



FICHA SECTORIAL · PLAYBOOK CIRCULAR LATAM

Minería responsable.

El relave es el mayor pasivo de la minería y también su oportunidad circular: el metal que se quedó atrás, el agua que puede volver y el árido que la construcción necesita.

A · Diagnóstico

Cifras, ineficiencias, cadena de valor y tres oportunidades

B · Evidencia

Casos, mapa de actores, sinergias e IA

C · Acción

Regulación, medición y primeros 90 días

Autores

Eddie Ajaicriña · Lorenzo Ortiz

Edición

Circular Club · by Redesign Lab

Año

2026

El relave es la mina que falta explotar, y el proveedor que vende desempeño ya existe.

Esta ficha aplica el Playbook Circular LatAm a la minería: diagnóstico, evidencia y acción, con una ruta de 90 días para pasar de la idea al piloto.

01 El relave guarda metal y árido

Perú tiene más de 1,200 depósitos de relaves y de 20 a 30% podría reaprovecharse. Chile reprocessa menos del 1%, frente a cerca del 30% en otros países.

02 La IA en concentradora es eficiencia

Ahorra agua y energía sobre mineral virgen y mejora la productividad material, pero no cierra un ciclo. Su aporte circular está en el agua que vuelve y el relave que no se genera.

03 La mina compra resultados

Equipos caros que trabajan sin parar son la condición ideal para vender desempeño, recauchar y remanufacturar con proveedores locales.

04 El oro trazable empieza sin mercurio

En la minería artesanal, la circularidad empieza por la trazabilidad y el fin del mercurio. El comprador que verifica origen puede pagar prima.

Contenido

p. 4 · Cifras e ineficiencias
p. 6 · Cadena y submodelos
p. 8 · Tres oportunidades
p. 10 · Casos
p. 12 · Mapa de actores

p. 14 · Sinergias e IA
p. 16 · Regulación y hojas de ruta
p. 18 · Medición
p. 20 · Primeros 90 días
p. 22 · Toolkit y contacto

Fuentes: Rumbo Minero y Revista Minería (2026, relaves en Perú) · Ecometales (minería secundaria) · Codelco, Memoria Anual Integrada 2025, p. 315.

MINERÍA RESPONSABLE · EL SECTOR EN UNA MIRADA

Relaves sin segundo comprador, equipos desechados antes de tiempo y oro sin origen definen el sector.

RASGO	EN EL SECTOR
Ineficiencia dominante	Valor perdido: metal, minerales críticos y árido que se quedan en relaves, escorias y desmontes
Submodelos clave	1.2 Insumos 3.3 Desempeño 4.1 Mantener 4.4 Remanufacturar 5.5 Minería secundaria 5.6 Agua En red · Intercambio En red · Infraestructura
Tres oportunidades	Reprocesar relaves · Vender desempeño y remanufacturar · Llevar relaves y escorias a la construcción
Habilitador crítico	Certeza jurídica del reprocesamiento secundario y datos de la concentradora
Quién mueve al sector	Regulador: relaves y pasivos en Perú, permiso secundario en Colombia. Comprador: metas de Codelco. Financiador: cooperación que premia el oro trazable

A QUIÉN SIRVE

MYPE y proveedor. Recauchar, remanufacturar y fabricar materiales de construcción con relave o escoria.

Gran empresa. Reprocesar relaves, recircular agua y comprar desempeño en lugar de piezas.

Gremio. Mesas de metales y estándares de reporte de agua y relaves.

Territorio. Corredores mineros con desaladoras, talleres y depósitos compartidos.

CÓMO SE CONECTA

Playbook Circular LatAm. Por qué (incentivos), Etapa 1 (ineficiencias y línea base), Etapa 2 (17 submodelos), Etapa 4 (tecnología e IA) y Etapa 6 (medición).

Toolkit. Herramientas 01, 02, 04, 06 y 11.

MINERÍA RESPONSABLE · CIFRAS E INEFICIENCIAS

Perú tiene más de 1,200 depósitos de relaves y Chile reprocesa menos del 1%.

Cuatro cifras dan la escala de lo que hoy queda depositado.

6,001

PASIVOS MINEROS, PERÚ

Más de 2,800 son críticos.

20 a 30%

RELAVES APROVECHABLES

De los más de 1,200 depósitos de Perú.

836

DEPÓSITOS EN CHILE

Catastro de Sernageomin de 2024.

<1%

MINERÍA SECUNDARIA

En Chile, frente a cerca del 30% en otros países.

En otros países, recuperar valor de relaves es cerca del 30% de la minería. En la región es marginal: **faltan reglas, tecnología y un comprador** para lo que no es metal.

