puedan estar disponibles en el evento de una bancarrota de la empresa operadora.⁸¹ Esto implica que todo el financiamiento requerido debe estar disponible de forma inmediata a solicitud de la agencia regulatoria, sin limitaciones para el uso de los fondos para actividades relacionadas a la limpieza de la mina. Las garantías deben someterse a revisión de parte de analistas terceros, utilizando métodos contables aceptados, al menos cada tres años o cuando hay cambios materiales en las instalaciones de relaves o en el contexto social, ambiental y económico local.⁸² A menos que se actualice la garantía financiera

anualmente, el costo de inflación hasta la siguiente revisión financiera también debe considerarse en el cálculo de la garantía.

Asimismo, las empresas operadoras deben tener seguro de responsabilidad civil para cubrir los daños económicos, sociales y ambientales que se puedan producir de una liberación repentina, accidental o gradual de contaminantes, incluyendo filtración de desechos y fallas en la presa de relaves. El monto del seguro debe ser lo suficiente para una indemnización financiera por los daños ocurridos contra las personas, propiedades y recursos naturales, dentro o fuera de la mina, incluso después del cierre de la instalación de relaves. El seguro o las garantías colectivas para derrames peligrosos accidentales ya son requisitos para varias industrias en ciertas jurisdicciones, incluyendo para tanqueros, perforación en alta mar, producción de energía nuclear y tuberías de transmisión.⁸³ El Estado de Maine exige «evidencia de un seguro completo de responsabilidad general para el sitio en caso de siniestros repentinos y accidentales» y «un seguro adicional para siniestros de lenta evolución podría ser requerido por el Departamento en casos específicos, por ejemplo cuando se considera unidades de disposición de tierra, almacenamiento de tierras o desperdicios mineros».⁸⁴ De acuerdo con el Lineamiento 11, las instalaciones de relaves deben ser monitoreadas, inspeccionadas, mantenidas y revisadas de forma perpetua o hasta que no queden modos creíbles de falla. En ese sentido, las empresas operadoras deben tener un seguro perpetuo de responsabilidad pública.

Un análisis de la responsabilidad civil que se produciría de una falla de las instalaciones de relaves debe ser actualizado anualmente y puesto a disposición del público. Este análisis se debe diseñar sobre la base de los peores escenarios derivados de los estudios de fallas de presas, que deben considerar una pérdida completa de los relaves de una instalación a pleno rendimiento durante una falla catastrófica. Las evaluaciones de fallas catastróficas anteriores en presas de relaves indican que las responsabilidades financieras pueden sobrepasar 32 mil millones de dólares estadounidenses.^{85,86}

Destrucción del colapso de la presa de relaves cerca a Brumadinho, Brasil en 2019. Foto: IBAMA Brasil.



No se debe permitir que las empresas operadoras ofrezcan un auto depósito o sus propias pruebas financieras y garantías corporativas (self-bonding)^m para el cierre de la mina, las garantías financieras, o el seguro de responsabilidad civil.^{87,88}

Los riesgos a la seguridad no son ajenos a los riesgos financieros. Es de suma importancia que las empresas operadoras tengan la capacidad de pagar para usar las tecnologías y prácticas más seguras. Además de los mecanismos de garantía financiera y seguros, las operaciones que conlleven mayor riesgo financiero deben ser identificadas y consideradas como parte integral del cálculo de seguridad de los relaves previo a la concesión de permisos y durante el ciclo de vida de la mina.

Según lo expresado en el Informe de Mount Polley: «Solicitudes de permiso para una nueva instalación de almacenamiento de relaves en el futuro deben basarse en una garantía de factibilidad que considere todos los aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos del proyecto con el nivel de detalle suficiente para sustentar una decisión de inversión, con una precisión de $\pm 10\%$ – 15% ... [incluyendo] una evaluación detallada de todos los modos potenciales de falla y una esquema de gestión de todo el riesgo residual, un análisis detallado de costos y beneficios de las MTD y opciones de relaves y cierre para comprender los efectos económicos, reconociendo que los resultados de dichos análisis de costos y beneficios no deben suplantar las consideraciones de MTD y seguridad.»^{89,90}

13. Procedimientos de queja y protección a denunciantes

Los procedimientos independientes de queja deben ser establecidos y puestos a disposición de manera culturalmente pertinente para todos los empleados, contratistas, reguladores y personas de las comunidades afectadas. El sistema para denunciar y presentar quejas debe estar disponible en diferentes formatos, por ejemplo en línea, presencial, por correo, etc. Toda la información relevante y documentación relacionada al procedimiento de quejas debe estar disponible en los idiomas pertinentes.⁹¹ Todos los mecanismos de queja deben cumplir con los criterios de eficacia estipulados en el Principio 31 de los Principios Rectores de las Naciones Unidas sobre Empresas y Derechos Humanos, es decir que sean: (a) legítimos, (b) accesibles, (c) predecibles, (d) equitativos, (e) transparentes, (f) compatibles con los derechos, (g) fuentes de aprendizaje continuo y (h) con basados en la participación y el diálogo.⁹² Los titulares de derechos deben tener el poder en la toma de decisiones sobre el diseño y la operación de los mecanismos de queja. Las empresas operadoras no deben utilizar acuerdos de confidencialidad para impedir que las personas denuncien o tramiten una queja. Las resoluciones ante las quejas deben ser adecuadas, eficaces y oportunas. Podrían incluir: una disculpa, garantías de no repetición, resarcimiento, rehabilitación, indemnización financiera o no financiera o sanciones punitivas.⁹³

Los mecanismos de queja deben ser funcionalmente independientes de la empresa operadora del proyecto, por ejemplo administrados por un tercero que goce de la confianza de los titulares de derechos. Los mecanismos de queja deben permitir la presentación de quejas de forma confidencial y anónima. Los denunciantes deben recibir los fondos necesarios para tener acceso a formas de apoyo independiente (ej.: legal, técnico o médico) en todas las fases de su involucramiento con los procedimientos, incluyendo la presentación inicial de la queja

^m De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EE.UU., se considera una garantía corporativa cuando una empresa operadora asegura que otra empresa cubrirá los gastos de cierre y poscierre (<https://www.epa.gov/hwpermitting/financial-assurance-requirements-hazardous-waste-treatment-storage-and-disposal>).

(Lineamiento 16). Adicionalmente, un arreglo mediante los procedimientos de queja a nivel operativo no debe obligar a los denunciantes a firmar renunciaciones legales que les impidan emprender acción legal civil en el futuro. Debe haber un plazo claro y establecido para la resolución de los mecanismos de queja. Debe haber comunicación regular, oportuna y clara con la persona denunciante, en su idioma, en todos los pasos del proceso de queja. La empresa operadora debe publicar la cantidad de quejas recibidas anualmente, la naturaleza de estas, así como las decisiones o resoluciones oficiales.⁹⁴

Las mejores prácticas para la protección a denunciantes deben aplicarse a trabajadores así como proveedores, contratistas y auditores.⁹⁵ Los trabajadores de la mina tienen el derecho de negarse a realizar trabajos peligrosos y deben poder detener sus tareas en cualquier momento al identificar un riesgo inminente a su salud y seguridad, sin sufrir castigo alguno. Esta provisión ya está estipulada en la regulación brasileña.⁹⁶

14. Preparación y respuesta ante emergencias

Los planes de preparación y respuesta o planes de acción ante emergencias relacionadas a la falla catastrófica de instalaciones de relaves deben ser discutidos y preparados conjuntamente con todas las comunidades potencialmente afectadas, así como con los trabajadores de la mina, productores agrícolas y empresas aguas abajo en caso de una falla potencial, en colaboración con servicios de emergencia y los entes gubernamentales relevantes.^{97,98}

En el caso de una falla repentina, la empresa operadora tiene la responsabilidad de tomar todas las medidas necesarias para salvar vidas y proveer la ayuda humanitaria adecuada. La empresa operadora debe brindar todos los recursos y el apoyo necesario a los gobiernos locales y nacionales y servicios de emergencia durante y después de una falla. La empresa operadora debe asumir la totalidad de los costos de indemnización, remediación y reclamación en caso de una falla, incluyendo daños adicionales ocurridos durante los esfuerzos de remediación y reclamación.

