

Gestión Depósitos de Relaves y Aspectos Relevantes

Rodrigo Moya

Temario

1. Contexto
2. Generalidades
3. Tipos de Depósitos de Relaves
4. Lecciones Aprendidas de Fallas Ocurridas en Chile
5. Metodología Actual de la Ingeniería de Tranques de Relaves
6. Cambios en la industria sobre temática Relaves
7. Etapa Cierre
8. Conclusiones

Contexto

Situación actual:

- **740** depósitos en Chile
- Sólo el **14%** con información
- **50%** de producción nacional de relaves con conflicto socio-ambiental
- **Rechazo** social a ampliaciones o nuevos depósitos de relaves
- Elevados **costos** por conflictos o impactos



Desafío:

- Disposición y manejo apropiado de los relaves mineros,
- **Minimizar** o evitar los potenciales **impactos**
- Obtención de **licencia social** para operar, asegurando la continuidad operativa de los depósitos

Contexto



Somos el 3er país con mayor número de depósitos en el mundo



101 D. Activos
469 D. Inactivos
+ 170 D. Abandonados

740 Depósitos Totales (*)

Reporte trimestral
a
SERNAGEOMIN



Un 14%
del total de los
depósitos del
país

(*) Fuente:
Catastro depósitos de relaves SERNAGEOMIN, marzo 2018.
<http://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/>
101 activos: GM: 23 y MM/PM :67

Contexto



¿Dónde están?

Presentes en 9 de las 15 regiones del país

Mayor número entre la **III y IV Región**
(74% del total nacional)

60 *activos*
358 *inactivos*
129 *abandonados*

¿De qué tipos?

	Embalses	Pasta	Espesados	Filtrados	Tranques	Dreim	Pretilles
Activos	41	4	6	6	44	0	0
Inactivos	71	0	1	3	392	1	1
Abandonados	6	0	0	0	164	0	0

¿De qué dimensiones?