LENTE DE INCENTIVOS · CÓMO CAMBIARLOS

Un permiso claro para reprocesar relaves ajenos, compras por costo total de propiedad y una prima por oro trazable cambiarían el caso. Son propuestas de las Recomendaciones del Playbook Circular LatAm.

Fuentes: Infobae (2024) y Revista Minería (2026), pasivos y relaves en Perú · Sernageomin y MinMinería, Plan Nacional de Relaves (2022) · Ecometales.

MINERÍA RESPONSABLE · CINCO INEFICIENCIAS

Detrás de cada ineficiencia minera hay un incentivo que la vuelve racional.

INEFICIENCIA	NIVEL	CÓMO SE MANIFIESTA Y DATO	INCENTIVO QUE LA PRODUCE
1. Materiales y energía no renovables	Alto	Agua y energía fósil consumidas de más por la variabilidad de planta. Con IA, BHP Escondida ahorró más de 3 GL de agua y 118 GWh desde el año fiscal 2022.	Metas por tonelada movida, no por agua y energía por tonelada de cobre.
2. Capacidad subutilizada	Medio	Plantas que procesan menos de lo que pueden. Freeport subió 10% el procesamiento en Bagdad con IA y evitó gran parte de una expansión.	Presupuestos que aprueban la expansión antes que la optimización de lo existente.
3. Vidas útiles prematuras	Alto	Neumáticos, revestimientos y componentes desechados antes de tiempo. En Chuquicamata, el recauchaje evitó 121 neumáticos nuevos y 1,293 t de residuos.	Compras públicas y privadas por menor precio unitario, no por costo por hora.
4. Valor perdido al final de la vida	Muy alto	Metal, minerales críticos y árido en relaves, escorias y desmontes. Hay más de 220,000 Mt de relaves en el mundo y crecen de 7,000 a 10,000 Mt al año.	Depositar cuesta menos que reprocesar, y reprocesar lo ajeno aún carece de reglas claras.
5. Relación con el cliente desaprovechada	Medio	El comprador de oro no puede verificar un origen libre de mercurio y no paga prima. Un programa de cooperación trabaja con 2,000 mineros de 11 municipios de Colombia.	Sin trazabilidad, el oro con mercurio se vende al mismo precio que el limpio.

Nivel: propuesta de Circular Club a validar con la Herramienta 01. Fila resaltada: ineficiencia dominante. La eficiencia de las filas 1 y 2 mejora N4, no la circularidad material.

Fuentes: BHP (2024) · McKinsey (Freeport) · Codelco, Memoria Anual Integrada 2025, p. 315 · Rumbo Minero (relaves globales) · Minambiente (GEF Gold).

MINERÍA RESPONSABLE · CADENA DE VALOR Y SUBMODELOS

En minería, el producto como servicio y la remanufactura tienen clientes listos.

La mina compra equipos caros que trabajan sin parar y necesita resultados garantizados. Al otro extremo, el relave y la escoria esperan un segundo comprador: otra minera o la construcción.



IA en la concentradora: eficiencia sobre mineral virgen. Mejora N4, N5 y N6, no N1 ni N2		
Submodelo clave (relleno) Submodelo de apoyo (contorno) EL COLOR IDENTIFICA EL MODELO · NEGRO, EN RED		
SUBMODELO	ROL	QUÉ SIGNIFICA EN MINERÍA
1.2 Insumos circulares	●	Energía renovable y bolas de molienda con acero reciclado. Relave o escoria comprados como árido entran aquí en el receptor.
3.3 Desempeño	●	El proveedor vende disponibilidad, toneladas molidas o vida de revestimientos en lugar de piezas.
4.1 Reparar y mantener	●	Mantenimiento predictivo y recauchaje preventivo de neumáticos de gran tonelaje.
4.4 Remanufacturar	●	Componentes de camiones, palas y molinos restaurados con garantía por proveedores locales.

Relevancia sugerida por Circular Club con la matriz sector y submodelo de la Herramienta 01: es un juicio, ajústela en taller y anote la razón. El producto como servicio existe en la minería a través de contratos de los distribuidores de equipos, aunque falta documentarlo con cifras.

MINERÍA RESPONSABLE · CADENA DE VALOR Y SUBMODELOS

Al otro extremo de la cadena, el relave, el agua y los vecinos cierran el ciclo de material.

Estos submodelos actúan sobre lo que sale de la planta: el depósito, el agua de proceso y los residuos que otro sector puede usar.