El alcance total de los criterios de indemnización, remediación y reclamación debe determinarse mediante un proceso participativo sujeto a la aprobación de las comunidades afectadas,

Habitantes de una comunidad frente a una pila de desperdicios mineros en la Mina Porgera de Papúa Nueva Guinea. Foto: Porgera



productores agrícolas y empresas, y debe ser disponible al público. Las discusiones con las comunidades afectadas para establecer criterios de identificación deben iniciar antes de la construcción de instalación de disposición de relaves. Estas discusiones deben ser actualizadas periódicamente y continuar en caso de una falla. Las comunidades afectadas deben tener acceso a la asistencia técnica independiente durante cada paso de este proceso (Lineamiento 16).

Los peores escenarios de falla deben considerar la pérdida de todos los relaves en instalaciones llenas. Los resultados de estos escenarios deben ser públicos antes de la concesión de permisos. Los escenarios de modelaje de falla deben actualizarse anualmente para considerar cambios en las consecuencias materiales de una falla de una presa debido a los cambios sociales, económicos o ambientales en las zonas aledañas o aguas abajo. Los peores escenarios deben modelar la pérdida completa de los relaves y aguas almacenados, como lo ocurrido en la falla de la presa de relaves de la mina Xiangjiang Wanji en China, la planta de uranio Church Rock y planta de carbón mineral Buffalo Creek en los Estados Unidos y la Mina El Soldado en Chile.

Se debe realizar simulacros de emergencia y evacuación en caso de fallas catastróficas de las instalaciones de relaves anualmente. La planificación y ejecución de dichos simulacros debe incorporar la participación de las comunidades afectadas, trabajadores, autoridades locales y entes de gestión de emergencias. Los simulacros de emergencia y evacuación pueden ser traumáticos para las comunidades. Se debe tomar precauciones especiales durante la planificación para que las comunidades puedan acceder a la información necesaria para su seguridad, garantizando que no sufran impactos negativos del mismo proceso.⁹⁹

No se debe construir instalaciones de relaves donde existan instalaciones que presenten desafíos considerables para la evacuación de la zona de influencia, incluyendo pero sin limitarse a cárceles o prisiones, hospitales o centros de cuidado de adultos mayores (Lineamiento 3). Aún si las empresas operadoras ofrecen capacitación y realizan simulacros de emergencia, algunos grupos sociales específicos (adultos mayores, niños y niñas pequeñas, personas con discapacidad, etc.) todavía requerirán asistencia especial. Con base en el principio de daño cero a las personas, las empresas deben garantizar la disponibilidad de apoyo profesional capacitada durante una emergencia que alcanzará a todas las poblaciones afectadas en caso de una emergencia.

Contaminación del Río Paraopeba después del colapso de la presa de relaves cerca de Brumadinho, Brasil, en 2019. Foto: Maria Otávia Rezende.



15. Disponibilidad pública de la información relativa a la seguridad de la mina

Las empresas operadoras deben poner a disposición del público toda la información pertinente de la seguridad y estabilidad de las instalaciones de relaves, incluyendo el nombre, lugar exacto, la titularidad y fecha de inicio de operaciones, huella y altura. La información relacionada a las instalaciones de disposición de relaves debe estar disponible al público durante la etapa de diseño y actualizarse regularmente durante la vida de la mina.

Las empresas operadoras deben divulgar de forma pública e inmediata la fecha, ubicación y cantidad de relaves liberados, así como los impactos en las zonas aledañas, después de cualquier instancia de falla.

Las prácticas de seguridad deben de considerarse como medidas no competitivas. Los lineamientos de las asociaciones y gremiales relacionados a la seguridad de los relaves deben estar disponibles libremente y sin costo. Aunque algunas empresas operadoras afirman que divulgar información acerca de las instalaciones de relaves supone un riesgo para la seguridad nacional, no existe evidencia para sustentar estas afirmaciones y los autores del presente documento rechazan dicho argumento.

La información pertinente que debe estar disponible públicamente incluye pero no se limita a:

- Revisiones de Seguridad de Presas
- Clasificaciones de consecuencias o amenazas y las decisiones tomadas por la junta directiva o la administración corporativa para aprobar dicha clasificación
- Estudios de Impacto Ambiental (EIA) o Estudios de Impacto Social y Ambiental (EISA)
- Documentos de diseño, mantenimiento y monitoreo (Informe de Bases de Diseño, Informe de Registro de Construcciones, Informe de Verificación de Construcción contra Intención de Diseño, Informes Anuales de Desempeño de las Instalaciones de Relaves, Informes de Rendición de Cuentas de Variaciones, etc.)
- Documentación de la estabilidad de las instalaciones, incluyendo un historial de problemas de estabilidad.
- Planes de cierre y reclamación
- Estudios de falla de presas y diagnósticos de los impactos sociales, económicos y ambientales
- Hojas de resumen e informes del sistema de monitoreo ambiental y social
- Informes del Comité Independiente de Revisión e Relaves
- Informes del Plan de Gestión Adaptativa
- Planes de impacto y mitigación para las comunidades afectadas, incluyendo los criterios de indemnización y resarcimiento
- Documentación de CPLI y cualquier proceso de consentimiento comunitario (la información debe ser revelada con el permiso de las comunidades afectadas)
- Procedimientos de queja y denuncia
- Planes de preparación y respuesta ante emergencias

- Documentación de las garantías financieras y seguro de responsabilidad civil (incluyendo cotizaciones de seguro)
- Los informes requeridos por y presentados ante las agencias gubernamentales

Los gobiernos y los reguladores también deben poner a disposición del público toda la información pertinente acerca de la seguridad y estabilidad de las instalaciones de relaves, incluyendo pero sin limitarse a los estudios ambientales de línea base sobre la estabilidad terrestre, geología, cuencas, fallas tectónicas, etc., y todos los documentos relacionados a la concesión de permisos y monitoreo, así como información relevante para la preparación y respuesta a emergencias.

Las empresas operadoras y los reguladores deben poner a disposición esta información sin costo, lo más pronto posible, en los idiomas que sean necesarios, de formato accesible y en lenguaje claro cuando sea posible, para permitir el acceso apropiado a las partes interesadas. También se debe incluir todos los datos primarios obtenidos, los parámetros e insumos y cualquier actualización de los modelos y simulaciones ejecutados como parte del monitoreo ambiental permanente. Se debe evitar el uso de software privado en vez de programas comerciales o disponibles libremente.

Las empresas operadoras y los reguladores deben responder a todas las solicitudes de información de parte de las partes interesadas relativas a las instalaciones de relaves, en los formatos más completos posibles y con idiomas y lenguaje comprensible para las partes solicitantes. Si estas solicitudes no se cumplen de forma completa y oportuna, la empresa debe proveer una justificación por escrita a la parte solicitante.