480
depósitos



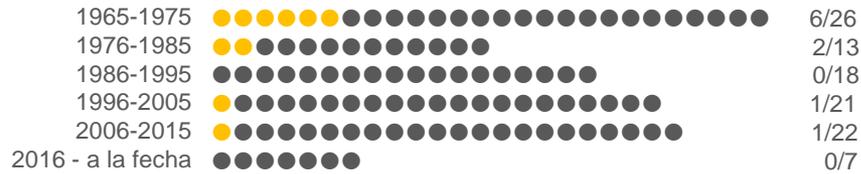

>50.000 t

3 Tonelaje Actual
> 1.000.000.000 ton

8 Tonelaje Aprobado
> 1.000.000.000 ton

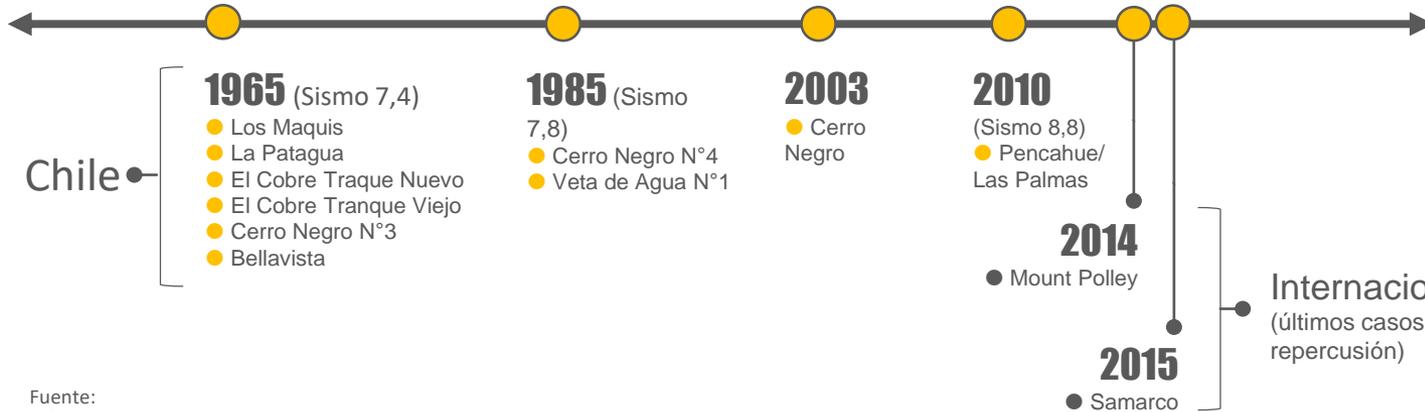
Contexto

N° de fallas en el mundo



● Fallas en Chile

Fuente:
<http://www.wise-uranium.org/mdaf.html>

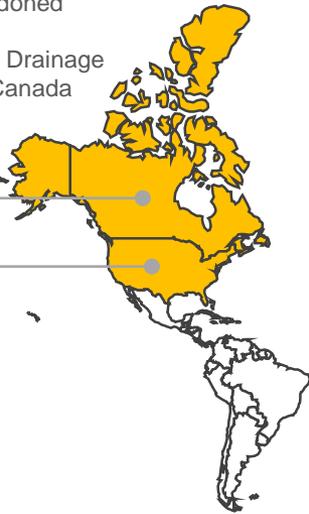


Fuente:
 Informe comisión investigadora sobre la situación en que se encuentran los depósitos de relaves mineros existentes en el país, Cámara de diputados, 2011.

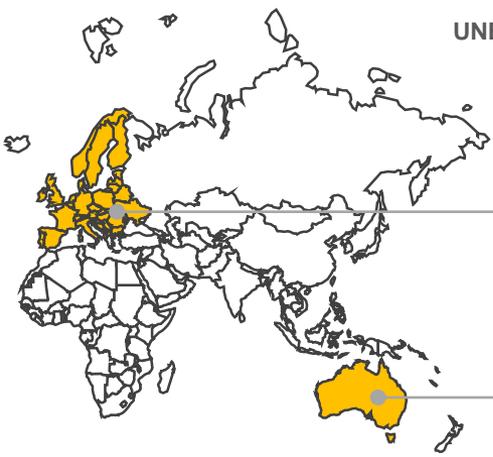
Contexto

NOAMI, National Orphaned/Abandoned Mines Initiative
MEND, Mine Environment Neutral Drainage
MAC, The Mining Association of Canada
CDA, Canadian Dam Association

ADTI, Acid Drainage Technology Initiative



PADRE, Partnership for Acid Drainage Remediation in Europe
UNECE, United Nations Economic Commission for Europe



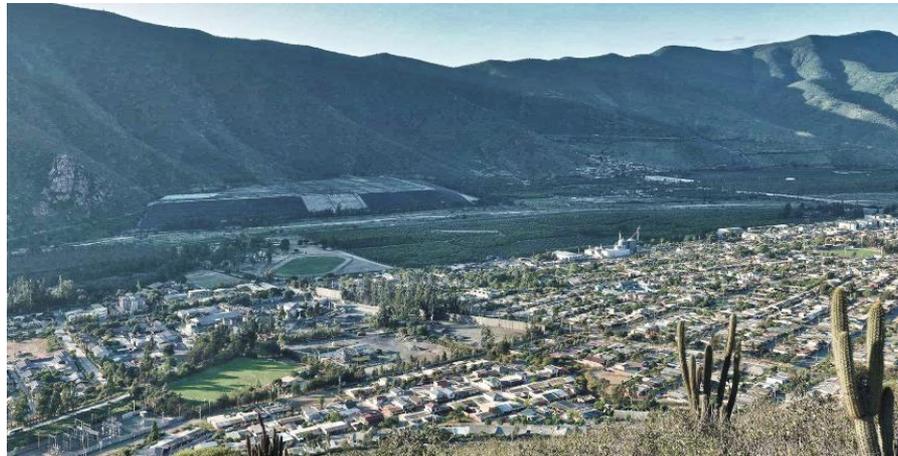
ANCOLD, Australian National Committee on Large Dams Incorporated
CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation

ICOLD, International Commission on Large Dam
INAP, The International Network for Acid Prevention
IMWA, International Mine Water Association
ICMM, International Council on Mining & Metals
CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe

Contexto

Relación con las comunidades

- Mayor conciencia social
- Empoderamiento
- Licencia social
- Acceso a la información y transparencia (principio 10 Declaración de Rio)
- Preocupación/Confianza



Generalidades

- La generación de grandes volúmenes de residuos es una consecuencia inevitable de la explotación de recursos mineros (especie de interés es una fracción muy reducida de las matrices rocosas).
- Ninguna industria puede operar si no cuenta con un sitio adecuado para disponer sus residuos.
- El sitio de disposición debe ser apto para la formación de un depósito estable y sustentable respecto al medio en que se inserta y durante el mayor plazo factible según el Plan Minero.