SUBMODELO	ROL	QUÉ SIGNIFICA EN MINERÍA
5.5 Minería secundaria	●	Metales, incluidos críticos, recuperados de relaves, escorias y polvos de fundición.
5.6 Agua circular	●	Recirculación del agua de la concentradora y uso de efluentes tratados.
En red · Intercambio	●	Sinergias en el territorio. La minera que vende relave o escoria como ladrillo, árido o sustituto en cemento cuenta en 5.2, y quien lo compra, en 1.2. Neumáticos a recicladores: 5.1.
En red · Infraestructura	●	Desaladoras, plantas de tratamiento y depósitos compartidos entre operaciones de un corredor. El operador del agua cuenta en 5.6.
2.1 Compartir activos	○	Talleres, equipos y laboratorios compartidos con la pequeña minería y las comunidades.
3.2 Por uso	○	Neumáticos, compresores o flota pagados por hora o por tonelada movida.

El relave es **la mina que falta explotar**: la minería secundaria recupera metal sin abrir una mina nueva.

Relevancia sugerida por Circular Club con la matriz sector y submodelo de la Herramienta 01. Ejemplos: Codelco (2026) · Ecometales · ICMM (2021) · Aceros Arequipa.

MINERÍA RESPONSABLE · TRES OPORTUNIDADES PRIORITARIAS

El valor está en tres lazos: el relave reprocesado, el equipo que dura y el árido que construye.

Atacan el valor perdido y la vida útil prematura, las dos ineficiencias más altas. Ninguna es eficiencia de concentradora: las tres cierran un ciclo de material o de producto.

OPORTUNIDAD

5.5

Reprocesar relaves propios y ajenos

Recuperar cobre, plata, zinc y metales críticos de depósitos activos e históricos, sin abrir una mina nueva.

HABILITADOR

Certeza jurídica para que un tercero reprocese lo que otro dejó, y caracterización del depósito con ensayos metalúrgicos.

EJEMPLO

Minera Valle Central produjo en 2025 unas 28,200 t de cobre con relaves de El Teniente, con un margen EBITDA cercano a 40%. Quiulacocha anuncia USD 315 millones.

3.3

4.4

Vender desempeño y remanufacturar

El proveedor cobra por hora, tonelada o disponibilidad, y recaucha o restaura componentes con garantía.

Datos de condición del equipo, contratos por resultado y proveedores locales con capacidad técnica certificada.

En Chuquicamata, el recauchaje de 321 neumáticos con BAILAC evitó 121 nuevos y ahorró USD 2.25 M. Codelco busca valorizar el 70% de sus residuos no peligrosos a 2030.

LA RECONSTRUCCIÓN YA ES NEGOCIO DE BASE INSTALADA

Ferreycorp (Perú) reconstruyó o dio *overhaul* a 77 máquinas Cat en 2025 y evitó 1,341 t de chatarra. Repuestos y servicios son el 53% de sus ventas: USD 1,204 M (S/ 4,153 M). No publica cuánto deja la reconstrucción, que reporta en máquinas y toneladas. Para el proveedor mediano, la ruta es el taller de componentes certificado por el fabricante, sin flota propia.

Fuentes: Amerigo Resources, resultados 2025 (Minera Valle Central) · Rumbo Minero (Quiulacocha) · Codelco, Memoria Anual Integrada 2025, p. 315, y hoja de ruta (2026) · Ferreycorp, Reporte de Sostenibilidad 2025, p. 116, y Memoria 2025. Tipo de cambio de referencia de octubre de 2026: USD 1 = S/ 3.45.

MINERÍA RESPONSABLE · TERCERA OPORTUNIDAD Y CASO DE VALOR

El tercer lazo lleva relaves y escorias a la construcción, y la IA de planta queda fuera de los tres.

OPORTUNIDAD

5.2 1.2 En red · Intercambio

Llevar relaves y escorias a la construcción

Ladrillos, áridos y sustitutos en cemento hechos con lo que hoy se deposita. La minera vende (5.2) y el constructor compra (1.2).

HABILITADOR

Ensayo de lixiviación de metales, norma técnica del producto y un comprador de construcción a distancia económica.

EJEMPLO

Los ecoladrillos de Codelco llevan 85% de arena de relave. Lecosur (Tacna) produce de 16,000 a 22,000 ladrillos al día en su planta piloto.

EN LA ESCORIA, EL VALOR ESTÁ EN EL METAL ATRAPADO

Minsur devolvió al horno 1,091 t de escoria con 19.8% de estaño en 2025. Aceros Arequipa recupera como hierro entre 10 y 15% de su escoria. Como árido o adición al cemento, la escoria vale decenas de dólares por tonelada: Volcan vendió USD 1.5 M en 2024 y nada en 2025. Venderla solo rinde con volumen y una cementera cerca.

