

# Gestión de residuos minero-metalúrgicos

## Gestión de jales

El manejo responsable y efectivo de los residuos minero-metalúrgicos es indispensable para obtener y conservar la confianza de nuestros grupos de interés y ejecutar nuestra estrategia de negocio.

Peñoles gestiona responsablemente las instalaciones de almacenamiento de jales, incorporando las mejores prácticas de ingeniería y gobernanza, con el objetivo de generar cero daños a las personas y al medio ambiente.

## Gobernanza

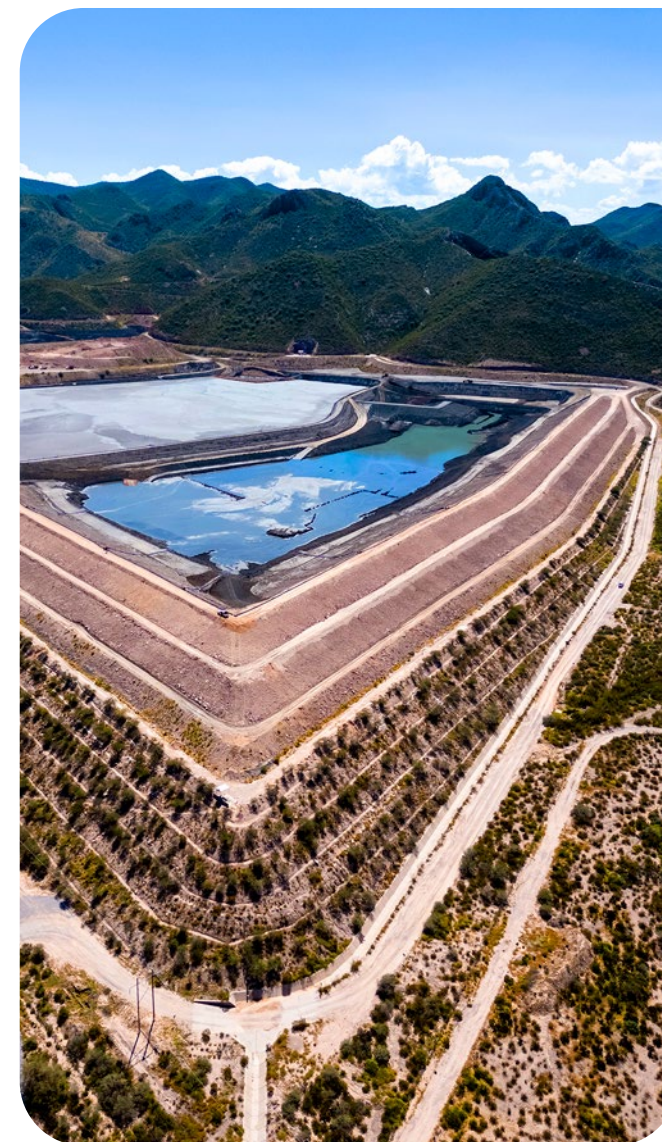
Nuestra estructura de gobernanza establece y documenta los roles, las competencias, las responsabilidades y la rendición de cuentas de los equipos encargados de la gestión efectiva y segura de los depósitos de jales a lo largo de su ciclo de vida —diseño, construcción, operación, mantenimiento, vigilancia y cierre. Este marco de gobernanza se diseñó considerando las recomendaciones de las guías de buenas prácticas del Consejo Mundial de Minería y Metales (ICMM) y la Asociación de Minería de Canadá (MAC).

*Peñoles gestiona responsablemente las instalaciones de almacenamiento de jales, incorporando las mejores prácticas de ingeniería y gobernanza.*

El Consejo está comprometido a proteger la seguridad y salud, así como el medio ambiente. En línea con este compromiso, nuestra Política de Jales, avalada por el Consejo, instruye a la Alta Gerencia asegurarse de que cada miembro del grupo operativo cumpla con lo siguiente:

- Implementar todas las medidas razonables respecto al manejo seguro de los jales con el propósito de reducir cualquier daño potencial.
- Asignar los recursos necesarios para apoyar las actividades de gestión de jales que se requieran, incluido el cierre de los depósitos.
- Implementar un Sistema de Gestión de Jales (SGJ) que regule las acciones de sus empleados, contratistas y consultores.

Los directores generales de Peñoles y Fresnillo son los funcionarios ejecutivos responsables (AE), designados por el Consejo para asegurar la gestión responsable de las instalaciones de jales mediante las mejores prácticas de gobernanza e ingeniería.