Generalidades

- Los depósitos de relaves se forman para acopiar los residuos mineros finos dentro de un sitio seleccionado y para mantenerlos estables y sin causar efectos negativos al ambiente.
- El diseño, la construcción, la operación y el cierre de un depósito se ejecutan para asegurar su estabilidad en todos los aspectos estructurales, hidráulicos, químicos y ambientales, durante toda su existencia, y en todos los escenarios previsibles de cargas y sollicitaciones.

Generalidades

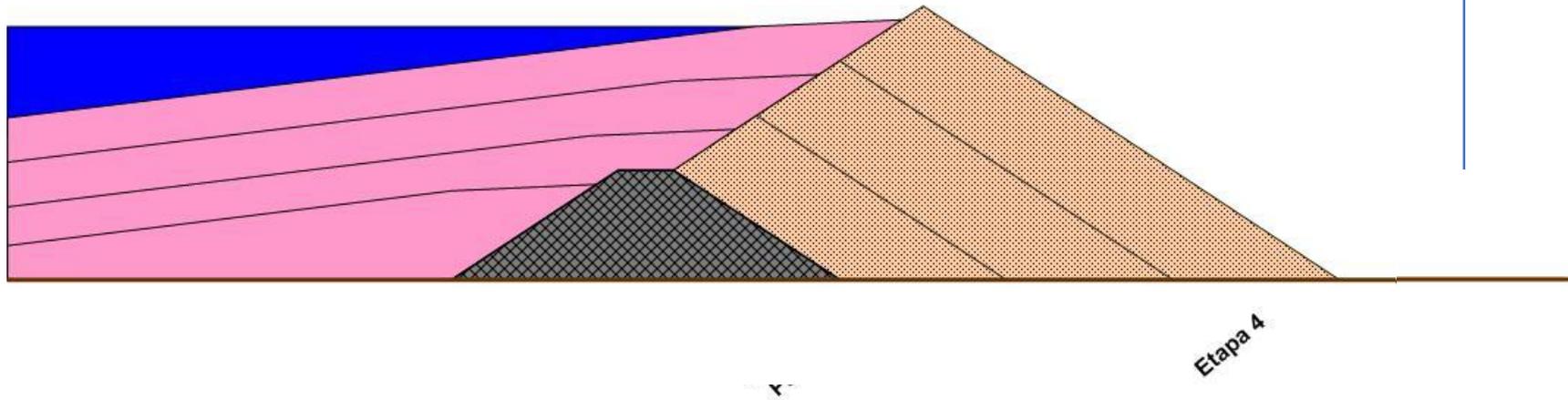
- Los elementos químicos predominantes en los suelos de relaves son silicatos, como el 90% de todos los suelos de la Tierra, y son intrínsecamente inertes e inocuos.
- Los elementos en solución, como metales, reactivos y aditivos orgánicos, constituyen una fracción mínima de los relaves de cobre y no son productos tóxicos.
- Los residuos de minerales con piritas, que contienen azufre, pueden generar ácido sulfúrico en contacto con oxígeno libre;
- La distribución granulométrica típica de los suelos de relaves corresponde a limos arenosos con tamaños de partículas muy pequeños, entre uno y una centésima de milímetro .
- Estos suelos son naturalmente no plásticos y no cohesivos.