LA IA EN CONCENTRADORA NO ES UNA DE LAS TRES

Es eficiencia de recursos sobre mineral virgen: menos agua, energía y relave por tonelada de cobre. Mejora N4, N5 y N6, no N1 ni N2. Si el resultado es procesar más mineral, la extracción absoluta crece.

HERR. 02

Caso de valor. Compare el reprocesamiento de un depósito o un contrato por desempeño contra la compra de piezas y la disposición, con la tasa real de su empresa.

Fuentes: Reporte Minero (2024, ecoladrillos) · La República (2022, Lecosur) · Minsur, Memoria Integrada 2025 · Aceros Arequipa y Volcan, reportes 2025. Selección de oportunidades: estimación de este playbook.

MINERÍA RESPONSABLE · CASOS

El relave ya produce cobre en Chile y estaño en Puno, y en Pasco promete plata.

La minería secundaria es una industria probada en la región. Lo que falta en Perú y Colombia es el marco que permita a un tercero reprocesar lo que otro dejó.

Minera Valle Central

CHILE · AMERIGO RESOURCES

- CONTEXTO** Los relaves de El Teniente (Codelco) guardan cobre y molibdeno que la planta original no recuperó.
- MECANISMO** Los reprocesa bajo contrato con Codelco, sin abrir una mina nueva.
- EVIDENCIA** En 2025 produjo unas 28,200 t de cobre, con ingresos de USD 227.3 M y un EBITDA de USD 89.8 M, cerca de 40% de margen.
- LECTURA** Es minería secundaria rentable y auditada entre empresas: vende metal, no material.

5.5 Minería secundaria En red · Intercambio

HIGH-TECH

Cerro de Pasco Resources

PERÚ · MINERA JUNIOR

- CONTEXTO** Quiulacocha acumula de 70 a 75 Mt de relaves depositados entre 1920 y 1990 en 115 ha.
- MECANISMO** Busca recuperar plata, zinc, cobre, oro, galio e indio.
- EVIDENCIA** Inversión anunciada de USD 315 millones y recuperación de plata superior al 94% en pruebas. En desarrollo.
- LECTURA** El pasivo de un siglo puede financiar su propia remediación.

5.5 Minería secundaria HIGH-TECH

MINSUR, PLANTA B2 · PERÚ · GRAN EMPRESA

Reprocesa la antigua relavera de San Rafael (Puno). En 2025 trató 893,536 t de relave y produjo 7,782 t de estaño fino. Minsur no publica los ingresos de la planta por separado.

Fuentes: Amerigo Resources, resultados 2025 (Minera Valle Central) · Minsur, Memoria Integrada 2025, p. 31 · Rumbo Minero y Redimin (Quiulacocha).

MINERÍA RESPONSABLE · CASOS

Lecosur y EcoMetales vuelven ladrillo el relave y cobre el polvo de fundición.

Lecosur

PERÚ · MYPE

- CONTEXTO** Hay relaves sin uso y obras comunitarias que necesitan ladrillo barato.
- MECANISMO** Fabrica ladrillos encajables con relave encapsulado, sin horno.
- EVIDENCIA** Planta piloto de 16,000 a 22,000 ladrillos al día. Sin cifras verificadas de ahorro.
- LECTURA** Una MYPE puede ser el socio de construcción de una gran mina, si prueba con ensayos que el metal no lixivia.

1.2 Insumo secundario

En red · Intercambio

MID-TECH

EcoMetales (Codelco)

CHILE · FILIAL DE GRAN EMPRESA

- CONTEXTO** Las fundiciones de Chuquicamata y Ministro Hales generan polvos con cobre y arsénico.
- MECANISMO** En Calama recupera metales y estabiliza el arsénico con hidrometalurgia.
- EVIDENCIA** Más de 134,000 t de cobre recuperadas desde 2007, según su reporte de 2024.
- LECTURA** Recuperar y estabilizar en un mismo proceso resuelve a la vez el valor y el riesgo.