Uso responsable del agua

Conservación de la biodiversidad

Gestión de residuos minero-metalúrgicos

Residuos peligrosos y de manejo especial

Calidad del aire

Cierre de minas



- I. **Gestión del sitio:** Los gerentes de mina son los dueños del riesgo, responsables de operar las instalaciones de jales de acuerdo con los lineamientos del SGJ. El ingeniero responsable de la instalación de jales (RTFE) y el ingeniero de registro (EoR) brindan la experiencia técnica para garantizar que la instalación sea gestionada de manera segura, con la gobernanza apropiada y las mejores prácticas. Los equipos de gestión de jales y operaciones trabajan conjuntamente para operar de manera segura e implementar sistema.
- II. **Equipo corporativo de jales (CTT):** Este equipo supervisa el SGJ, además de asesorar a los funcionarios ejecutivos responsables en la designación de ingenieros de registro y revisores externos para llevar a cabo la revisión de seguridad de presa (DSR), además de coordinar las revisiones del Panel Independiente de Revisión de Jales (ITRP).
- III. **Revisores externos:** Nuestro marco de gobierno está respaldado por expertos independientes, inspectores, revisores y auditores que confirman el cumplimiento de nuestros requisitos de mejores prácticas de ingeniería y gobierno. El proceso de revisión de terceros incluye un Panel Independiente de Revisión de Jales, e inspecciones de seguridad de presas por parte del ingeniero de registro.
- IV. **Comité de Revisión de Jales (CRJ):** El CRJ, compuesto por altos ejecutivos y liderados por los funcionarios ejecutivos responsables, proporciona la supervisión interna de la gobernanza y la operación de las instalaciones de jales. El comité cuenta con el asesoramiento y la evaluación de expertos independientes para revisar de manera continua los informes de operación, gobierno, inspección, revisión y auditoría.

*Nuestra estructura de gobernanza establece y documenta los roles, las competencias, las responsabilidades y la rendición de cuentas de los equipos encargados de la gestión efectiva y segura de los depósitos de jales a lo largo de su ciclo de vida —diseño, construcción, operación, mantenimiento, vigilancia y cierre.*

## Políticas y lineamientos

La Política de Relaves y las directrices del Sistema de Gestión de Relaves de Peñoles proporcionan un enfoque coherente a nivel corporativo para la gestión de las instalaciones de almacenamiento de relaves a lo largo de su ciclo de vida. Estos documentos establecen expectativas claras sobre las funciones y responsabilidades relacionadas con la gestión de relaves.

Política de Jales

Lineamientos para el Sistema de Gestión de Jales

## Contexto y consideraciones estratégicas Jales

Los jales son un subproducto del procesamiento de minerales. Para liberar el mineral, se reduce su tamaño mediante trituración y molienda húmeda para obtener partículas de tamaño similar a la arena y el limo. La pulpa resultante se procesa para separar los minerales valiosos de la ganga. El residuo del proceso es un lodo conocido como jal. Los jales se transportan y almacenan en estructuras ingenieriles conocidas como instalaciones de almacenamiento de jales (TSF) o bien se utilizan como relleno en minas subterráneas o materiales de construcción.

## Confianza de los grupos de interés

Históricamente, la mayor parte de la industria minera ha manejado responsablemente las instalaciones de almacenamiento de jales. Si bien el número de incidentes es relativamente bajo, las



consecuencias de una falla pueden ser catastróficas para trabajadores, comunidades y medio ambiente. Las fallas catastróficas más recientes de Fundão en Mariana y Feijão en Brumadinho han tenido consecuencias severas a la reputación de la industria. Es claro que las consecuencias extremas para las personas y el medio ambiente derivadas de fallas catastróficas son inaceptables. La expectativa de los grupos de interés converge hacia el cero daño a las personas y el medio ambiente. Por lo tanto, la gestión responsable de esta infraestructura es fundamental para conservar la confianza de comunidades, trabajadores, gobiernos, inversionistas y aseguradores.

## Manejo efectivo de los depósitos de jales

Disponer de capacidad de almacenamiento es esencial para el crecimiento y la continuidad operativa de las actividades mineras y metalúrgicas. La gestión responsable de esta infraestructura es compleja y multidisciplinaria, por lo cual es necesario adoptar las mejores prácticas de ingeniería, así como una sólida gobernanza de estas infraestructuras desde su planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento, monitoreo, cierre y postcierre. Asimismo, la adopción de mejores prácticas sociales involucra de manera significativa a las comunidades en el ciclo de vida de las instalaciones.