16. Garantizar acceso a la asistencia técnica independiente

La distribución de recursos entre las empresas operadoras y las comunidades afectadas es desigual: las comunidades afectadas usualmente no tienen el mismo nivel de apoyo financiero, técnico y logístico que está disponible para las empresas operadoras. Muchas entidades regulatorias también son tercerizadas por las empresas operadoras. Muy a menudo, las comunidades afectadas se ven obligadas a depender de las empresas operadoras para información acerca del alcance, los impactos y las consecuencias potenciales de las instalaciones de disposición de relaves. Las empresas operadoras pueden retener, malinterpretar o falsificar la información. Las comunidades afectadas podrían carecer de la capacidad interna para analizar documentos e identificar errores u omisiones. Por ello, para que las comunidades afectadas y los pueblos indígenas ejerzan sus derechos de acceso a la información, participación y consentimiento, suelen necesitar asistencia técnica independiente en diferentes etapas de la vida de las instalaciones de relaves.

Las empresas operadoras deben financiar el acceso a la asistencia técnica independiente para las comunidades afectadas y los pueblos indígenas. Los expertos deben ser personas de confianza seleccionadas por las personas o comunidades afectadas o los pueblos indígenas. El alcance de los servicios brindados debe incluir toda la gama de las necesidades de asistencia, incluyendo pero sin limitarse a apoyo técnico, legal, médico, social y económico. Las empresas operadoras deben financiar completamente estos servicios.¹⁰⁰ Las comunidades deben tener la posibilidad de cambiar de expertos independientes o seleccionar nuevos expertos en cualquier momento de la vida de una mina, si los expertos no demuestran las competencias necesarias para trabajar con las comunidades afectadas.

Se debe ofrecer acceso a la asistencia técnica independiente para las comunidades afectadas y los pueblos indígenas durante las primeras etapas del ciclo de vida de una mina, iniciando con la exploración y hasta el monitoreo y cierre, y específicamente durante cualquier proceso de consulta o CLPI (Lineamiento 2). Adicionalmente, las comunidades podrán solicitar asistencia técnica para analizar e interpretar la información pública disponible (Lineamiento 15). Si un titular de derechos opta por hacer uso del mecanismo de quejas para presentar una denuncia, debe tener acceso a formas de apoyo independiente (ej.: legal, técnico o médico) en todas las fases de su involucramiento con los procedimientos (Lineamiento 13). Si una empresa operadora propone un acuerdo de reubicación voluntaria, las comunidades deben tener acceso a la asistencia técnica independiente durante el proceso del acuerdo (Lineamiento 3).

En caso de una falla de una presa de relaves, las empresas operadoras deben pagar asistencia técnica independiente para las comunidades afectadas para abordar temas de remediación colectiva e individual, reconstrucción e indemnización. La asistencia técnica es una herramienta fundamental para que las comunidades comprendan el alcance y los impactos de una falla en instalaciones de relaves, así como para incidir a favor de sus derechos colectivos. Los expertos técnicos contratados deben poder explicar claramente los impactos y la importancia de la falla para las comunidades afectadas e/o indígenas.

La legislación minera en Minas Gerais, Brasil, requiere el acceso a los expertos técnicos seleccionados por las comunidades y financiados por la empresa operadora después de una falla.¹⁰¹ Por ejemplo, después de la falla de la presa de relaves Fundão en 2015, la comunidad de Barra Longa seleccionó a 13 expertos técnicos en campos de agricultura, derecho, arquitectura, planificación urbana, psicología, ingeniería y servicios sociales para ayudar a determinar el alcance de los criterios de reparaciones e indemnización. Aunque rendían cuentas a la comunidad y las personas afectadas por la falla, los expertos fueron pagados por la empresa minera por medio de una fundación establecida para la remediación e indemnización.¹⁰²

17. La rendición de cuentas sobre los riesgos, la minimización de las consecuencias y la prevención y consecuencias de las fallas corresponde principalmente a la Junta Directiva

La junta directiva corporativa, como el ente finalmente responsable del bienestar de la empresa operadora, es la principal responsable por la seguridad de las instalaciones de relaves, incluyendo las consecuencias de una falla de las presas.¹⁰³ El deseo de maximizar las ganancias crea la tendencia para las empresas operadoras de priorizar la producción sobre las demás consideraciones, incluyendo la seguridad.¹⁰⁴ La responsabilidad por las fallas en presas de relaves debe extender hasta la junta directiva.

La junta directiva debe tener la capacidad y las herramientas para garantizar que no se sacrifiquen las consideraciones de seguridad en deferencia a la producción. La junta directiva debe garantizar de manera proactiva que la seguridad se extiende por toda la empresa operadora, aprobando políticas y presupuestos para identificar y mitigar los riesgos que presentan las instalaciones de disposición de relaves y priorizar la seguridad, incluyendo en las evaluaciones de desempeño del personal. La junta directiva debe asumir un rol activo en la identificación y aceptación de los riesgos de seguridad relacionados a las instalaciones de disposición de relaves donde podrían estar en riesgo las vidas humanas o podrían ocurrir daños ambientales severos.

La Autoridad Competente para el Control de Peligros de Accidentes Graves (COMAH) del Reino Unido, la entidad regulatoria intragubernamental que examina empresas con riesgos mayores, sugiere que al menos un integrante de la junta directiva tenga un nivel apropiado de competencias en el área de riesgos graves para poder asesorar a la junta directiva y el equipo de alta dirección en temas relevantes.¹⁰⁵ Las empresas operadoras deben asegurar que la junta directiva incluya al menos un integrante con pericia en los riesgos de las instalaciones de disposición de relaves.

Además, la junta directiva debe tomar responsabilidad por la aprobación y supervisión de la implementación de los procedimientos empresariales que garanticen que ningún empleado o contratista participe, promueva o facilite el soborno o cohecho. Por ejemplo, se debe prohibir cualquier pago a agentes gubernamentales a cambio de facilitar la concesión de permisos para instalaciones de relaves. No se debe tolerar en absoluto el soborno de parte de empleados o contratistas de la mina a auditores, consultores u oficiales de gobierno.

Destrucción del colapso de la presa de relaves cerca de Brumadinho, Brasil. Foto: Maria Otávia Rezende.



Próximos Pasos

Las instalaciones de relaves más seguras son las que no se llegan a construir. Es imperativo que encontremos las formas de reducir la demanda total de materias primas. Nuestros niveles actuales de consumo, especialmente en los países del norte, son insostenibles. La implementación de estándares robustos y mejores prácticas para la disposición de relaves es una medida intermedia necesaria para las comunidades en primera línea que ya enfrentan los impactos o la amenaza de las instalaciones inseguras de relaves. No obstante, las investigaciones revelan que también podemos construir un futuro con menos dependencia en la extracción y menor generación de desperdicios mineros.¹⁰⁶ El presente documento espera ofrecer un instrumento para ayudar a las comunidades en primera línea y las comunidades indígenas, la sociedad civil, estados, reguladores y empresas operadoras a evitar fallas catastróficas de relaves. Sin embargo, los lineamientos que aquí se presentan deben implementarse a la par de cambios transformadores para alejarnos del modelo económico extractivo.

En todo el mundo hay miles de instalaciones de disposición y presas de relaves, algunas bajo la responsabilidad de empresas privadas y otras bajo la responsabilidad de los estados. Puesto que actualmente no existe un inventario global de instalaciones de disposición de relaves, por lo que una evaluación transparente cuyos resultados estén disponibles públicamente en una base de datos global de relaves es una necesidad urgente. Están en juego los ecosistemas, los medios de vida y las vidas humanas.

Este inventario debe incluir toda la información pertinente acerca de la seguridad de las instalaciones de disposición de relaves (Lineamiento 15). En 2020, GRID Arendal publicó el Portal Global de Relaves en colaboración con la Iniciativa de Inversionistas para la Seguridad de Los Relaves Mineros para catalogar las divulgaciones públicas y los datos disponibles sobre las instalaciones de disposición de relaves.¹⁰⁷ Si bien es un paso importante hacia la creación de un registro integral, el portal debe seguir expandiendo el alcance en cuanto a las instalaciones clasificadas y la información recopilada. También hay algunos registros nacionales, incluyendo en Brasil,¹⁰⁸ los Estados Unidos,¹⁰⁹ Chile,¹¹⁰ México¹¹¹ y España.¹¹²

Mount Polley Mine tailings dam failure, 2014. Foto: Cortesía de IRMA.