Tipos de Deposito de Relave

- Embalses: con muros de contención contruidos con materiales de empréstitos y relaves integrales descargados hidráulicamente y almacenados en la cubeta;
- Tranques: con muros de contención conformados con los suelos mas gruesos separados de los relaves (arenas) y los suelos mas finos (limos y arcillas) almacenados en la cubeta, ambos descargados y distribuidos hidráulicamente;
- Descargas de relaves espesados: formados por descargas de pulpas espesadas.
- Depósitos formados por relaves integrales previamente filtrados, por vacío o prensas

Tipos de Depósitos de Relaves: Tranques

Crecimiento Aguas Abajo:
Muro crece avanzando hacia aguas abajo mientras el coronamiento se peralta y se desplaza en traslación paralela



Tipos de Depósitos de Relave: Tranques

Optimización de la Operación

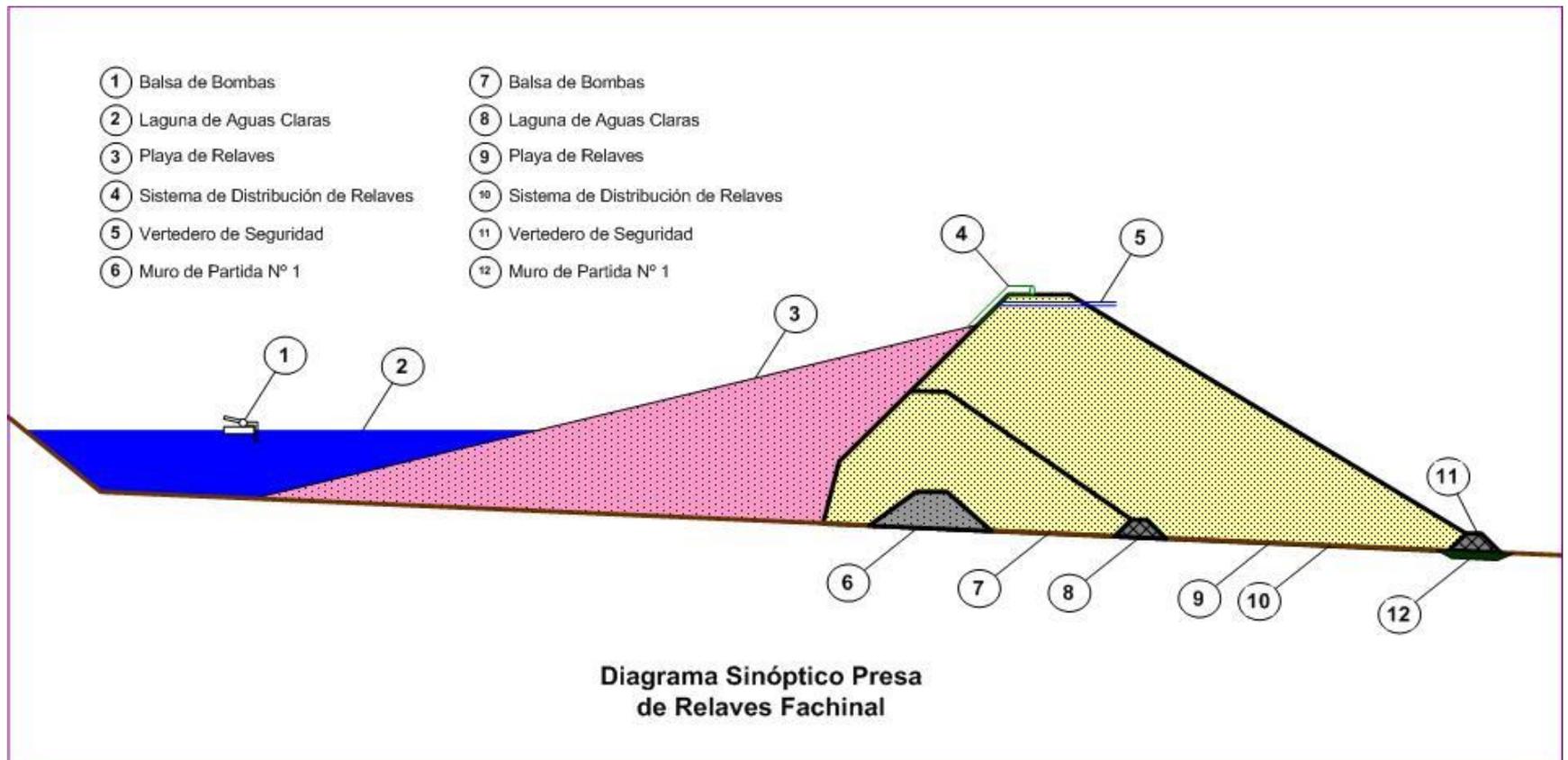
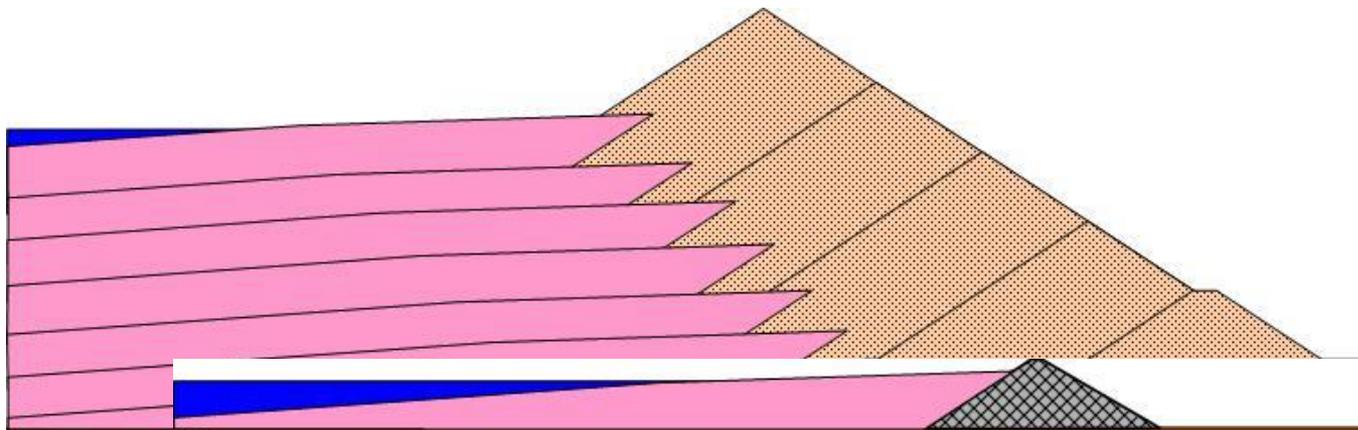