Uso responsable del agua

Conservación de la biodiversidad

Gestión de residuos minero-metalúrgicos

Residuos peligrosos y de manejo especial

Calidad del aire

Cierre de minas

### Estándar Global de Gestión de Jales para la Industria Minera (GISTM)

Reconocemos la relevancia del Estándar Global de Gestión de Jales para la Industria Minera y el valor que aporta a nuestra industria. Actualmente, desarrollamos e implementamos el SGJ basado en las guías de la Asociación Minera de Canadá y el Consejo Internacional de Minería y Metales, así como en documentos técnicos de la Asociación Canadiense de Presas (CDA), los cuales reflejan el estado del arte en esta disciplina. Consideramos que estas bases nos permitirán cumplir con muchos de los principios establecidos en dicho estándar. Monitoreamos de manera continua el progreso de nuestro Sistema de Gestión de Jales, así como las lecciones aprendidas por la industria al adoptar este estándar global. Si bien actualmente no contemplamos su implementación formal, estamos comprometidos en la revisión y evaluación del impacto de su posible implementación.



### Gestión de impactos, riesgos y oportunidades

En Peñoles, nuestro objetivo es provocar cero daños a las personas y al medio ambiente y gestionar los impactos, los riesgos y las oportunidades implementando las mejores prácticas en gobernanza e ingeniería para diseñar, construir, operar, cerrar y monitorear el cierre y postcierre de las instalaciones de almacenamiento de relaves, guiados por un Sistema de Gestión de Jales integral. Consideramos las recomendaciones y documentos técnicos de la Asociación de Minería de Canadá, el Consejo Internacional de Minería y Metales, la Asociación Canadiense de Presas y la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD).

Mantener los más altos estándares de seguridad y protección ambiental de los depósitos de jales es un proceso continuo que requiere una evaluación constante durante todo el ciclo de vida de las instalaciones. Los estándares del diseño, la construcción, la vigilancia, el mantenimiento y las revisiones externas incluyen requisitos para proteger la salud humana y el medio ambiente, y establecen parámetros para el cierre de la operación minera.

Los siguientes principios básicos guían nuestra cultura de gestión segura de jales durante todo el ciclo de vida de las instalaciones:

- i. Rendición de cuentas, responsabilidad y competencia:** Definimos las responsabilidades y competencias asociadas para respaldar la identificación y gestión adecuadas de los riesgos de la instalación.
- ii. Planificación y recursos:** Mantenemos los recursos financieros y humanos necesarios para respaldar la gestión y la gobernanza continuas durante todo el ciclo de vida del fondo de recursos.
- iii. Gestión de riesgos:** Incluimos la identificación de riesgos asociados con las instalaciones, un régimen de control apropiado y la verificación de los objetivos de desempeño. Para el control de los riesgos hemos adoptado el enfoque de “controles críticos”  
(más información ver sección de Seguridad).
- iv. Gestión del cambio:** Evaluamos, controlamos y comunicamos los riesgos asociados con los posibles cambios para evitar comprometer inadvertidamente la integridad de las instalaciones.
- v. Preparación y respuesta ante emergencias:** Contamos con procesos para reconocer y responder a fallas inminentes de las instalaciones y mitigar los posibles impactos que surgen de una falla potencialmente catastrófica.
- vi. Revisión y aseguramiento:** Disponemos de procesos de revisión y aseguramiento, tanto internos como externos, que nos permiten evaluar integralmente los controles de riesgos de las instalaciones y fomentar su mejora continua.
- vii. Involucramiento significativo de las comunidades:** Buscamos el relacionamiento con las comunidades para atender preguntas e inquietudes y promovemos visitas que les permitan conocer estas infraestructuras y nuestras prácticas de operación responsable.