La base de datos también debe incluir un registro de las fallas de presas. Es fundamental comprender mejor cómo y por qué ocurrió cada falla para evitar que vuelvan a suceder. El trabajo de recopilación de la base de datos del Centro de Participación Pública puede servir de modelo para este tipo de documentación y análisis.¹¹³

Una agencia internacional independiente, por ejemplo una agencia con respaldo de las Naciones Unidas, debe impulsar este proceso en colaboración con los estados responsables, empresas operadoras y la sociedad civil, recolectando información sobre presas de relaves y fallas en las presas alrededor del mundo. Estos hallazgos deben ser compartidos con las comunidades afectadas para poder mitigar el riesgo en estos sitios y apoyar los esfuerzos por establecer planes adecuados de acción y emergencia.

Es esencial que las agencias de las Naciones Unidas y sus socios internacionales, incluyendo los estados, los gremiales de la industria, representantes sindicales, organizaciones de la sociedad civil y expertos independientes establezcan o respalden una agencia internacional transparente e independiente capaz de certificar la seguridad de la disposición de relaves alrededor del mundo. Esta agencia debe contar con los recursos y capacidades necesarios para actualizar las normas globales de forma eficiente, investigar fallas y emitir recomendaciones disponibles al público. La agencia no debe depender exclusivamente de expertos de la industria, sino debe incorporar participación amplia de parte del estado y la sociedad civil y rendir cuentas al público y las comunidades afectadas. La estructura de gobernanza para esta agencia debe ser una entidad multisectorial que incluya a las comunidades afectadas, los pueblos indígenas, el sector laboral y las organizaciones de la sociedad civil. Debe garantizar un proceso igualitario de toma de decisiones que incluye a todas las partes interesadas.

El Río Doce contaminado después de la falla de la presa de relaves de la mina Samarco en 2015. Minas Gerais, Brasil. Foto: Júlia Pontés.



Glosario

Agravio

La percepción de una injusticia que afecte a los derechos reivindicados por una persona o grupo de personas sobre la base de una ley, un contrato, promesas explícitas o implícitas, prácticas tradicionales o nociones generales de justicia de las comunidades agraviadas.

Fuente: Ruggie, J., 2011. Principios Rectores sobre Empresas y los Derechos Humanos.

Comunidad Afectada:

Una comunidad que enfrenta los impactos actuales o potenciales de un proyecto. Los impactos incluyen pero no se limitan a efectos socioeconómicos, ambientales y de salud y seguridad pública, impactos a sitios culturales, turísticos o sagrados y riesgo de intimidación, violencia o coerción.

Fuente: Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001, Glossary of Terms. IRMA Standard. Adaptado de: IFC. IFC Policy & Performance Standards and Guidance Notes. Glosario

Consentimiento Libre, Previo e Informado (CLPI)

El consentimiento se fundamenta en: participación libre de manipulación externa, fuerza coercitiva e intimidación; notificación con suficiente anterioridad de cualquier actividad para la cual se busca consentimiento; revelación completa de todos los aspectos de un proyecto o actividad propuesta de forma accesible y comprensible para las personas cuyo consentimiento se solicita; el reconocimiento que las personas cuyo consentimiento se busca podrán aprobar o rechazar una actividad, y que las entidades que buscan el consentimiento respetarán dicha decisión.

Fuente: Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001, Glossary of Terms.

Construcción Aguas Abajo

Método de construcción de presas en el cual la línea central de la presa se traslada aguas abajo con cada elevación, produciendo un núcleo inclinado aguas abajo. Este método requiere relleno estructural colocado aguas abajo durante cada elevación para apoyar el núcleo inclinado.

Fuente: Klohn Crippen Berger, 2017. Study of tailings management technologies: Report to Mining Association of Canada and Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program, MEND Report 2.50.1, 164 p.

Construcción Aguas Arriba

Un método de construcción de presas en que la línea central se traslada aguas arriba, sobre la playa de relaves, con cada elevación subsiguiente. Este método requiere que los materiales colocados en dirección aguas arriba sean bien drenados y compactados, o que se asienten de forma natural a una densidad adecuada.

Fuente: Klohn Crippen Berger, 2017. Study of tailings management technologies: Report to Mining Association of Canada and Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program, MEND Report 2.50.1, 164 p.

Construcción de Línea Central

El método de elevación de línea central es un punto intermedio en algunos aspectos entre los métodos de construcción aguas arriba y aguas abajo. Como resultado, en cierto grado comparte algunas de las ventajas respectivas de ambos métodos mientras mitiga sus desventajas. Inicia con la construcción de un dique, con relaves aplicados por tubería periférica de la cresta del dique para formar una playa. Se construyen las elevaciones subsiguientes al rellenar desde la playa hacia la inclinación aguas abajo de la elevación anterior. Las líneas centrales de las elevaciones son coincidentes a la medida que crece el terraplén, lo que da lugar al nombre de esta técnica.

Fuente: Vick, S. G., 1990. Planning, Design, and Analysis of Tailings Dams. 77 p.

Construcción de Línea Central Modificada

La construcción de línea central modificada se parece a la construcción convencional de línea central, pero en este caso el contacto con el relleno compactado y los relaves se inclina levemente aguas arriba. Dado que la construcción de línea central modificada todavía implica la construcción de una parte de la presa encima de relaves no compactados, debe considerarse como una variante de la construcción aguas arriba, por lo que está sujeta a las mismas precauciones y restricciones asociadas con las presas aguas arriba que se presentan en este documento.

Fuente: Adaptado de: J.P. Haile & K.J. Brouwer, Knight Piesold Ltd, Modified Centreline Construction of Tailings Embankments, 3rd International Conference on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, August, 1994. Perth, Australia; and Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015. Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach, Province of British Columbia.

Empresa Operadora

Cualquier persona, corporación, socio, titular, afiliado, subsidiario, empresa conjunta u otra entidad, incluyendo cualquier agencia estatal, que opere o controle instalaciones de relaves.

Fuente: Global Tailings Review, 2020. Global Industry Standard on Tailings Management. 30 p.

Estudio de Inundación (Estudio de Falla de Presa)

Estudio de Falla de Presa

También se conoce como un estudio de inundación, rompimiento de presa o análisis de fallas y consecuencias, un estudio de falla de presa supone una falla en las instalaciones de relaves y examina su impacto. El análisis debe realizarse con base en los modos creíbles de falla. Los resultados deben determinar la extensión física afectada por una falla potencial, los tiempos de llegada, las profundidades y las velocidades de los flujos, la duración de la inundación y la profundidad del depósito de materiales. El Análisis de Falla se construye sobre la base de escenarios que no están vinculados con la probabilidad de siniestro. Se usa principalmente para informar la preparación ante emergencias y la preparación de respuestas con una clasificación de consecuencias de una falla. Luego se utiliza la clasificación para diseñar el componente de carga externa de los criterios de diseño.

Fuente: Global Tailings Review, 2020. Global Industry Standard on Tailings Management. 26 p.

Erosión Interna (Tubificación)

Factor de Seguridad (FS)

Coeficiente más bajo que se mide entre la resistencia de corte posible en un plano potencial de falla y las fuerzas activas de corte en el mismo plano, considerado en todas las superficies de falla posibles.

Fuente: Canadian Dam Association, 2013. [Dam safety guidelines 2007 \(2013 edition\)](#).