Diagrama Sinóptico Presa de Relaves Fachinal

Tipos de Depósitos de Relave: Tranques

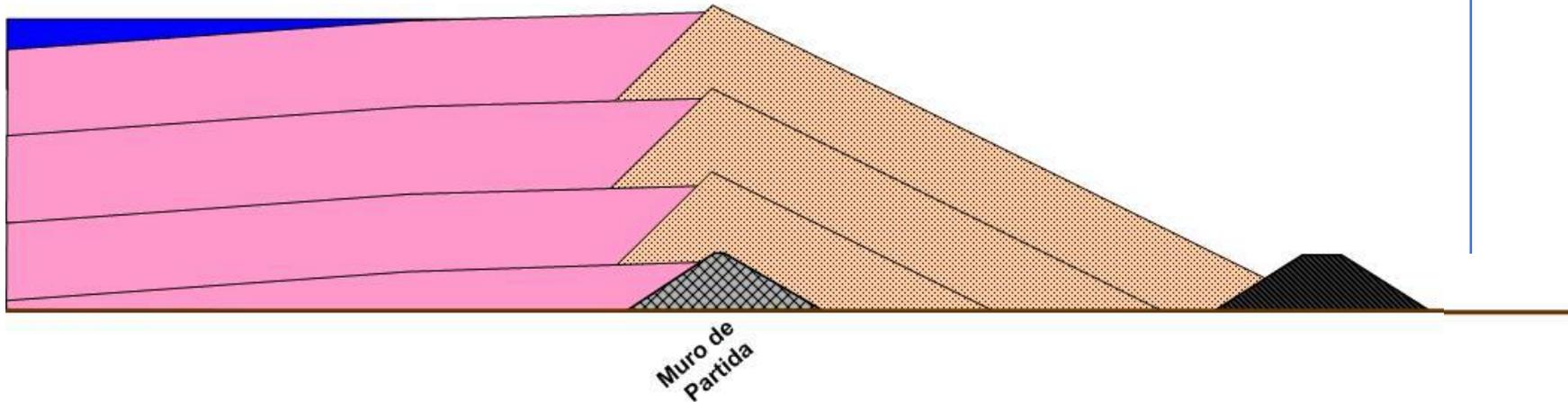
Crecimiento Aguas Arriba:
Muro crece con diques de peralte parcialmente fundados sobre playa de lamas. (no autorizado en Chile)



