



Tecnologías sostenibles para la gestión de residuos del sector minero

INFORME DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA

Contenido

Desarrollos tecnológicos relevantes	4
Dispositivo de tratamiento de residuos mineros	5
Equipos y métodos de tratamiento de carbonización para biomasa minera	6
Proceso para obtener una fracción de hierro/carbono enriquecido a partir del crecimiento de nanofibras de carbono en relaves mineros	7
Método para el acondicionamiento de residuos ácidos por cementación	8
Tratamiento de relaves	9
Proceso de tratamiento de relaves	9
Métodos y sistemas de deshidratación de relaves	10
Método de mecanizado para lograr el tratamiento automático de relaves basado en el corte de tuberías por láser	11
Uso de minerales finos para reducir el contenido de clínker de las composiciones del cemento	12
Dispositivo de trituración de rocas para el tratamiento de residuos mineros	13
Minería de nuestro futuro verde	14
Elementos de tierras raras a partir de residuos	15
Potencial para eliminar metales pesados y cianuro de las aguas residuales de la minería de oro utilizando biochar	17
Destilación por membrana y extracción con disolvente dispersivo en un proceso de circuito cerrado para el reciclaje de agua, ácido sulfúrico y cobre de aguas residuales de minería de oro	18
El biocarbón mitiga la biodisponibilidad y los riesgos ambientales del arsénico en los relaves de la minería de oro del este de la Amazonía	19
Ladrillos activados por álcali hechos con relaves de mineral de hierro de desechos mineros	20
Residuos mineros para mejorar el rendimiento de Bitumen: un ejemplo de economía circular	21
Análisis de Oportunidades	22
La solución XRT de TOMRA crea valor a partir de los residuos en Mina Esperanza de Caravelí-Perú	23
LKAB y Boliden colaboran para reciclar residuos mineros y crear productos circulares	25
Los flujos de residuos de la mina de litio Keliber se utilizarán como agregados en instalaciones de producción de hormigón de alta tecnología	26

Metso Outotec suministrará tecnología VSFX para la planta de reciclaje de baterías Li-Cycle	28
Una nueva investigación de la Universidad de Australia del Sur podría transformar la forma en que los elementos de tierras raras y otros metales vitales de la batería se recuperan de la tierra	29
La biorremediación podría ser una solución a los relaves mineros – Averda SA	30
Centros de desarrollo tecnológico	32
Principales centros de investigación	33
Principales investigadores	33
Principales inventores	34
Campos tecnológicos de aplicación	35
Principales áreas tecnológicas	36
Países más prolíficos en el desarrollo tecnológico	36
Principales áreas tecnológicas	37



Desarrollos tecnológicos relevantes

Dispositivo de tratamiento de residuos mineros



[CN209752978U](#)



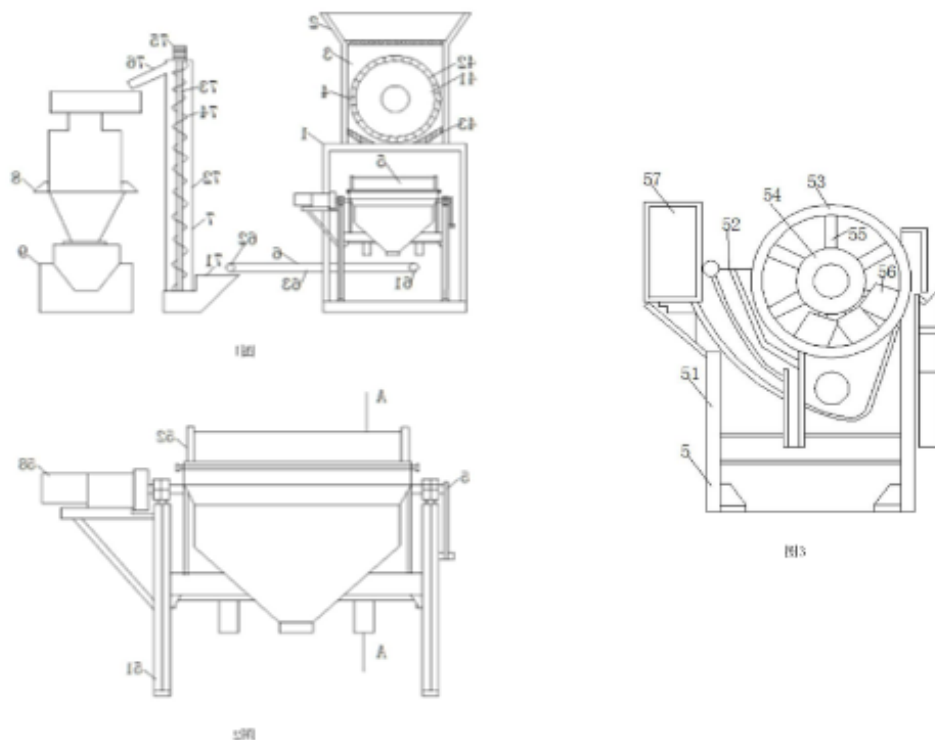
YANGZHOU RUNYIMIN INFORMACIÓN TÉCNICA CO LTD