5.5 Minería secundaria

HIGH-TECH

MINERÍA ARTESANAL Y DE PEQUEÑA ESCALA: EL ORO TRAZABLE

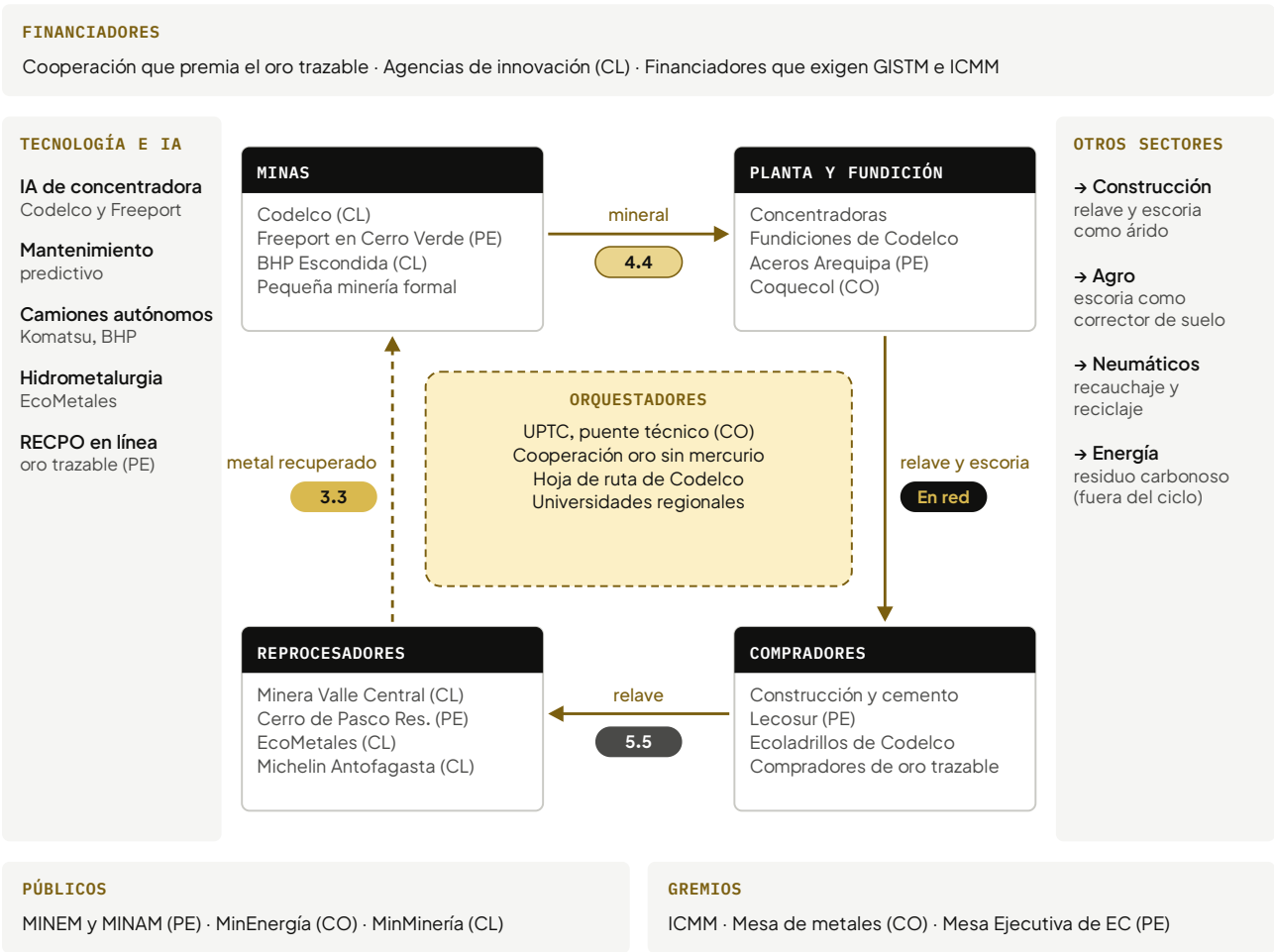
En la minería aurífera artesanal, la circularidad empieza por la trazabilidad y el fin del mercurio. En Perú, el **RECPO en línea** del MINEM registra las transacciones de oro artesanal, con apoyo de la cooperación internacional. Programas de cooperación en Perú, Colombia y Bolivia premian en el mercado el oro trazado y acompañan a miles de mineros artesanales.

Fuentes: Infomercado y La República (2022, Lecosur) · EcoMetales, Reporte 2024 · planetGOLD (2022) · Cooperación Suiza · Minambiente (GEF Gold).

MINERÍA RESPONSABLE · MAPA DE ACTORES DEL ECOSISTEMA

El corredor minero es el ecosistema, y la gran mina es el ancla que arrastra a sus proveedores.

El mapa ubica por rol a los actores de Perú, Colombia y la región citados en esta ficha. Las píldoras marcan dónde actúan las oportunidades prioritarias (p. 8).



Adaptación de Redesign Lab a partir de Nordic Innovation (2022). Lista ilustrativa, no exhaustiva.

Fuentes: Ecometales · Rumbo Minero · Infomercado · Reporte Minero · Aceros Arequipa · Mine Academy (Michelin) · Codelco, Memoria Anual Integrada 2025 · McKinsey · planetGOLD · Holland & Knight (2026).