Falla Catastrófica de Relaves

Una falla en instalaciones de relaves que produce una interrupción material a los sistemas sociales, ambientales y económicos locales. Tales fallas se producen en función de la interacción entre la exposición al riesgo, la vulnerabilidad y la capacidad de las personas y los sistemas a responder. Los eventos catastróficos usualmente implican numerosos impactos negativos en diferentes escalas y plazos, incluyendo pérdidas de vidas humanas, daños a la infraestructura física o los activos naturales e interrupción de vidas, medios de vida y el orden social.

Fuente: Global Tailings Review, 2020. Estándar [Global Industry Standard on Tailings Management](#) 26 p.

Fallas en Presas de Relaves

Una falla de una presa de relaves se puede definir de forma general como la incapacidad de la presa de cumplir con el diseño esperado, ya sea en cuanto a su gestión, operación, o función estructural o ambiental, produciendo posibles pérdidas de vida, pérdidas para las partes interesadas o efectos ambientales negativos.

Fuente: [Canadian Dam Association Tailings Dam Breach Analysis \(2022\)](#).

Gestión Adaptativa

Un proceso estructurado e iterativo de toma de decisiones robusta frente a la incertidumbre, con el objetivo de reducir incertidumbre mediante el monitoreo del sistema a través del tiempo. Incluye el desarrollo de prácticas de gestión sobre la base de resultados claramente definidos y monitoreo para determinar si las acciones de gestión logran los resultados deseados. Si no se logran los resultados, el proceso demanda el desarrollo e implementación de cambios de gestión para cumplir o reevaluar los resultados. La Gestión Adaptativa se parece al Método Observacional (definido a continuación) y a veces se utilizan los términos de forma indistinta.

Fuente: Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. [IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001](#), Glossary of Terms.

Independiente

Para que un individuo, una institución o un mecanismo o agencia sea considerada como independiente, debe ser objetiva, neutral, consistente, con transparencia y rendición de cuentas ante todas las partes interesadas. La independencia también implica que el pago por servicios, el financiamiento del trabajo, la estabilidad financiera y el potencial de contratación en el futuro no dependan de la emisión de resultados o conclusiones favorables a una empresa operadora o la industria minera.

Fuente: Adaptado de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, [Creando una Cultura de Independencia: Guía Práctica contra la Influencia Indevida](#).

Inundación Máxima Probable

La inundación que se podría esperar de la combinación más severa de condiciones meteorológicas e hidrológicas críticas que podría ser posible en la cuenca estudiada.

Fuente: FEMA ((U.S.) Federal Emergency Management Agency), 2013. [Selecting and accommodating inflow design floods for dams: FEMA-94](#), 38 p.

Junta Directiva

Ente máximo de gobernanza de la empresa operadora, que suele ser electo por los accionistas de la corporación. La Junta Directiva es la entidad con la autoridad final de toma de decisiones para la empresa operadora, y sostiene la autoridad para establecer las políticas, los objetivos y la orientación general de la empresa, supervisando los ejecutivos de la misma. En el presente documento, el término hace referencia a cualquier individuo o control sobre la Operadora, incluyendo dueños y propietarios. Cuando el Estado funge como operadora, la Junta Directiva se entenderá como el oficial gubernamental con responsabilidad directa por las decisiones finales de la operadora.

Fuente: Adaptado de Global Tailings Review, 2020. [Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera](#) 26 p.

Mecanismo de Queja

Cualquier proceso habitual, estatal o no estatal, judicial o extrajudicial, que permita plantear reclamaciones y reparar violaciones relacionadas a proyectos mineros, incluyendo violaciones de los derechos humanos relacionadas con actividades empresariales y/o quejas sindicales.

Fuente: Ruggie, J., 2011. [Principios Rectores sobre Empresas y los Derechos Humanos](#).

Método Observacional

Un método de gestión de proyectos en que el desempeño observado a partir de los datos de instrumentación se aprovecha para la implementación de una respuesta con base en características de diseño o acciones pre planificadas. De acuerdo con el Informe Mount Polley, el Método Observacional no tiene valor si no incluye una forma de responder a las observaciones. El Método Observacional se parece a la Gestión Adaptativa (definido anteriormente) y a veces se utilizan los términos de forma indistinta.

Fuente: Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015. [Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach](#).

Modo Creíble de Falla

Una secuencia de eventos físicamente posibles que podría provocar una falla de la presa de relaves. Según el GISTM, el término «modo creíble de falla» no se asocia con la probabilidad de incidencia de dicho evento.

Fuente: Global Tailings Review, 2020. [Global Industry Standard on Tailings Management](#). 27 p.

Pagos de Facilitación

Los pagos de facilitación son montos pagados a cambio de trato preferencial por algo que de por sí es la responsabilidad de la parte receptora. Por ejemplo, pagar a un oficial para acelerar o «facilitar» un proceso de autorización.

Fuente: Responsible Jewelry Council, 2019. [Code of Practices Guidance](#). 105 p.

Partes Interesadas

Personas o grupos afectados de forma directa o indirecta por un proyecto - por ejemplo los titulares de derechos- así como aquellos que tengan intereses en un proyecto y/o la habilidad de influir en su resultado, ya sea de forma positiva o negativa.

Fuente: Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. [IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001](#), Glossary of Terms Adaptado de: IFC, 2007. [Stakeholder Engagement: A Good Practice Handbook for Companies Doing Business in Emerging Markets](#).

Participación Significativa

Las Naciones Unidas (N.N.UU.), el Banco Mundial (BM), la Corporación Financiera Internacional (IFC), la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCDE), el Banco Interamericano y otras organizaciones y agencias internacionales y multilaterales definen la participación significativa como un proceso mediante el cual los promotores de un proyecto no solamente tienen la obligación de consultar y escuchar las perspectivas de las partes interesadas, sino también la obligación de tomar estas perspectivas en cuenta. La participación significativa implica una comprensión y abordaje de las barreras estructurales y prácticas para la participación activa de grupos diversos, incluyendo mujeres, minorías étnicas, personas que viven en zonas remotas y/o diferentes comunidades lingüísticas. El acceso a información pertinente que razonablemente puede ser comprendida y la comunicación transparente por la parte externa son precondiciones de la participación significativa. Las comunidades afectadas deben tener voz y voto en cómo se define la participación significativa para ellas.

Fuente: Global Tailings Review, 2020. [Global Industry Standard on Tailings Management](#).

Potencial de Generación de Ácido (PGA)

Una indicación con base en pruebas de laboratorio de que una muestra de la mina podría producir drenaje ácido en condiciones de campo. Se considera que las muestras tienen PGA si la relación de Potencial de Neutralización (PN) a Potencial de Acidificación (PA) (PN:PA) es <1 . La muestra no tiene PGA si PN:PA es >2 . Muestras con una relación PN:PA entre 1 y 2 tienen potencial incierto de generación de ácido (GARD Guide, Section 5.4.16; INAP, 2009). Evaluaciones particulares de sitio, mineralógicas y pruebas de largo plazo son necesarias en este caso para determinar las relaciones apropiadas. Podrían ser necesarios los coeficientes de seguridad para resolver limitaciones en el muestreo, la manipulación de los materiales o las proyecciones (INAP, 2009) Algunos profesionales han sugerido relaciones conservadoras de materiales no-PGA de 1.3 a 5 (Maest et al., 2005).

Fuente: Adaptado de: The International Network for Acid Prevention (INAP), 2009. [Global Acid Rock Drainage Guide \(GARD Guide\)](#), and Maest, A.S. and J.R. Kuipers (primary), C.L. Travers, and D.A. Atkins (contributing). 2005. [Predicting Water Quality at Hardrock Mines: Methods and Models, Uncertainties, and State-of-the-Art](#). Earthworks, Washington, DC.