10/12/2019

El modelo de utilidad pertenece al campo técnico de los equipos de minería. El modelo de utilidad se refiere a un dispositivo de tratamiento de residuos mineros. El dispositivo consta de un bastidor, una tolva de alimentación está dispuesta en la parte superior del bastidor, una caja de trituración está dispuesta debajo de la tolva de alimentación, una trituradora está dispuesta en una cavidad interna de la caja de trituración, un separador magnético está dispuesto debajo de la caja de trituración, un transportador dispuesto en el lado derecho del separador magnético, un elevador está dispuesto en el lado derecho del transportador, un horno de fundición está dispuesto en el lado derecho del ascensor y un dispositivo de enfriamiento de escoria está dispuesto en el horno de fundición. El modelo de utilidad tiene un diseño novedoso, la estructura es razonable, la roca de desecho y los relaves son aplastados por la trituradora; luego, el mineral que contiene metal se separa a través de un separador magnético; la escoria ingresa al horno de fundición a través del transportador y el elevador, el metal se extrae después de que la escoria se funde en el horno de fundición, y la escoria ingresa al dispositivo de enfriamiento de escoria del horno de fundición, es tratada por el dispositivo de recuperación de gas de cola, el dispositivo de circulación de agua de enfriamiento y el dispositivo de recuperación de calor residual en el dispositivo de enfriamiento de escoria y luego se convierte en una materia prima capaz de ser refundida después de ser devuelta al horno.

Figura 1



FUENTE: ESPACENET

Equipos y métodos de tratamiento de carbonización para biomasa minera



[CN113944933A](#)