Uso responsable del agua

Conservación de la biodiversidad

Gestión de residuos minero-metalúrgicos

Residuos peligrosos y de manejo especial

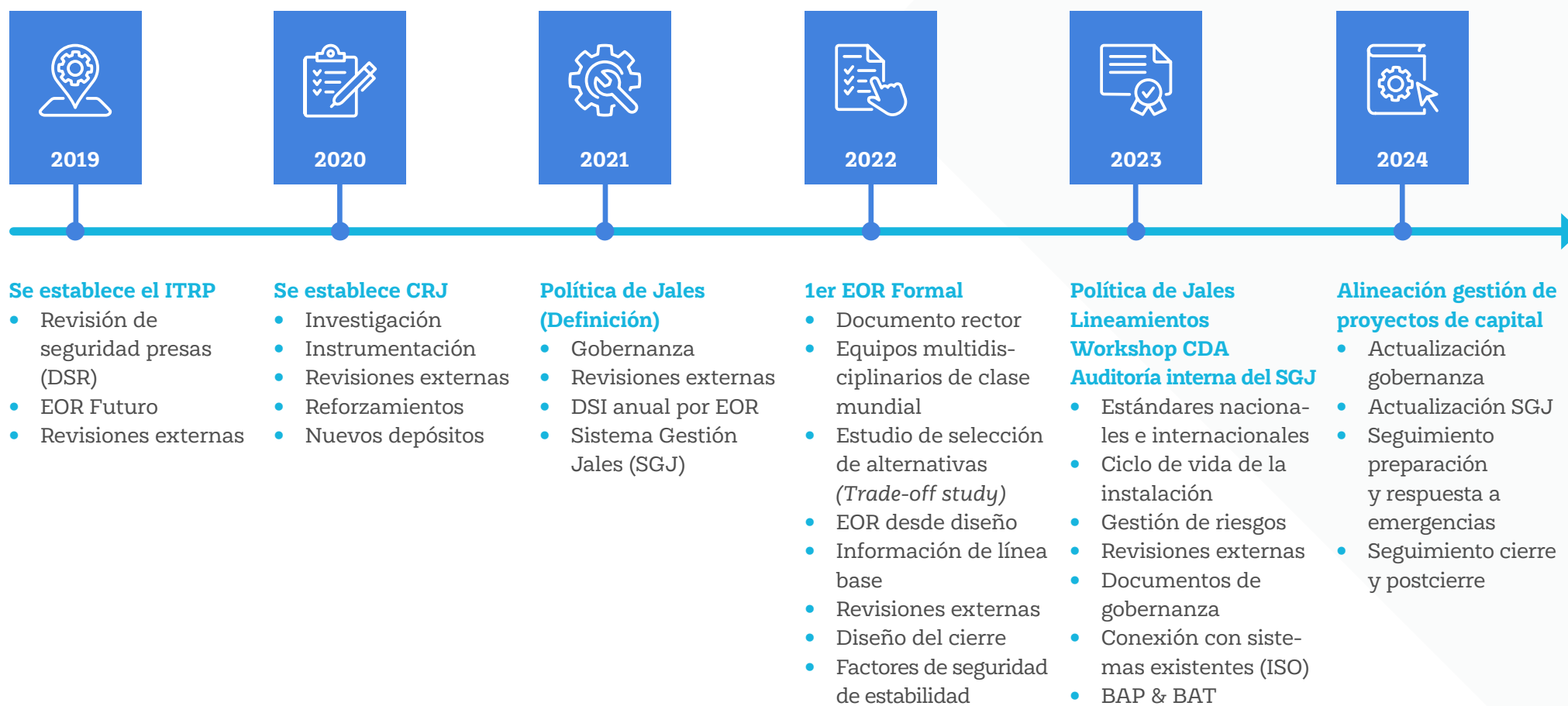
Calidad del aire

Cierre de minas

### Sistema de gestión de Jales (SGJ)

Seguimos enfocados en nuestro SGJ para mantener un marco sólido que garantice una gobernanza eficaz y la implementación de las mejores prácticas de ingeniería. Dicho sistema desempeña un papel fundamental en la

comunicación eficaz dentro de la organización para abordar los riesgos y garantizar una toma de decisiones rigurosa. Este sistema está alineado con nuestra Política de Jales y se aplica durante todo el ciclo de vida de una instalación de almacenamiento de jales.