Muro de Partida

Tipos de Depósitos de Relave: Tranques

Crecimiento Eje Central:
Espaldón de aguas abajo del Muro crece peraltando el coronamiento sin variar el plano vertical del eje central;



Tipos de Depósitos de Relave: Espesados

- Relaves Espesados
- Ventaja: Aumentar la concentración de la pulpa de relaves para pasar del estado líquido a estados semi-sólido, aumentando la viscosidad y generando una resistencia al cizalle baja (yield stress), suficiente para detener el escurrimiento y estabilizar un talud con pendiente reducida de reposo.
- Complejidad: Equipos para espesar de gran tamaño y bombas especiales.



Tipos de Depósitos de Relave: Filtrados

- Depósitos formados por relaves integrales previamente filtrados, por vacío o prensas, con el objetivo de reducir el contenido de humedad hasta un nivel de saturación parcial, y acumularlos en capas compactadas, formando terraplenes parcialmente auto-soportantes.
- Complejidad: alto consumo de energía, y mantención de filtros



Lecciones Aprendidas de Fallas Ocurridas en Chile

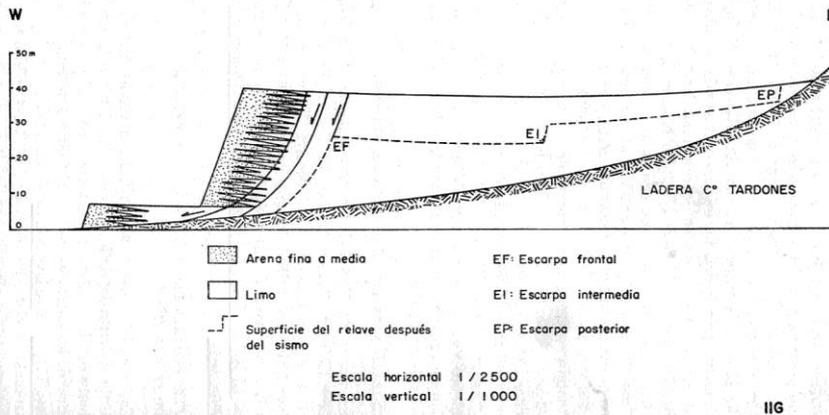
Fecha	Tranque	Causa	Efectos	Tipo y Condición	Altura (m) Talud (H:V)
01.12.1928	Barahona 1	Sismo Talca	60 muertos Daños materiales y ambientales	Aguas arriba Operación	60 2:1 Diseño Inadecuado
28.03.1965	El Cobre	Sismo La Ligua	250 muertos Daños ambientales de Tranques de Relaves	Aguas arriba Operación	35 2:1 Diseño Inadecuado
1970: Decreto DL 86	Gobierno de Chile dicta Reglamento	Diseño y Operación De Tranques de Relaves		Sernageomin	
03.03.1985	Cerro Negro Veta del Agua	Sismo San Antonio	Daños ambientales	Eje central y aguas arriba Operación	35 (1.6:1) 25 (1.9:1) Diseño Inadecuado
2006: Decreto 248	Gobierno de Chile modifica Reglamento	Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Depósitos de Relaves		Sernageomin	
27.02.2010	Las Palmas	Sismo Maule	4 muertos Daños ambientales	Eje central Cerrado	Sin refuerzos adecuados para el Cierre

Lecciones Aprendidas de Fallas Ocurridas en Chile

Tranque el Cobre:

- Conjunto de 3 tranques de relaves adyacentes: Viejo, Chico y Nuevo
- Método de Crecimiento: Aguas Arriba
- Falla por licuefacción y flujo de Relaves Viejo y Nuevo, de alta saturación y con laguna cercana al muro.
- Relave Chico menos saturado: no falló.