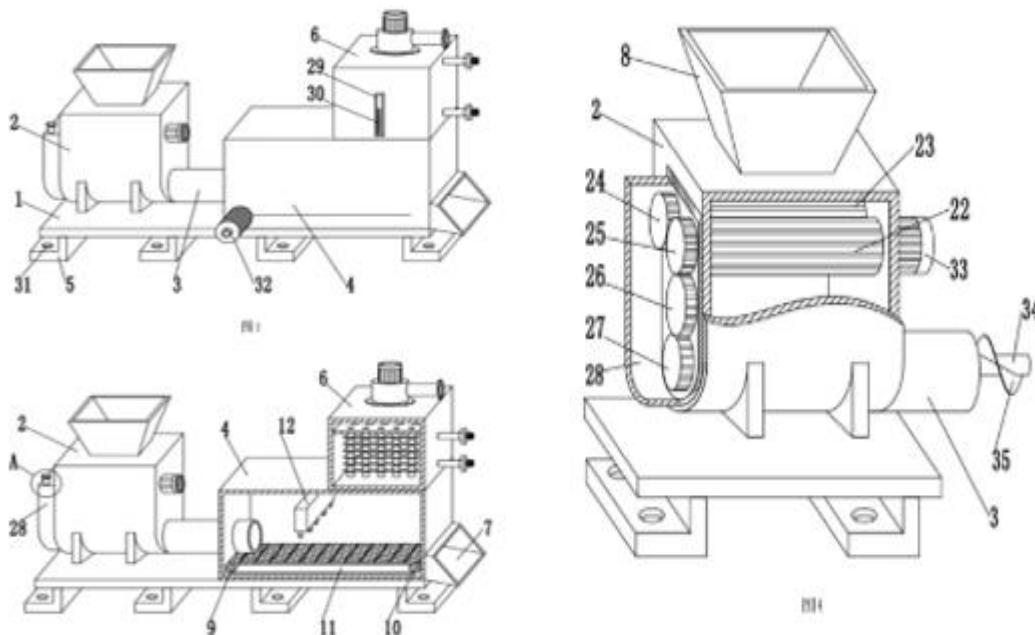
CHUZHOU FANGDA MINERÍA DEV CO LTD



18/01/2022

La invención se refiere al campo técnico del tratamiento de residuos mineros, en particular a los equipos de tratamiento de carbonización para la minería de residuos de biomasa y un método de tratamiento de los mismos. El equipo de tratamiento de carbonización comprende una placa inferior, en la que una carcasa de trituración y una carcasa de carbonización se sueldan a la pared exterior de la parte superior de la placa inferior, se suelda una tubería de conexión entre la carcasa de trituración y la carcasa de carbonización, un rodillo de trituración de accionamiento y un rodillo de trituración accionado están conectados entre las paredes internas de los dos lados de la carcasa de trituración a través de rodamientos, un extremo de un eje de conexión del rodillo de trituración de accionamiento penetra en la carcasa de trituración que debe estar provista de un engranaje de accionamiento en modo soldado, un extremo de un eje de conexión del rodillo de trituración accionado penetra en la pared exterior de un lado de la carcasa de trituración para ser provisto de un engranaje accionado en modo soldado, las mallas del engranaje de accionamiento con el engranaje accionado, y una columna de rodillo de conducción y una columna de rodillos accionados están conectadas entre las paredes internas de los dos lados de la carcasa de carbonización a través de rodamientos. De acuerdo con el equipo de tratamiento de carbonización, los residuos de biomasa minera se Trituran utilizando el rodillo de trituración de accionamiento y el rodillo de trituración accionado, de modo que los residuos de biomasa minera se incineran y carbonizan, y se logran los efectos de una alta eficiencia de carbonización y una alta calidad de carbonización de los residuos de biomasa minera.

Figura 2



FUENTE: ESPACENET

Proceso para obtener una fracción de hierro/carbono enriquecido a partir del crecimiento de nanofibras de carbono en relaves mineros



[AU2020205337A1](#)



UNIV FEDERAL DE MINAS GERAIS UFMG



04/02/2021

Proceso para obtener una fracción enriquecida en hierro/carbono a partir del crecimiento de nanofibras de carbono en relaves minero La presente invención se refiere a un proceso para el crecimiento de nanofibras de carbono en relaves mineros de hierro que se pueden separar en una fracción enriquecida en hierro/carbono y otra fracción enriquecida con sílice y otros compuestos químicos. El proceso de la presente invención comprende una etapa de reducción y deposición de carbono que consiste en el tratamiento térmico de los relaves en presencia de una atmósfera que contenga alguna fuente de carbono volátil, una etapa de dispersión/agitación reducida de los relaves y una etapa de separación magnética, para obtener materiales de alto valor añadido tras la formación de nanofibras de carbono. Los materiales obtenidos tienen un contenido de carbono entre 40-67%.