ITRP: Panel Independiente de Revisión de Jales  
 DSR: Revisión de seguridad de presas  
 EOR: Ingeniero de registro  
 CRJ: Comité de Revisión de Jales  
 SGJ: Sistema de Gestión de Jales

[Uso responsable del agua](#)
[Conservación de la biodiversidad](#)
[Gestión de residuos minero-metalúrgicos](#)
[Residuos peligrosos y de manejo especial](#)
[Calidad del aire](#)
[Cierre de minas](#)


Continuamos madurando los elementos del SGJ relacionados con la gestión de riesgos. Las instalaciones de Fresnillo, Saucito, Juancipio y Velardeña completaron sus evaluaciones de riesgos mediante la metodología de Análisis de Modos de Falla Potenciales (PFMA). Herradura, Sabinas y San Julián llevaron a cabo sus análisis de brecha en presas (DBA), incluyendo simulaciones para la confirmación de las clasificaciones por consecuencia. Tanto Ciénega como Sabinas publicaron sus Manuales de Operación, Mantenimiento y Vigilancia (OMS) en conjunto con la definición de sus Planes de Respuesta Disparadores de Acción (TARP), en los cuales se abordan los controles críticos que deben implementarse en los casos en que se rebasen los rangos de operación normales de los parámetros de la instalación.

En nuestros nuevos proyectos hemos implementado el análisis multicriterio —también conocido como análisis de cuentas múltiples— el cual considera los aspectos sociales, ambientales, técnicos, tecnológicos y económicos como parte de la evaluación de sitios potenciales para construir infraestructura de almacenamiento de residuos minero-metalúrgicos.

### Vigilancia, inspecciones e investigaciones geotécnicas

Nuestros sitios se monitorean periódicamente mediante sistemas complementarios como piezómetros, inclinómetros, controles topográficos, drones, InSAR y otras tecnologías para vigilar el agua y la integridad de los bordos. Nuestros ingenieros responsables de la instalación de jales

realizan inspecciones frecuentes a las instalaciones y los ingenieros de registro realizan periódicamente inspecciones de seguridad en presa. Adicionalmente, realizamos investigaciones geotécnicas en el sitio que incluyen el uso de pruebas CPT para caracterizar los jales.

### Revisiones

El Panel Independiente de Revisión de Jales realiza revisiones periódicas del diseño, la operación, el mantenimiento, la supervisión y gobernanza de nuestras instalaciones de almacenamiento de jales y proporciona retroalimentación sobre el desempeño de los ingenieros de registro. Además, expertos independientes realizan periódicamente revisiones de seguridad de las presas. Los resultados y recomendaciones del Panel Independiente de Revisión de Jales se presentan al CRJ.

### Preparación y respuesta ante emergencias

Nuestro SGJ requiere que nuestros sitios implementen y actualicen periódicamente los Manuales de Operación, Mantenimiento y Vigilancia, con la definición de sus Planes de Respuesta Disparadores de Acción y planes de respuesta a emergencias. Para planificar la respuesta ante emergencias en eventos extremadamente improbables, consideramos las metodologías del Análisis de Modos de Falla Potenciales y el Análisis de Rotura de Presas. Llevamos a cabo simulacros de respuesta a emergencias, en los que involucramos a las comunidades y autoridades para comunicarles nuestro enfoque en la gestión segura de jales y fomentar la colaboración en la respuesta ante emergencias.

Uso responsable del agua

Conservación de la biodiversidad

Gestión de residuos minero-metalúrgicos

Residuos peligrosos y de manejo especial

Calidad del aire

Cierre de minas

## Capacitación

La construcción de capacidades es fundamental para la gestión segura de instalaciones de jales. Hemos concentrado nuestros esfuerzos en la capacitación para el conocimiento de nuestra política de jales, lineamientos del sistema de gestión de jales y en diversos temas relacionados con aspectos de ingeniería, gobernanza y protección ambiental. En 2024, destacan los esfuerzos de capacitación en alternativas para la reutilización de los jales y la innovación tecnológica, con el objetivo de fomentar una economía circular.

### Filtrado de jales y relleno de mina

El taller sobre filtrado de jales y relleno de mina, impartido por la empresa consultora Paterson & Cooke el 9 y 10 de septiembre de 2024 en Torreón, Coahuila, contó con la participación de 25 colaboradores de unidades mineras de Peñoles Fresnillo, así como de la Dirección de Proyectos y Construcción, del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico, y del Corporativo de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio ambiente. El 12 de septiembre Paterson & Cooke impartió una sesión ejecutiva sobre los mismos temas a los miembros de CRJ.