Lecciones Aprendidas de Fallas Ocurridas en Chile



Tranque el Cobre:

- 1965: Falla de TR El Cobre
- 1970: Promulgación de Decreto 86 sobre Reglamento construcción y operación de Tranques de Relaves
- 2007: Análisis de estabilidad en fases III (análisis dinámicos) y IV (cierre, efectos de tiempo en propiedades de los depósitos) e inclusión de concepto de Cierre y requerimientos de distancia peligrosa y área amagada para eventual falla.
- Decreto 248



Lecciones Aprendidas de Fallas Ocurridas en Chile

Tranques que han fallado en Chile:

Las fallas catastróficas han sido causadas por sismos de fuerte intensidad ($MM > 6$) y han afectado a tranques vulnerables por:

- Exploración y diseño inadecuados
- Crecimiento hacia aguas arriba
- Operación negligente
 - baja compactación,
 - exceso de finos en arenas de Muro
 - carencias en Control y Supervisión
- Laguna extensa y cercana a muro

Sólo algunas pocas fallas han ocurrido por causas no sísmicas, y las consecuencias han sido impactos ambientales limitados, debido a:

- Exploración y diseño inadecuados
 - socavación por bloqueo de ductos enterrados
 - rebase por revancha insuficiente

Metodología Actual de la Ingeniería de Tranques de Relaves

Monitoreo continuo e integrado de la evolución de variables críticas para la estabilidad física y química. Mediciones con instrumentos modernos de registros de piezometrías, deformaciones y movimientos sísmicos y vigilancia continua del estado y funcionamiento de las obras.

- Granulometría de arenas controlada en Ciclones y ratificada en canchas;
- Compactación efectiva y controlada,
- Playas húmedas y ubicación laguna
- Mantención obras desviación aguas



Cambios en la industria sobre temática Relaves

Mount Polley mine disaster hits 2-year mark, fallout still causes divisions

'We don't want the mine to go away. We just want things done right,' local official says

By Dirk Meissner, The Canadian Press | Posted: Aug 04, 2016 5:30 AMPT | Last Updated: Aug 04, 2016 6:03 AMPT

Samarco mine tragedy: Toxic mud from Brazil mine spill reaches Atlantic Ocean

Updated 22 Nov 2015. 1:43am



➤ Impacto en comunidades



➤ Impactos ambientales



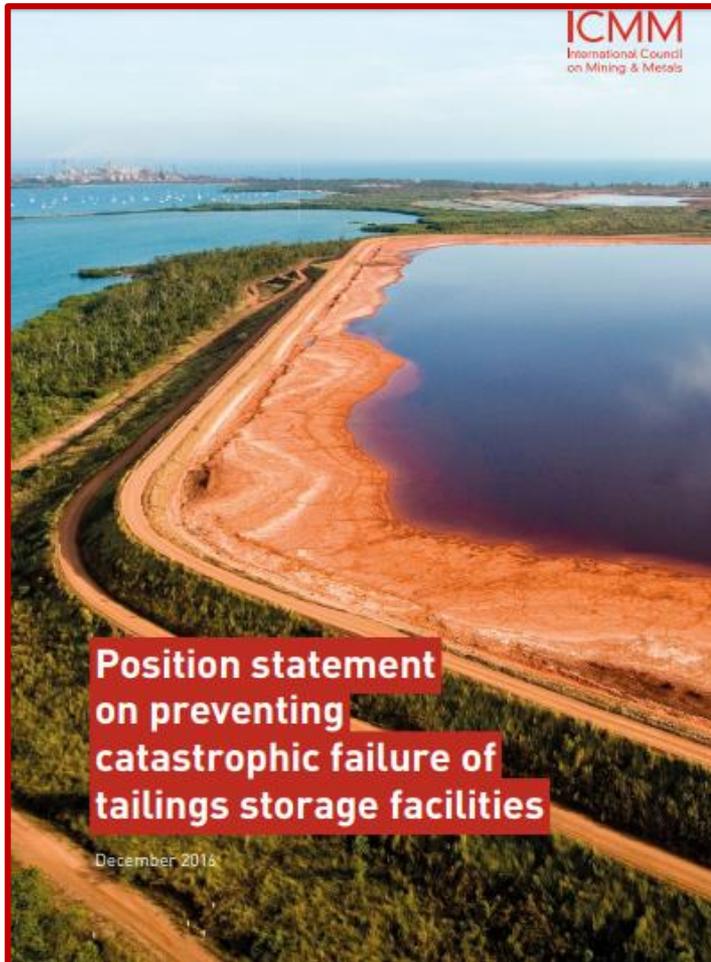
➤ Impactos económicos



➤ Reputación y pérdida de confianza



Cambios en la industria sobre temática Relaves



Declaración de posición sobre la prevención de fallas catastróficas de tranques de relaves.