Figura 3

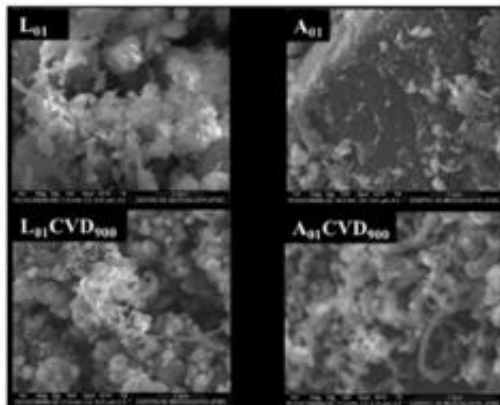


Figure 1

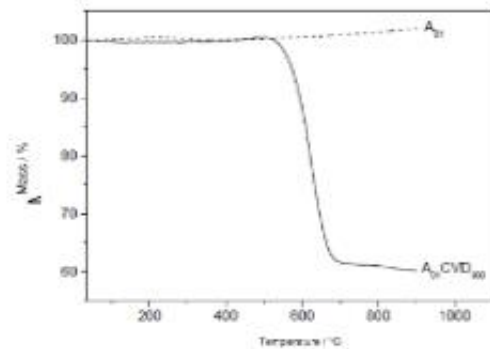


Figure 7

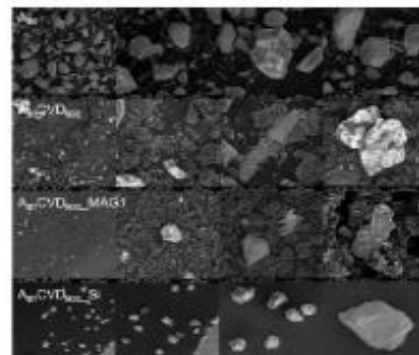
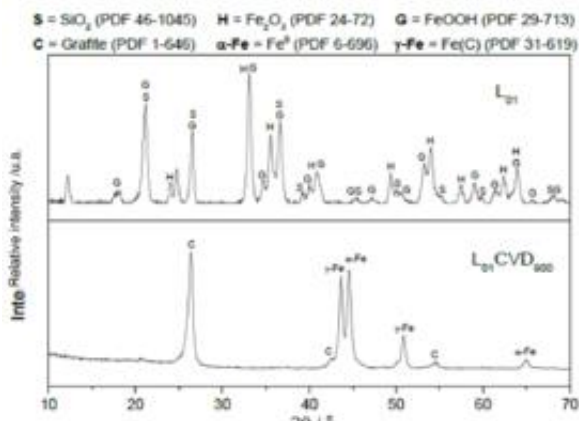


Figure 8

FUENTE: ESPACENET

Método para el acondicionamiento de residuos ácidos por cementación



[US2022048824A1](#)



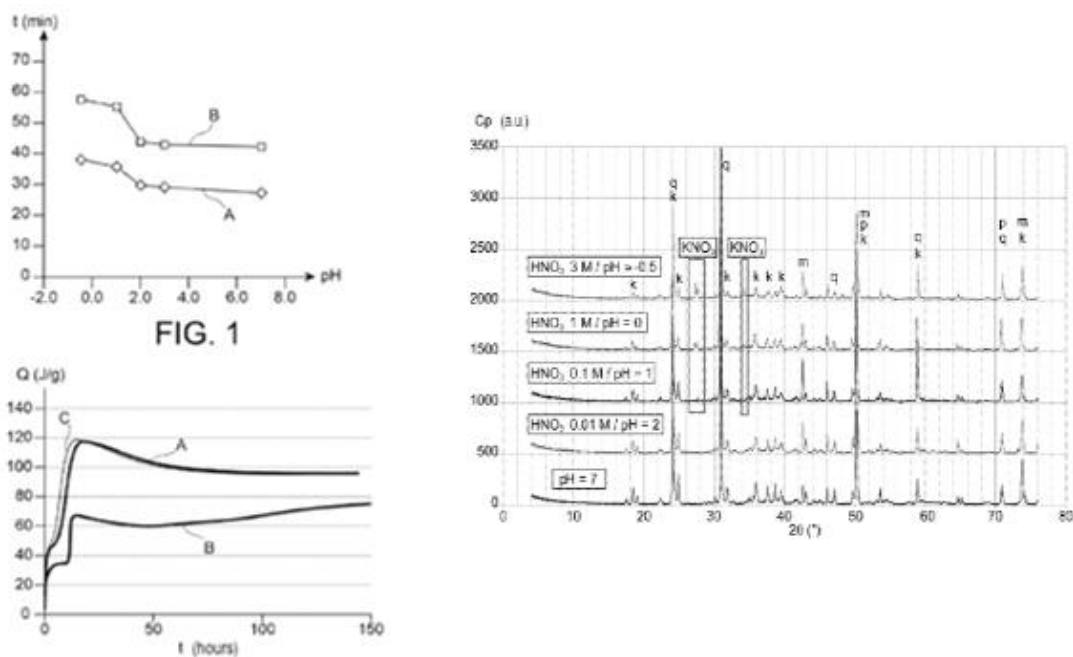
UNIV GUSTAVE EIFFEL



17/02/2022

Un método para acondicionar un residuo ácido por cementación, en el que el residuo ácido se elige entre líquidos que tienen un pH no superior a 4, semilíquidos que tienen un pH no superior a 4, sólidos cuya disolución parcial o total en agua conduce a una solución o suspensión que tiene un pH no superior a 4, y sus mezclas, cuyo método comprende las etapas de: a) preparar una pasta de cemento que tenga como componentes al menos: un cemento de fosfato de magnesio y los residuos ácidos, y b) endurecer la pasta de cemento así obtenida, y se caracteriza en que en la etapa a), la pasta de cemento se prepara sin someter previamente los residuos ácidos a ningún tratamiento que consista en reducir la acidez de los mismos.