### Cumbre global del MIT sobre innovación en jales

Durante esta cumbre, realizada los días 19 y 20 de septiembre de 2024, se propusieron, analizaron y difundieron alternativas enfocadas en el aprovechamiento de los jales con otros usos y aplicaciones. También se presentaron opciones para reducir el volumen de jales generados y su posible eliminación. En este evento, transmitido de manera virtual, participó personal de la Gerencia Corporativa de Jales, así como el ingeniero responsable de depósitos de jales de Ciénega y San Julián. Las memorias de las pláticas fueron compartidas con otras áreas de la organización.



### Tecnología e innovación

Nuestro enfoque en la tecnología y la innovación considera las prioridades estratégicas del negocio y el nivel de madurez de las tecnologías disponibles. Este enfoque se articula en tres líneas estratégicas:

- i. **Mejorar la seguridad:** Tecnología de vigilancia, monitoreo y alerta (por ejemplo, inSar, drones y analítica de datos).
- ii. **Mejorar la eficiencia operativa:** Tecnología de procesamiento de minerales upstream (por ejemplo, relaves en pasta y relaves filtrados).
- iii. **Reducir los riesgos y la huella ambiental:** Tecnología de procesamiento downstream (por ejemplo, procesamiento selectivo y reducción de agua y energía).

Uso responsable del agua

Conservación de la biodiversidad

Gestión de residuos minero-metalúrgicos

Residuos peligrosos y de manejo especial

Calidad del aire

Cierre de minas

### Caso de estudio – Secado natural de jales en Velardeña

Se ha proyectado un nuevo depósito de jales para el resto de la vida de Velardeña. Éstos se almacenarán con un bajo contenido de humedad —el mínimo necesario para alcanzar un grado de compactación óptimo— lo que permitirá configurar un depósito de jales secos (dry stack). Lo anterior se traduce en una instalación más segura, estable y compacta, que afectará una superficie menor, en comparación con un depósito de jales convencional.

Aunque la evaluación del proceso de filtrado de jales no resultó económicamente viable, se aprovecharán las condiciones climatológicas de Velardeña, que permiten el secado natural de los jales. El depósito de jales actual está dividido en celdas, lo que permite depositar jal en pulpa en una primera celda, hasta secar por completo el jal y de esta misma manera en una segunda celda hasta que finalmente los jales secos son excavados para transportarlos y colocarlos en el nuevo depósito en una pila seca.

Velardeña aguarda la autorización de los permisos ambientales para este nuevo depósito, con el objetivo de empezar su construcción antes de que finalice 2025. La capacidad esperada de este depósito es de 27 millones de toneladas de jal.



### Caso de estudio – Crecimiento de depósito y reuso de jales en Sabinas

Durante los últimos años, Sabinas realizó inversiones importantes para reforzar y estabilizar su depósito de jales 4. Una vez logrado este objetivo, se inició la construcción de una nueva sección de dicho depósito, con el propósito de incrementar su capacidad durante otros dos años de operación.

Esta ampliación se construye actualmente con los mismos jales generados en la unidad, los cuales se separan por medio de hidrociclones, tomando la porción más gruesa para construir el crecimiento del bordo en espesores de capa y grado de compactación controlada. Para esta ampliación se utilizarán 180,000 m<sup>3</sup> de jal, donde se le dará una utilidad diferente a este residuo, disminuyendo requerimientos de almacenamiento y evitando la explotación de bancos de materiales.

### Caso de estudio – Crecimiento de depósitos de jales en Fresnillo y Saucito

Tanto Fresnillo como Saucito han presentado importantes retos para construir nuevos depósitos de jales, principalmente relacionados con la adquisición de terrenos y la obtención de permisos. No obstante, hemos encontrado soluciones rentables para el corto y mediano plazo. Con base en la información obtenida a partir de estudios e investigaciones realizados en los pasados tres años, hemos podido optimizar el diseño de los depósitos en operación, agregando crecimientos apegados a los requisitos de estabilidad y seguridad establecidos en nuestro Sistema de Gestión de Jales. El depósito de jales San Carlos, en Fresnillo, incrementará su capacidad hasta el segundo semestre de 2026, mientras que el depósito de Saucito la incrementará hasta el segundo semestre de 2028.

Uso responsable del agua

Conservación de la biodiversidad

Gestión de residuos minero-metalúrgicos

Residuos peligrosos y de manejo especial

Calidad del aire

Cierre de minas

## Desempeño y métricas

### Inversiones

A diferencia de los tres años previos, en los que las inversiones estuvieron orientadas a investigaciones geotécnicas, estudios y obras para reforzar los depósitos existentes, durante 2024 éstas se enfocaron en la construcción de nueva capacidad para el almacenamiento de jales.