1. Marco de Gobernanza cuyo objetivo es gestionar elementos claves para mantener la integridad de los depósitos y minimizar el riesgo de fallas catastróficas.

2. 6 elementos clave
 - a) Rendición de cuentas, responsabilidad y competencia
 - b) Planificación y asignación de recursos
 - c) Gestión de riesgos
 - d) Gestión de cambios
 - e) Preparación y respuesta a emergencias
 - f) Revisión y certificación

ICMM

Internacional Council Mining & Metals

Cambios en la industria sobre temática Relaves

- Disposición y manejo avanzado de los relaves mineros
- **Minimizar** o evitar los potenciales **impactos**
- Obtención de **licencia social** para operar, asegurando la continuidad operativa de los depósitos



- Sistema **estandarizado** de monitoreo y alerta temprana de estabilidad física y química de depósitos de relaves
- Integrando los conceptos de **data analytics** y **Internet of the things** en la gestión diaria de los depósitos de relaves
- Para **comunicar**, en línea, la información a los diferentes actores: compañías mineras, autoridades y comunidades.

Cambios en la industria sobre temática Relaves

SOLUCIÓN A NIVEL PAÍS

740 Depósitos

**Contribuir a la
operación segura**

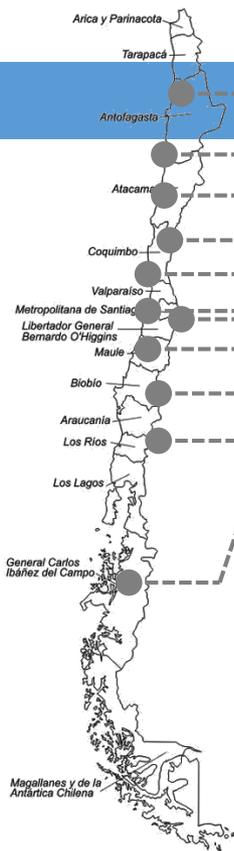
**Mejorando
coordinación y
relaciones de
confianza**

**Sistema de
monitoreo de
avanzada
perdurable en el
tiempo**

**Que entregue
información en
tiempo real de
calidad y
confiable**



+ nueva Política de Relaves



Etapa Cierre

Depósitos Estabilizados:

- Campos deportivos
- Parques
- Parcelas forestales
- Plataformas para fundar estructuras
- Fitoestabilización física y química

Materiales de Construcción para:

- Rellenos estructurales
- Sub-bases de caminos
- Bloques de albañilería
- Paneles
- Rellenos para cierre de rajos y cavidades subterráneas

Etapa Cierre

- Existen numerosos depósitos abandonados de Minería mediana o pequeña que constituyen pasivos ambientales y requieren de planes de mitigación de riesgos.
- El Estado debe hacerse cargo si Propietarios dejan de existir (469 inactivos y 170 abandonados)
- Actual Legislación de Cierre obliga a Propietarios a establecer garantías para financiar obras de mitigación de riesgos.

CONCLUSIONES

- Chile es un país caracterizado por una gran riqueza minera localizada en zonas de frecuentes e intensos desastres naturales.
- Se ha creado la necesidad de desarrollar tecnologías seguras y económicas de depositación de relaves, actualmente reconocidas mundialmente.
- La capacidad tecnológica moderna se demuestra con el comportamiento seguro de todos los depósitos de relaves de grandes dimensiones que han soportado eventos máximos, tales como el Terremoto M=8.8-27/10.

CONCLUSIONES

- Las pocas fallas ocurridas después de la dictación del DL 86 de 1970 han afectado a tranques mal operados.
- La práctica exitosa de la disposición de relaves moderna se basa en gran medida en investigaciones científicas, y en regulaciones consecuentes, motivadas por la necesidad de evitar fallas como las ocurridas en las primeras décadas del desarrollo minero de Chile.
- Los depósitos de relaves son actualmente estructuras indispensables, de grandes dimensiones, que se pueden diseñar, operar y cerrar con técnicas y controles que aseguran la estabilidad física, química y ambiental.