Potencial de Lixiviación de Contaminantes

El potencial de liberación de contaminantes de una muestra de relaves con base en pruebas de lixiviación de corto y largo plazo. El potencial de efectos adversos en la calidad de agua a partir de una ruptura de una presa de relaves también puede ser determinado por la calidad del sobrenadante y los fluidos de poros del embalse. Si los resultados de la prueba de lixiviación o los relaves no exceden los límites de las normas de calidad de agua (por ejemplo, criterios de vida acuática), el potencial de lixiviación de contaminantes se considera bajo. Si las concentraciones superen los límites normados en 1 a 10 veces, su potencial se considera intermedio. Si los resultados superan la norma por más de 10 veces, su potencial se considera alto.

Fuente: The International Network for Acid Prevention (INAP), 2009. [Global Acid Rock Drainage Guide \(GARD Guide\)](#).

Presa de Relaves

Una estructura o terraplén construido para retener relaves y/o manejar el agua asociada con la disposición de relaves, incluyendo el contenido de la estructura.

Fuente: Adaptado de: Guidelines on Tailings Dams, Planning, Design, Construction, Operation and Closure, Australian National Committee on Large Dams, ISBN: 978-0-9808192-4-3, May 2012; and Klohn Crippen Berger, 2017. Study of tailings management technologies: Report to Mining Association of Canada and Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program, [MEND Report 2.50.1](#), 164 p.

Pueblos Indígenas

El sistema de las Naciones Unidas no ha adoptado una definición oficial del término «indígena» debido a la diversidad de los pueblos indígenas del mundo. En su lugar, una comprensión contemporánea e incluyente de «indígena» incluye los pueblos que: se identifican y son reconocidos y aceptados por su comunidad como indígenas; demuestran continuidad histórica con sociedades precoloniales o previo a otros asentamientos; mantienen fuertes vínculos con el territorio y los recursos naturales; tienen sistemas sociales, económicos o políticos distintos; mantienen idiomas, culturas y creencias distintas; podrían formar parte de grupos no-dominantes de la sociedad y; resuelven mantener y reproducir sus entornos y sistemas ancestrales como pueblos y comunidades. En algunas regiones podría haber una preferencia por otros términos como: tribus, pueblos/naciones originarias, aborígenes, grupos étnicos, Adivasi y Janajati. Todos estos términos encajan dentro de la comprensión contemporánea de «indígena».

Fuente: Adaptado de: Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. [IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001](#), Glossary of Terms.

Relaves

Los relaves son los materiales que quedan después de la extracción de metales o minerales de interés de la mena.

Fuente: Dougherty and Schissler, 2020. [SME Mining Reference Handbook, 2nd Edition](#), p. 513

Relaves Frágiles

Relaves que presentan una pérdida significativa (> 40%) de fuerza o debilitamiento en respuesta a la superación de su carga máxima.

Fuente: Adaptado de Bishop, A.W., 1967. Falla progresiva con referencia especial al mecanismo que la provoca. Conferencia geotécnica, Oslo, Suecia.

Relaves Filtrados

Relaves desecados hasta el punto en que se comporten como suelos húmedos. Este punto se logra mediante el espesamiento seguido por filtración al vacío o a presión.

Fuente: Klohn Crippen Berger, 2017. *Study of tailings management technologies: Report to Mining Association of Canada and Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program*, [MEND Report 2.50.1](#), 164 p.

Reubicación Voluntaria

Transacciones voluntarias de tierras (es decir, transacciones de mercado en que el vendedor no está obligado a vender y el comprador no puede recurrir a la expropiación u otro procedimiento obligatorio del sistema legal del país anfitrión si llegasen a romperse las negociaciones) que termina en la reubicación con la voluntad de los vendedores.

Fuente: Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. [IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001](#), Glossary of Terms.

Revisión Independiente

La Asociación Minera de Canadá define una revisión independiente como una «evaluación independiente de todos los aspectos de diseño, construcción, operación y mantenimiento de una instalación de relaves u otros desechos mineros por medio de una revisión de un tercero competente y objetivo para una empresa operadora o titular de una mina». Además de la definición anterior, una revisión independiente debe demostrar su independencia financiera de la empresa operadora o titular de la mina (consulte la definición de «independencia»).

Fuente: Adaptado de Mining Association of Canada, 2017. [A Guide to the Management of Tailings Facilities](#).

Revisión de Seguridad de Presas:

Un proceso periódico y sistemático realizado por un ingeniero calificado independiente para evaluar la seguridad de una presa o sistema de presas (o en este caso, instalaciones de relaves) frente a los modos de falla, para hacer una determinación de la seguridad de las instalaciones. Las instalaciones de relaves seguras son obras que desempeñan su función esperada bajo condiciones normales como inusuales, no presenta un riesgo inaceptable para las personas, la propiedad y el medio ambiente y cumple con los criterios de seguridad aplicables.

Fuente: Global Tailings Review, 2020. [Global Industry Standard on Tailings Management](#).

Sitio Minero

Un sitio minero es el área que comprende la perturbación superficial necesaria para realizar una operación minera. Esto incluye las instalaciones de extracción, procesamiento y disposición de desperdicios, así como las calles. El sitio minero no necesariamente incluye toda la zona definida en el permiso o la concesión minera.

Fuente: Definición modificada creada por los autores.

Terremoto Máximo Creíble (TMC):

El terremoto de mayor magnitud que podría ocurrir a lo largo de una falla conocida o dentro de una provincia sismotectónica particular o área fuente bajo el marco tectónico actual.

Fuente: FEMA ((U.S.) Federal Emergency Management Agency), 2005. [Federal guidelines for dam safety—Earthquake analyses and design of dams: FEMA-65](#), 75 p.

Trabajador

Todo el personal no gerencial, incluyendo trabajadores contratistas o tercerizados.

Fuente: Adaptado de: Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. [IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001](#), Glossary of Terms.

Tubificación (también conocido como Erosión Interna)

Un fenómeno en el cual la filtración de agua erosiona o lava progresivamente las partículas del suelo, dejando grandes brechas (tubos) en el suelo. Estas brechas continúan erosionándose y progresando debajo de la estructura, o podrían simplemente colapsarse. En cualquiera de los dos casos, una falla es inminente si no se detiene la tubificación de inmediato. La zona crítica para la tubificación suele ser en la esquina del pie de la presa.

Fuente: R.D. Holtz, Kovacs, W.D., and Sheahan, T.C., 2011. *An Introduction to Geotechnical Engineering*, 2nd ed., Pearson, 863 p.

Zona de Influencia

La zona de influencia consta del «área que estaría afectada de forma significativa en caso de una falla de las instalaciones de relaves y por ende debe clasificarse como zona de riesgo.

Fuente: Atif, I., et al., 2020. "[Modelling and analysis of the Brumadinho tailings disaster using advanced geospatial analytics.](#)" In the *Journal of Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 405 p.

Zona Estructural

La estructura de contención de instalaciones de disposición de relaves. En instalaciones de relaves filtrados, «los relaves filtrados usualmente componen la estructura de contención (zonas estructurales) y los relaves no compactados, que tienen menor contenido de sólidos, pueden colocarse en el interior» (ICOLD, 2021). La zona estructural de instalaciones de relaves filtrados cumple la misma función que una presa.

Fuente: ICOLD ([International Commission on Large Dams](#)), 2021. Tailings dam design—Technology update: ICOLD Bulletin 181, 97 p. Klohn Crippen Berger, 2017. Study of tailings management technologies: Report to Mining Association of Canada and Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program, [MEND Report 2.50.1](#), 164 p.