Tres brechas frenan el corredor minero: las reglas, el proveedor local y el comprador de árido.

La gran mina ya es el ancla. Lo que falta son las piezas que conectan sus residuos y sus metas con los proveedores y compradores del corredor.

01 Reglas

El reprocesador necesita un permiso claro para operar sobre relaves ajenos. Perú abrió los pasivos a la inversión privada y Colombia tiene un proyecto de permiso.

02 Proveedor local

Recauchar y remanufacturar exige talleres certificados cerca de la mina. Las metas de la gran empresa son la demanda que los financia.

03 Comprador de árido

El relave como ladrillo necesita un constructor dispuesto y una norma técnica. La universidad regional puede hacer de puente técnico.

Las metas de la gran minera **son la demanda** que financia al taller local y al comprador de árido.

MINERÍA RESPONSABLE · SINERGIAS INTERSECTORIALES

Lo que la minería descarta ya tiene comprador en la construcción, el cemento y el agro.

Lo que la minería descarta y quién lo usa, ordenado por su destino en la jerarquía de valor.

FLUJO	QUIÉN LO USA	EVIDENCIA	DESTINO EN LA JERARQUÍA
Relaves	Construcción	Ecoladrillos de Codelco con 85% de arena de relave. Lecosur en Tacna.	Material (1.2 del receptor)
Escorias	Cemento y agro	Aceros Arequipa aprovecha y dona su escoria como ecogravilla. La escoria sirve de sustituto de marga y corrector de acidez del suelo.	Material, con análisis de metales
Polvos de fundición	Recuperador de metales	EcoMetales recuperó más de 134,000 t de cobre desde 2007.	Material, ciclo cerrado
Neumáticos gigantes	Recauchador y reciclador	La planta de Michelin en Antofagasta procesa más de 2,200 neumáticos mineros al año.	Extensión de vida · Material
Residuos carbonosos	Termoeléctrica	Coquecol, Sochagota y la UPTC aprovecharon unas 276,620 t entre 2022 y 2024 en Boyacá.	Energía, fuera del ciclo

Relaves y escorias son material para otro sector solo con análisis de metales. Los residuos carbonosos son energía, fuera del ciclo.

Fuentes: Reporte Minero (2024) · Aceros Arequipa · EcoMetales, Reporte 2024 · Mine Academy (Michelin) · Boyacá 7 Días (2024, Coquecol).

La IA en la concentradora es eficiencia: su aporte circular está en el agua y en el relave evitado.

Error que corrige: la variabilidad de la planta deja metal en el relave y consume agua y energía de más.

01 Codelco

Más de 20 iniciativas de IA en 2025, con beneficios superiores a USD 80 millones, según la prensa. El Teniente recuperó unos 7,500 m³ de agua.

02 Freeport

Un punto más de recuperación de cobre en Bagdad, modelo luego escalado a Cerro Verde (Perú).

03 Mantenimiento predictivo

Alarga la vida de flota y componentes: ese uso sí alimenta la extensión de vida útil (4.1).

EFICIENCIA NO ES CIRCULARIDAD

La IA de concentradora estrecha el flujo sobre mineral virgen. Mejora N4, N5 y N6, no N1 ni N2. Repórtela en esos indicadores y en toneladas absolutas de relave generado. Si sube N4 y sube N8, hay rebote.

RUTA MYPE Y PROVEEDOR · NIVEL 2

Registrar horas, fallas y vida de cada componente o neumático que se atiende. Ese dato es la base para vender desempeño. Pasar al nivel 3 solo con un contrato que lo financie.

RUTA GRAN EMPRESA · NIVEL 4

Optimización de concentradora, agua y espesadores con datos de planta, y mantenimiento predictivo compartido con proveedores bajo contrato por desempeño.

Fuentes: Diario Financiero y Guía Minera (Codelco) · McKinsey (Freeport). Niveles de madurez en IA: Herramienta 04.

Perú regula el relave y abrió sus pasivos a la inversión privada, sin hoja de ruta minera.

Ningún país de la región tiene hoja de ruta minera por decreto. La regla que importa es quién puede reprocesar.

ÁMBITO	INSTRUMENTO	QUÉ EXIGE O HABILITA	PARA LA EMPRESA
Perú	Ley 31211 y DS 031-2023-EM	Regulan el transporte y la disposición final de relaves.	Base legal del manejo del relave
Perú	DL 1670, pasivos ambientales mineros	Abre su remediación y reaprovechamiento a la inversión privada.	Ventana para reprocesar pasivos
Perú	Hoja de Ruta Nacional de EC al 2030 y Mesa Ejecutiva de EC (2026)	El MINEM integra la mesa. No hay hoja de ruta minera sectorial.	Canal para las barreras del reprocesamiento
Perú	RECPO en línea del MINEM	Registra en tiempo real las transacciones de oro de la minería artesanal, con apoyo de la cooperación internacional.	Trazabilidad para vender oro sin mercurio

El DL 1670 abre una ventana para reprocesar pasivos: es la regla que más mueve el caso en Perú.