Figura 4



FUENTE: ESPACENET

Tratamiento de relaves



[US2019337825A1](#)



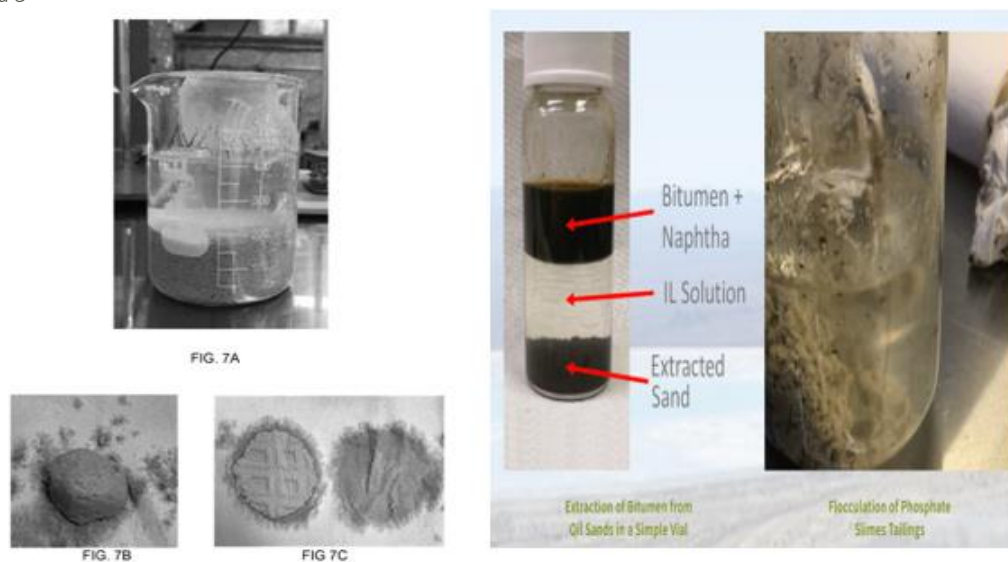
EXTRAKT SOLUCIONES DE PROCESO LLC



07/11/2019

Se divulgan los procesos de consolidación de relaves, como los de minerales metálicos y no metálicos. Los procesos incluyen la mezcla de relaves con una alta concentración de una sal altamente soluble en agua o una solución acuosa de la misma para desestabilizar y consolidar sólidos en los relaves y separar los sólidos consolidados del agua de proceso.

Figura 5



FUENTE: ESPACENET

Proceso de tratamiento de relaves



[WO2022015562A1](#)



DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC

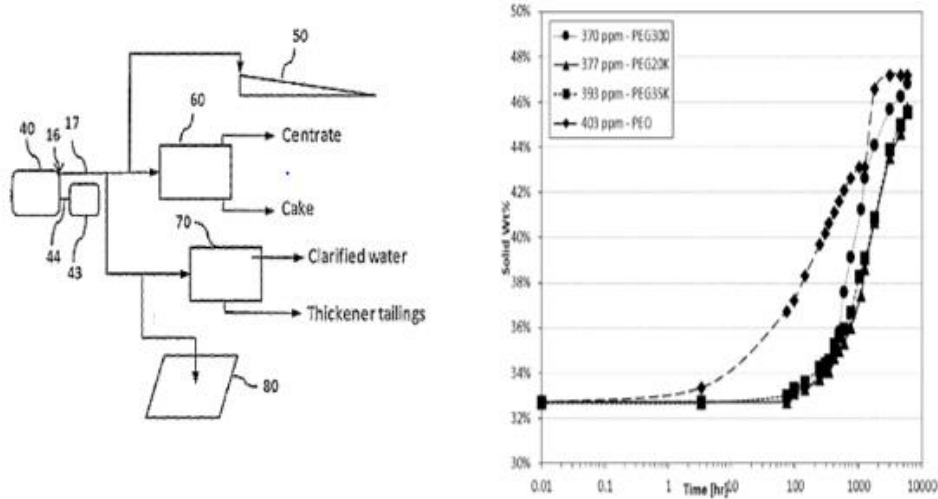


20/01/2022

Las realizaciones se refieren a un proceso continuo para el tratamiento de relaves que incluye el suministro de relaves para el tratamiento que tienen al menos un 10 % en peso de sólidos, proporcionando un aparato de mezcla que tiene una primera entrada para alimentar los relaves, una segunda entrada para alimentar un floculante líquido sin dispersión que incluye un polietilenglicol que tiene un peso molecular promedio de peso de 100 g / mol a 2,000 g / mol, y una salida para una mezcla de los relaves y el floculante líquido sin dispersión, introduciendo continuamente en el aparato de mezcla los relaves a través de la primera entrada y el floculante líquido sin dispersión a través de la segunda entrada, y permitiendo que los relaves y el floculante

líquido sin dispersión se mezclen para formar la mezcla de los relaves y el floculante líquido sin dispersión.

Figura 6



FUENTE: ESPACENET

Métodos y sistemas de deshidratación de relaves



[WO2022053932A1](#)



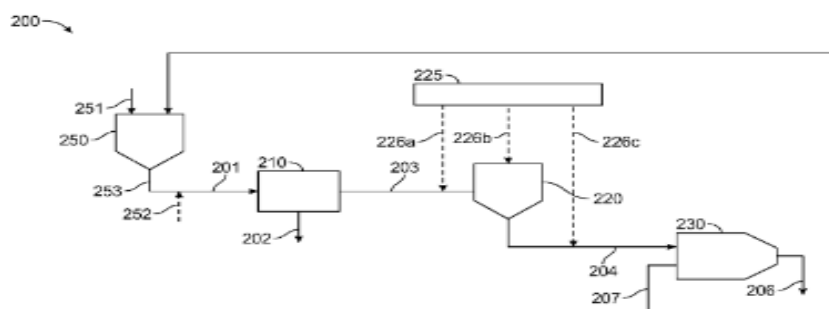
DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC



17/03/2022

Métodos de deshidratación de relaves, incluidos los arroyos de relaves que pueden incluir arcilla, partículas ultrafinas o ambas. Los métodos pueden incluir proporcionar una corriente de relaves, deshidratar la corriente de relaves con un aparato de deshidratación para producir una primera torta y corriente de efluente residual, poner en contacto la primera corriente de efluente residual con uno o más aditivos y deshidratar la primera corriente de efluente residual con una centrífuga de tazón sólido para producir una segunda torta y corriente de efluente residual. Los métodos pueden incluir proporcionar una corriente de relaves, contactar la corriente de relaves con uno o más aditivos y deshidratar la corriente de relaves con una centrífuga de tazón sólido para producir una primera torta y corriente de efluente residual.

Figura 7



FUENTE: ESPACENET

Método de mecanizado para lograr el tratamiento automático de relaves basado en el corte de tuberías por láser



[CN113878245A](#)