Notas Finales

- 1 Darlington, S. et al., 2019. *Tidal Wave of Mud*, New York Times.
- 2 Robertson, P. et al., 2019. [Report of the Expert Panel on the Technical Causes of the Failure of Feijão Dam I](#). 12 p.
- 3 Robson, Paul. 2017. "The River is Dead: The Impact of the Catastrophic Failure of the Fundão Tailings Dam." London Mining Network. 5 p.
- 4 Bowker, L.N. and Chambers, D.M., 2015. *The Risk, Public Liability, and Economics of Tailings Storage Facility Failures*.
- 5 Global Tailings Review. <https://globaltailingsreview.org/>.
- 6 Global Tailings Review, 2020. *Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera*
- 7 Mudd, G., 2019. *Mining & Its Growing Environmental Impacts*.
- 8 Hund, K., et al., 2020. *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition*. World Bank Group.
- 9 Dominish, E., et al., 2019. *Responsible Minerals Sourcing for Renewable Energy*. Reporte preparado para Earthworks del Institute for Sustainable Futures, Universidad Tecnológica de Sydney.
- 10 Dominish, E., et al., 2021. *Reducción de la minería nueva para metales para las baterías de los vehículos eléctricos: suministro responsable mediante estrategias de reciclaje y reducción de la demanda*. Reporte preparado para Earthworks del Institute for Sustainable Futures, Universidad Tecnológica de Sydney.
- 11 Marshall, J., 2018 *Tailings dam spills at Mount Polley and Mariana: Chronicles of Disasters Foretold* CMP, CCPA-BC Office, PoEMAS (Grupo Política, Economía, Mineração, Ambiente e Sociedade), the Wilderness Committee. 10 p.
- 12 Marshall, J., 2018 *Tailings dam spills at Mount Polley and Mariana: Chronicles of Disasters Foretold* CMP, CCPA-BC Office, PoEMAS (Grupo Política, Economía, Mineração, Ambiente e Sociedade), the Wilderness Committee. 10 p.
- 13 Hopkins, A. and Kemp, D. 2021. *Credibility Crisis: Brumadinho and the Politics of Mining Industry Reform*. (CCH Australia).
- 14 Álvarez-Iglesias, et al., 2020. "Assessment and timing of the anthropogenic imprint and fisheries richness in marine sediments from Ría de Muros (NW Iberian Peninsula)." *Quaternary International* 566-567. 337-356 p.
- 15 Mpanza, M. et al., 2020. "*Dust Deposition Impacts at a Liquidated Gold Mine Village: Gauteng Province in South Africa*." Int J Environ Res Public Health. 2020 Jul; 17(14): 4929.
- 16 Iyaloo, S. et al. 2020. "*Respiratory Health in a Community Living in Close Proximity to Gold Mine Waste Dumps, Johannesburg, South Africa*." Int J Environ Res Public Health. 2020 Abr; 17(7): 2240.
- 17 Moore, Ellen. 2018. *Dumping by the Numbers*.
- 18 Swiss Association for Quality and Environmental Management. 2020. [Ramu NiCo Impacts Fact Sheet by SVQ Updated 20 01 2020](#).
- 19 Earthworks, [Miramar](#).
- 20 Braun, T., 2020. *Rumble in the Jungle - Untangling the Roles and Liabilities After a Waste Rock Heap Leach Failure*.
- 21 University of Victoria Environmental Law Centre, 2019. *Waste Disposal & Management*. BC Mining Law Reform.
- 22 Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015. [Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach](#).
- 23 Roche, C., et al., 2017. *Mine Tailings Storage: Safety Is No Accident: A UNEP Rapid Response Assessment*. United Nations Environment Programme and GRID-Arendal. 11 p.
- 24 BC First Nations Mining and Energy Council, 2021. *Indigenous Sovereignty: Consent For Mining On Indigenous Lands*. 24 p.
- 25 Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), 2016. *Free Prior and Informed Consent: An indigenous peoples' right and a good practice for local communities*.
- 26 BC First Nations Mining and Energy Council, 2021. *Indigenous Sovereignty: Consent For Mining On Indigenous Lands*. 35 p.
- 27 Doyle, C. and Cariño, J., 2013. *Making Free Prior & Informed Consent a Reality Indigenous Peoples and the Extractive Sector*. 3 p.
- 28 BC First Nations Mining and Energy Council, 2021. *Indigenous Sovereignty: Consent For Mining On Indigenous Lands*. 16 p.
- 29 Doyle C., et al., 2019. *Free Prior Informed Consent Protocols as Instruments of Autonomy: Laying Foundations for Rights Based Engagement*. Infoe, FPP, Middlesex University

-
- 30 Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. *IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001*. Glosario Chapter 2.2.
- 31 Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), 2016. *Free Prior and Informed Consent: An indigenous peoples' right and a good practice for local communities*.
- 32 BC First Nations Mining and Energy Council, 2021. *Indigenous Sovereignty: Consent For Mining On Indigenous Lands*. 40 p.
- 33 Asamblea General de las Naciones Unidas, 2007. *Declaración sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas(A/RES/61/295)*.
- 34 Asamblea General de las Naciones Unidas, 2007. *Declaración sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas(A/RES/61/295)*.
- 35 Doyle C., et al., 2019. Free Prior Informed Consent Protocols as Instruments of Autonomy: Laying Foundations for Rights Based Engagement. Infoo, FPP, Middlesex University
- 36 WoMin, 2022. *What is the Right to Say NO?*
- 37 CAFTA DR and U.S. Country EIA, 2011. *EIA Technical Review Guidelines: Non-Metal and Metal Mining*.
- 38 Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), 2016. *Free Prior and Informed Consent: An indigenous peoples' right and a good practice for local communities*.
- 39 Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), 2016. *Free Prior and Informed Consent: An indigenous peoples' right and a good practice for local communities*. 15 p.
- 40 Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. *IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001*. Chapter 2.2.
- 41 Atif, I., et al., 2020. "Modelling and analysis of the Brumadinho tailings disaster using advanced geospatial analytics." In the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 405 p.
- 42 Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2019. *Lei 23291, De 25/02/2019*. Art 12.1□- Art 12.3□.
- 43 Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. *IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001*, 61 p.
- 44 The International Finance Corporation, 2012. "Performance Standard 5 Land Acquisition and Involuntary Resettlement."
- 45 Niobec, 2012. *Guidelines and Best Practices for a Harmonious Acquisition and Compensation Process*.
- 46 Franks, D.M., et al., 2021. "Tailings facility disclosures reveal stability risks," *Nature Scientific Reports*, vol. 11. 7 p.
- 47 ICOLD (International Commission on Large Dams) and UNEP (United Nations Environment Programme), 2001. *Tailings dams risk of dangerous occurrences—Lessons learnt from practical experiences*. Bulletin 121, 146 p.
- 48 Canadian Dam Association, 2019. Application of dam safety guidelines to mining dams (2019 edition), 61 p.
- 49 Brasil, 2019. *Resolución N° 13*, 8 de agosto de, 2019.
- 50 Chile, 2007 Decreto Supremo N° 248: *Reglamento Para La Aprobación De Proyectos De Diseño, Construcción, Operación Y Cierre De Los Depósitos De Relaves*.
- 51 Perú, 2014. Decreto Supremo N° 040-2014-EM: *Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero*.
- 52 Ministerio de Energía y Recursos No Renovables, 2020. *ACUERDO Nro. MERNNR-MERNNR-2020-0043-AM*.
- 53 Martin, T.E., McRoberts, E.C., Davies, M.P., 2002. *A Tale of Four Upstream Tailings Dams*. Association of State Dam Safety Officials. 25 p.
- 54 ICOLD (International Commission on Large Dams), 2021. *Tailings dam design—Technology update: ICOLD Bulletin 181*, 97 p.
- 55 Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2005. *Federal Guidelines for Dam Safety Earthquake Analyses and Design of Dams*.
- 56 Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2013. *Selecting and Accommodating Inflow Design Floods for Dams*.
- 57 U.S. Army Corps of Engineers (USACE), 1991. *Inflow design floods for dams and reservoirs: Engineer Regulation ER 1110-8-2(FR)*. 10 p.
- 58 U.S. Army Corps of Engineers (USACE), 2016. *Earthquake design and evaluation for civil works projects: Engineer Regulation*. ER 1110-2-1806, 28 p.
- 59 Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015. *Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach*. 121 p.
- 60 British Columbia Ministry of Energy and Mines, 2016. *Guidance Document Health, Safety and Reclamation Code for Mines in British Columbia v1.0*. 12 p.
- 61 Klohn Crippen Berger, 2017. *Study of tailings management technologies: Report to Mining Association of Canada and Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program*, MEND Report 2.50.1.