Fuentes: El Peruano (Ley 31211 y DS 031-2023-EM) · Revista Minería (2026, DL 1670) · El Peruano (RM 253-2026-EF/10) · planetGOLD (2022).

MINERÍA RESPONSABLE · REGULACIÓN EN COLOMBIA, CHILE Y ESTÁNDARES GLOBALES

Colombia prepara un permiso de aprovechamiento secundario, y Chile empuja por plan y por metas.

ÁMBITO	INSTRUMENTO	QUÉ EXIGE O HABILITA	PARA LA EMPRESA
Colombia	Proyecto de resolución de MinEnergía (2026) y Ley 2250 de 2022	Crea el permiso minero de aprovechamiento secundario. Solo permite cianurar colas auríferas si antes se remueve al menos el 75% del mercurio.	Certeza para el reprocesador
Colombia	Mesa nacional de metales de la Estrategia de EC (2024)	Espacio público y privado para los flujos metálicos.	Interlocución sectorial
Chile	Plan Nacional de Depósitos de Relaves (2022) y REP de neumáticos	Catastro y reprocesamiento de depósitos. Meta de que el 100% de los neumáticos mineros recircule a 2030.	Referencia regional de política
Global	GISTM (2020) y guía de agua del ICMM (2021)	El GISTM regula la seguridad de relaves, no su circularidad. El ICMM fija las métricas de agua.	Estándar que exigen los financiadores

HOJA DE RUTA SECTORIAL

La referencia más cercana es corporativa: la hoja de ruta de economía circular de Codelco (2026), con la meta de valorizar el 70% de sus residuos no peligrosos a 2030 y 18 iniciativas a 2026 que crecen a 54 a 2030.

PARA EL PROVEEDOR

Las metas de la gran minera se trasladan a su cadena: recauchaje, remanufactura y compra de subproductos. Es la demanda que justifica invertir en un taller o en una planta de árido.

Fuentes: Holland & Knight (2026, Colombia) · Minambiente (mesas de EC) · MinMinería Chile (2022) · Rumbo Minero (neumáticos) · PNUMA (GISTM) · ICMM (2021) · Codelco (2026).

MINERÍA RESPONSABLE · MEDICIÓN Y EVIDENCIA

El relave se reporta aparte para que su masa no esconda el resto de la circularidad.

La masa de relaves domina cualquier cálculo de circularidad minera. Por eso se mide como indicador separado, junto al agua, los componentes y el material virgen.

INDICADOR	PEQUEÑA MINERÍA Y MYPE	VERSIÓN GRAN EMPRESA	EVIDENCIA QUE GUARDAR
% de agua recirculada y % de agua de fuentes circulares	Medidor de recirculación	Métricas ICMM 2021 y CTI agua, por cuenca	Lecturas y balance hídrico
t de relaves o desmontes reprocesados o valorizados sobre t generadas	Volumen vendido como árido u otro uso	Indicador separado del % de circularidad material	Contrato, guía y ensayo de lixiviación
% de insumos con contenido reciclado	Neumáticos recauchados sobre totales	Bolas de molienda, neumáticos y repuestos	Certificado del proveedor
Vida útil real de componentes críticos	Horas por neumático o pieza	Por flota y planta, con datos de condición	Registro de mantenimiento
N8 y t absolutas de relave generado	t de mineral procesado al año	Variación absoluta, junto a N4	Balance metalúrgico

HERR. 06

Indicadores (Excel). Calcule N1 a N8, el agua circular y los relaves valorizados como indicador separado.

Fuentes: ICMM, *Water Reporting* (2021) · PNUMA, PRI e ICMM, GISTM (2020) · WBCSD, CTI v4.0 · ISO 59020 (2024).
Indicadores sectoriales: propuesta de este playbook.

La eficiencia de planta va en N4, N5 y N6, y el carbón quemado cuenta cero en N2.

El relave **se mide aparte**, para que su masa no esconda el resto de la circularidad.

REGLAS DE CONTEO

La IA de concentradora se reporta en N4, N5 y N6, no en N1 ni N2. La co-combustión de residuos de carbón es energía, fuera del ciclo: cuenta 0% en N2. Sin constancia del receptor, la recuperación real es 0%.