La inversión ascendió a US\$ 83.0 millones; US\$ 66.5 millones se destinaron a 11 proyectos en etapa de ejecución y US\$ 16.5 millones a seis proyectos en etapa de prefactibilidad o factibilidad. Destacan la construcción de la celda 2 del depósito de jales de Juanicipio, los crecimientos 2 y 3 de San Carlos en Minera Fresnillo, la fase II del depósito de Saucito y los crecimientos en el depósito de Velardeña.

### Generación y reutilización de jales

Con el propósito de promover la circularidad de los jales generados, continuamos realizando el seguimiento diligente de las cantidades depositadas en nuestras instalaciones, a fin de conocer su capacidad y vida útil restante. Durante 2024 se generaron 20.92 millones de toneladas de jal, de las cuales 0.65 millones se reutilizaron como pasta de relleno y, de lo ya depositado, 1.28 millones de toneladas se usaron para construcción y relleno en obras inactivas en interior de mina; 1.4 millones fueron reprocesados para recuperar contenidos metálicos.

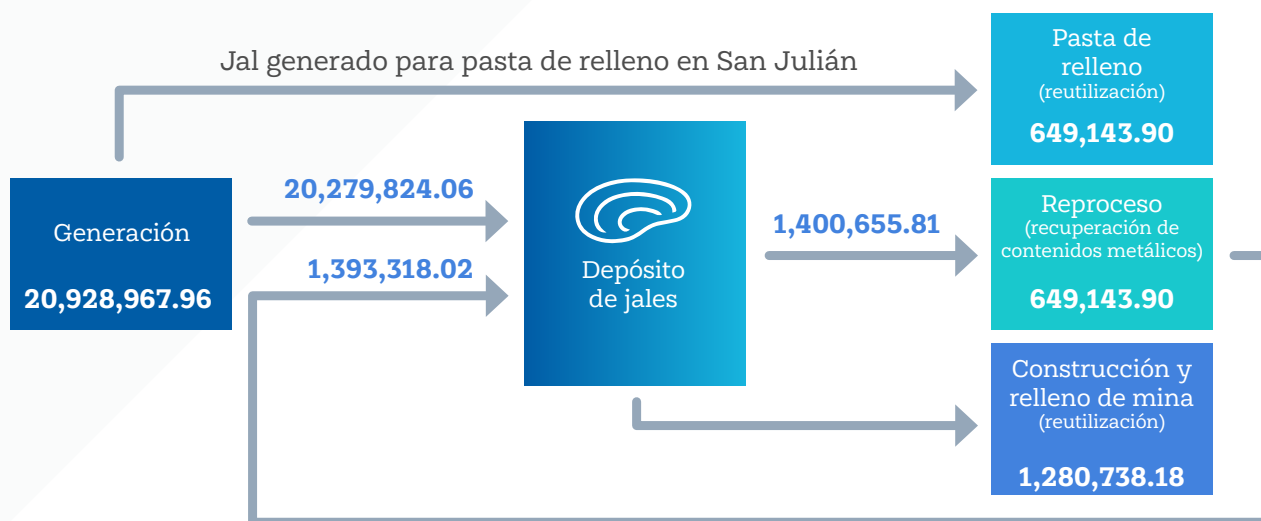
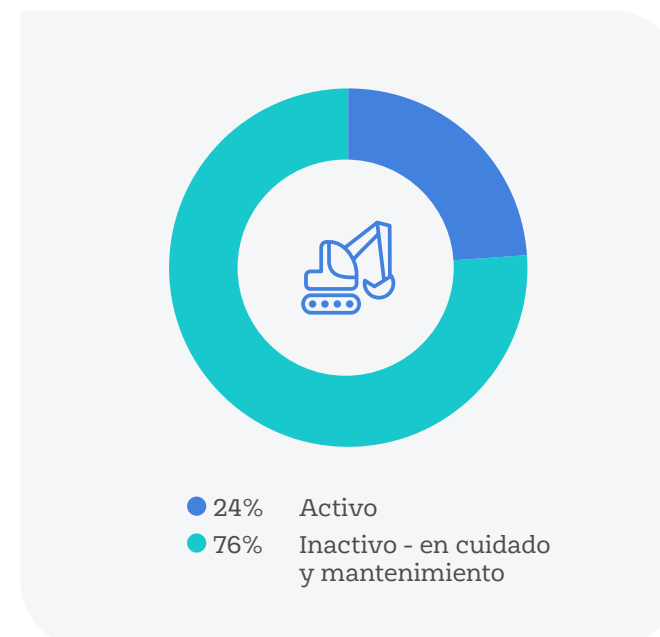
*Reutilizamos el equivalente a 9.22% del jal generado; esto representa una economía en espacio de almacenamiento, incrementando la vida útil del depósito.*