-
- 62 Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015. *Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach*. 121 p.
- 63 British Columbia Ministry of Energy and Mines, 2016. *Guidance Document Health, Safety and Reclamation Code for Mines in British Columbia v1.0*. 12 p.
- 64 Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015. *Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach*. 124 p.
- 65 Newman, C. P., et al., 2019. "Aqueous Geochemistry and Limnology of the Sleeper Pit Lake, Nevada, USA: Evidence for Long-Term Subaqueous Solute Generation in Mine Pit Lakes. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 07(03), 64–81 p.
- 66 The International Network for Acid Prevention (INAP), 2009. *Global Acid Rock Drainage Guide (GARD Guide)*. Section 6.6.7.
- 67 The International Network for Acid Prevention (INAP), 2009. *Global Acid Rock Drainage Guide (GARD Guide)*. Section 6.6.8.
- 68 Davies, M., 2018. "Filtered Dry Stacked Tailings-The Fundamentals" *Tailings and Mine Waste 2011*. 7 p.
- 69 International Council on Mining & Metals (ICMM), 2021. *Tailings Management: Good Practice Guide*. 91 p.
- 70 Vick, S.G., 2002. Degrees of belief—Subjective probability and engineering judgment. ASCE Press, Reston, Virginia, 455 p.
- 71 U.S. Army Corps of Engineers (USACE), 2000. *Design and construction of levees: Manual No. 1110-2-1913*. 164 p.
- 72 IMNE (International Centre for Numerical Methods in Engineering), 2021. *Computational analyses of Dam I failure at the Corrego de Feijao mine in Brumadinho—Final Report—August 2021*. Report prepared for Vale S.A., 561 p.
- 73 The International Network for Acid Prevention (INAP), 2009. *Global Acid Rock Drainage Guide (GARD Guide)*. Capítulos 4 y 5
- 74 National Research Council, 2006. *Geological and Geotechnical Engineering in the New Millennium: Opportunities for Research and Technological Innovation*. Washington, DC: The National Academies Press.
- 75 Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. *IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001*, Glossary of Terms.
- 76 Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015. *Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach*. 130 p.
- 77 Bellringer, Carol, 2016. *An Audit of Compliance and Enforcement of the Mining Sector*. Office of the Auditor General of British Columbia.
- 78 Montana, 2021. *Montana Code Annotated 2021. Title 82. Minerals, Oil, And Gas Chapter 4. Reclamation Part 3. Metal Mine Reclamation*.
- 79 Diário Oficial do Estado de Minas Gerais. 2021. *Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291, Artigo 10*.
- 80 Vick, S.G., 2014. "The use and abuse of risk analysis." Tailings and Mine Waste '14 Proceedings of the 18th International Conference on Tailings and Mine Waste, Keystone, Colorado, USA, October 5 – 8, 2014, 49-56 p.
- 81 Dion, J., 2019. *Mining Risk and Responsibility: How putting a price on risk can help British Columbia reduce it*. Report prepared for the First Nations Energy and Mining Council.
- 82 Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. *IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001*. 72 p.
- 83 Dion, J., 2019. "Reducing the Risk of Mining Disasters in BC: How financial assurance can help." Report prepared for the First Nations Energy and Mining Council. 12 p.
- 84 Maine Department of Environmental Protection, 2017. "Chapter 200: Metallic Mineral Exploration, Advanced Exploration and Mining." 56 p.
- 85 Brígido, Carolina, March 25, 2022. "CNJ costura maior acordo ambiental do mundo para compensar estragos da Mariana." CNN Brasil.
- 86 Bowker, L.N. and Chambers, D.M., 2015. *The Risk, Public Liability, and Economics of Tailings Storage Facility Failures*.
- 87 Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. *IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001*. 72 p.
- 88 Maine Department of Environmental Protection, 2017. "Chapter 200: Metallic Mineral Exploration, Advanced Exploration and Mining." 56 p.
- 89 Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel, 2015. *Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach*.
- 90 Para mayor información sobre los criterios de riesgo financiero, consulte la sección final de la [Contribución de MiningWatch Canadá a la Revisión Global sobre Relaves](#), diciembre 2019
- 91 The Institute for Multi-Stakeholder Integrity (MSI Integrity), 2017. *The Essential Elements of MSI Design*.
- 92 United Nations Office of the High Commissioner, 2011. *United Nations Guiding Principles on Business and Human Rights*. 33 p.
- 93 Federal Institute for Sustainable Development, 2018. *Toolbox for Operational-Level Grievance Mechanisms*.

-
- 94 The Institute for Multi-Stakeholder Integrity (MSI Integrity), 2017. *The Essential Elements of MSI Design*.
- 95 G20 Anti-Corruption Action Working Group, 2010. *G20 Anti-Corruption Action Plan: Protection of Whistleblowers*.
- 96 Brasil, 2001. Norma Regulamentadora da Mineração, *Portaria DNPM 237/2001*.
- 97 Initiative for Responsible Mining Assurance, 2018. *IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001*, Chapter 4.1.
- 98 Gabelhouse, Timothy, 2015. *Awareness and preparedness for emergencies at local level: A Process For Improving Community Awareness And Preparedness For Technological Hazards And Environmental Emergencies*. Ed. 2. United Nations Environment Programme.
- 99 O Lábaro, 2022. *"Moradores de Paracatu participam de formação sobre os direitos das pessoas atingidas por barragens"*.
- 100 Souza, Tatiana and Karine Carneiro, 2019. "The Right Of The Affected People To Independent Assistance: The Case Of Barra Longa (MG)" *Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais*. V.8, N.2. 199 p.
- 101 Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2021. *Lei 23795* de 15/01/2021.
- 102 Souza, Tatiana and Karine Carneiro, 2019. "The Right Of The Affected People To Independent Assistance: The Case Of Barra Longa (MG)" *Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais*. V.8, N.2. 205 p.
- 103 Mining Association of Canada, 2019. *A Guide to the Management of Tailings Facilities VERSION 3.1*. 20 p.
- 104 Hopkins, A., 2020. "Addressing The Organisational Weaknesses That Contribute To Disaster" *Towards Zero Harm – A Compendium Of Papers Prepared For The Global Tailings Review*. 142 p.
- 105 Control of Major Accident Hazards (COMAH), 2019. *Major Hazard Leadership Intervention Tool*. 5 p.
- 106 Seas at Risk, 2021. *Breaking free from mining: A 2050 blueprint for a world without mining – on land and in the deep sea*.
- 107 <https://tailing.grida.no/about>.
- 108 Brazilian National Mining Agency. <https://app.anm.gov.br/sigbm/publico>.
- 109 <https://nid.usace.army.mil/#/>
- 110 <https://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>.
- 111 <https://geomaticaportal.semarnat.gob.mx/arcgisp/apps/webappviewer/index.html?id=95841aa3b6534cdfbe3f53b3b5d6edfa>.
- 112 <http://igme.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=e5631cfafb2c409ca2ff6fcff70950c5>.
- 113 <http://www.csp2.org/tailings-dam-failures-from-1915>