RIESGO DE TRASLADO DE CONTAMINACIÓN

Relaves y escorias pueden lixiviar metales en el ladrillo o el suelo. Guarde el ensayo de cada lote antes de venderlo.

LÍMITES DE LOS CLAIMS

No llame "minería circular" a la eficiencia de planta. No presente el cumplimiento del GISTM como circularidad: es seguridad.

Un "cobre verde" o "bajo en carbono" necesita indicador, frontera y verificación. Desde septiembre de 2026, la Directiva 2024/825 prohíbe en la UE los claims de neutralidad basados en compensaciones.

Toda cifra externa debe decir si es estimada, documento interno o verificada por un tercero.

MINERÍA RESPONSABLE · PRIMEROS 90 DÍAS

En 90 días el proveedor puede ofrecer desempeño y la gran minera caracterizar su relave.

La ruta empieza por medir lo que ya existe: horas de cada componente, agua de cada proceso y metal de cada depósito.

RUTA MYPE, PROVEEDOR Y PEQUEÑA MINERÍA

Días 1 a 30 · Registrar. Horas, fallas y vida de cada neumático o componente atendido. En pequeña minería, registro en el RECPO.

Días 31 a 60 · Ofrecer. Proponer recauchaje o remanufactura con garantía, o un ladrillo con relave o escoria con ensayo de lixiviación.

Días 61 a 90 · Piloto. Un contrato por hora o por resultado con una mina. En oro artesanal, un lote recuperado sin mercurio.

RUTA GRAN EMPRESA

Días 1 a 30 · Línea base. Agua recirculada, relave generado en toneladas absolutas, N4 y N8. Separar el relave del resto.

Días 31 a 60 · Caracterizar. Evaluar el reprocesamiento de relaves propios y ajenos, y la venta de relaves y escorias a la construcción.

Días 61 a 90 · Metas. Fijar una meta de valorización, como el 70% de Codelco, y trasladarla a los contratos de proveedores.

La inversión llega **cuando el ensayo y el comprador la justifican.**

Rutas: estimación de este playbook a partir de los casos de la ficha y de la Etapa 5 del Playbook Circular LatAm (hoja de ruta y piloto). Metas de madurez en IA: Herramienta 04.

MINERÍA RESPONSABLE · SEÑALES Y ERRORES

Al día 90, tres señales dicen si la ruta funcionó y tres errores la detienen.

Señales de que funcionó al día 90

100%

RELAVE MEDIDO

Toneladas absolutas de relave generado, separadas del resto.

1

CONTRATO POR DESEMPEÑO

Un componente o neumático pagado por hora o por resultado.

1

ENSAYO HECHO

Caracterización del depósito o lixiviación del producto de construcción.

Tres errores que conviene evitar

- ✗ **IA no es circularidad.** Reporte la IA de concentradora en N4, N5 y N6, no en N2.
- ✗ **Árido sin ensayo.** Vender relave como árido sin ensayo de lixiviación traslada la contaminación.
- ✗ **Carbón no es material.** La co-combustión de residuos de carbón es energía, fuera del ciclo: 0% en N2.

TRES PREGUNTAS PARA EL CANVAS · HERRAMIENTA 07

¿Qué depósito propio o ajeno guarda metal que hoy no recupera? ¿Qué componente podría comprar por hora o por resultado? ¿Qué constructor de la región podría usar su relave o su escoria?

Rutas: estimación de este playbook a partir de los casos de la ficha y de la Etapa 5 del Playbook Circular LatAm (hoja de ruta y piloto). Metas de madurez en IA: Herramienta 04.

El relave que hoy se deposita es su mina secundaria.

Medirlo, caracterizarlo y encontrarle un reprocesador o un constructor abre la puerta a lo que retiene más valor: metal recuperado, equipos que duran y agua que vuelve. Las herramientas del toolkit convierten esta ficha en decisiones.

TOOLKIT SUGERIDO PARA MINERÍA RESPONSABLE

HERR. 01

Desarrollo de modelo de negocio: califique las cinco ineficiencias y elija submodelos.

HERR. 02

Caso de valor: reprocesar relaves o vender desempeño.

HERR. 04

Tecnología e IA: concentradora y mantenimiento predictivo.

HERR. 06

Indicadores: agua, relave como indicador separado y N8.

HERR. 09

Socios del ecosistema: reprocesadores, talleres y constructores.

HERR. 11

Hoja de ruta: lleve los 90 días a tres fases con hitos y responsables.

INVITACIÓN

Circular Club diagnostica flujos de materiales, diseña modelos de negocio circulares y acompaña pilotos con métricas auditables, alineadas con la familia ISO 59000. Si su empresa, gremio o territorio quiere probar una de las tres oportunidades de esta ficha, escribanos.