*Reprocesamos y reutilizamos el equivalente a 15.37% del jal depositado, confirmando nuestro compromiso con la economía circular, al buscar una segunda vida para nuestros residuos.*

### Generación de Jales (t)

2024	
Compañía	Jales
Minas Peñoles	5,186,498.23
Fresnillo plc	15,742,469.73
<b>Industrias Peñoles</b>	<b>20,928,967.96</b>

### Estado de las instalaciones de jales



Todas las cifras se reportan en toneladas.  
La diferencia entre la entrada y salida del material reprocesado representa el concentrado del mineral obtenido.



### Tepetateras, patios de lixiviación y depósitos de jarosita

En 2024, se depositaron 24.22 millones de toneladas de mineral en patios de lixiviación para su procesamiento. Generamos 80.71 millones de toneladas de tepetate y dispusimos de 0.69 millones de toneladas de jarosita, los cuales se almacenaron en instalaciones seguras, operadas de acuerdo con un sistema de gestión alineado con las buenas prácticas aprendidas para el manejo seguro de jales.

Implementamos las mejores prácticas de ingeniería —por ejemplo, barreras impermeables— y programas de monitoreo —como pozos de monitoreo y pruebas de calidad del agua— para garantizar el cumplimiento con las regulaciones ambientales.

### Generación de tepetateras, patios de lixiviación y Jarosita (t)

División	2024		
	Tepetate	Patios de lixiviación	Jarosita
Minas Peñoles	4,104,284.50	2,226,336.18	-
Minas Fresnillo plc	76,608,132.70	21,989,426.89	-
Metales	-	-	689,151.00
<b>Industrias Peñoles</b>	<b>80,712,417.20</b>	<b>24,215,763.07</b>	<b>689,151.00</b>



### Tepetateras

Las operaciones mineras extraen roca estéril para acceder al mineral. Estas rocas, sin valor económico, se transportan y depositan en pilas, donde se almacenan de manera permanente o temporal, antes de reutilizarse, por ejemplo, en operaciones subterráneas de corte y relleno.

## Patios de lixiviación

Los óxidos de oro y cobre pueden procesarse mediante un método hidrometalúrgico conocido como lixiviación en patios. El mineral se deposita en patios especialmente acondicionados, que cuentan con una barrera impermeable de geomembranas HDPE en su base. La solución con un agente lixivante percola a través de la pila y es recolectada en el fondo gracias a esta barrera, para luego ser canalizada hacia una pileta y posteriormente procesada en planta para producir barras de doré o cátodos de cobre.



## Depósitos de jarosita

La jarosita es un residuo generado como subproducto del proceso hidrometalúrgico de extracción de zinc. Una vez estabilizada, se dispone en depósitos controlados, similares a vertederos, que cuentan con una barrera impermeable en el fondo.

### Prevención del drenaje ácido

El drenaje minero ácido representa un importante desafío ambiental y un reto a la licencia social de la industria minera y metalúrgica. Con el propósito de minimizar su riesgo, es necesario prevenirlo y gestionarlo, de manera que no contamine las aguas superficiales y subterráneas durante la operación minera ni después del cierre. Cumplimos con la normativa ambiental vigente, la cual incluye pruebas geoquímicas para identificar el potencial del drenaje ácido metálico (DAM) en el mineral y el tepetate, así como para evaluar la estabilidad de la jarosita. En las operaciones con riesgo de drenaje ácido, implementamos estrategias de gestión específicas para cada sitio, orientadas a prevenir, tratar y monitorear su desempeño ambiental.

### Incidentes reportables y significativos de residuos minero-metalúrgicos

En 2024 no se registró ningún incidente de no conformidad relacionado con permisos, estándares o reglamentos relativos al manejo de jales, tepetate, patios de lixiviación, depósitos de jarosita o drenaje ácido.

Empresa	Incidentes reportables	Incidentes significativos
Peñoles	0	0
Fresnillo plc	0	0