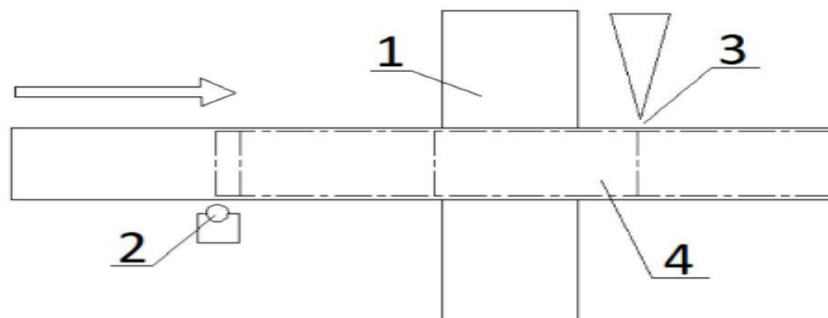
SYNTEC TECH SUZHOU CO LTD



04/01/2022

La invención divulga un método de maquinado para lograr un tratamiento automático de relaves basado en el corte de tubería por láser. El método de mecanizado comprende los siguientes pasos: (1) se establece el margen de sujeción de un mandril, se dispone un sensor y se mide la distancia entre el sensor y un punto original; (2) se inicia el mecanizado, se ingresan los parámetros y se calcula el número de veces que se pueden cortar los relaves; (3) el sensor se usa para detectar una tubería, y se juzga si la tubería ingresa a la etapa de tratamiento de relaves o no; y (4) después de que el número de tiempos de corte de los relaves alcance el número de veces calculado, los relaves restantes se descargan automáticamente. De acuerdo con el método de mecanizado para lograr el tratamiento automático de los relaves basado en el corte de tuberías con láser, no es necesario considerar la longitud de la tubería, ya sea que la tubería se mecanice hasta el momento cercano a los relaves o no se detecte a través del sensor, la frecuencia de mecanizado de los relaves restantes se calcula automáticamente, los relaves restantes se tratan, se puede lograr el proceso de tratamiento automático de relaves, los materiales se ahorran al máximo y se logra el mecanizado circular.

Figura 8



FUENTE: ESPACENET

Figura 9



FUENTE: MADE IN CHINA

Uso de minerales finos para reducir el contenido de clínker de las composiciones del cemento



[US2022017419A1](#)



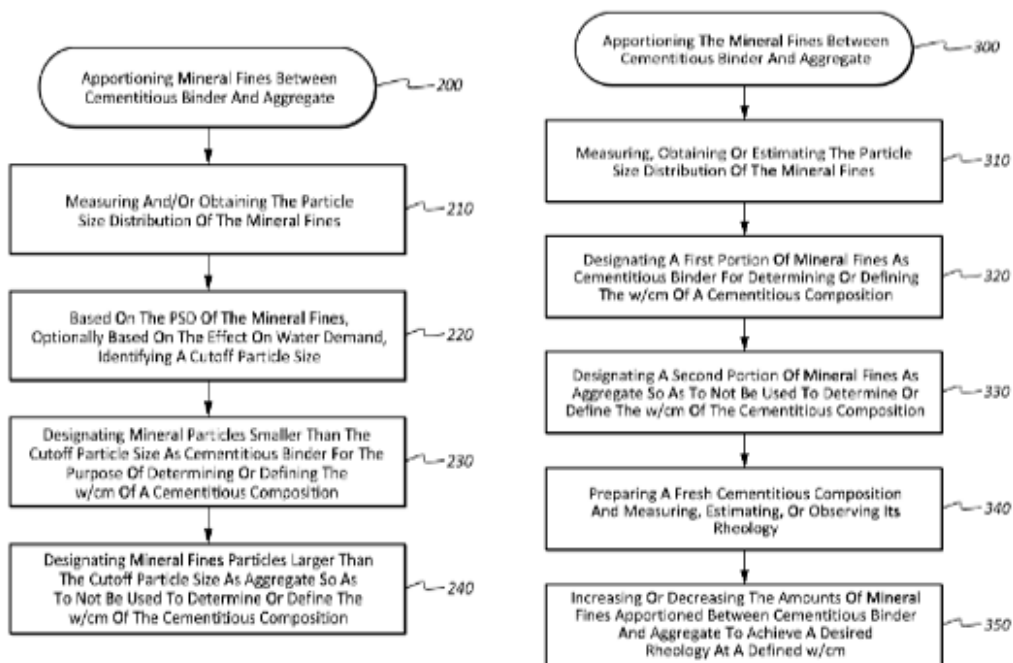
CEMENTO ROMANO, LLC



20/01/2022

Los finos minerales reducen el contenido de OPC en concreto, mortero y otras composiciones cementicias, generalmente en combinación con un SCM puzolánico activo. Los finos minerales pueden reemplazar y / o aumentar una porción de cemento hidráulico y / o agregado fino. Los finos minerales pueden reemplazar una porción de aglutinante de cemento y agregado fino como un intermediario que llena un vacío de tamaño entre las partículas de cemento más grandes y las partículas de agregado fino más pequeñas. La cal suplementaria puede mejorar el equilibrio de iones de calcio en la mezcla de agua y / o solución de poros. El sulfato suplementario puede abordar las deficiencias de sulfato causadas por una alta reducción de clínker, el uso de reductores de agua y / o superplastificantes, y los SCM que contienen aluminatos. El dióxido de carbono (CO₂) concentrado o puro se puede utilizar para pasivar valores alcalinos en materiales altamente alcalinos, como finos de lavado de concreto, ERC, cenizas de clase C, cenizas de incinerador, cenizas de fondo o cenizas de biomasa. La pasivación o secuestro de CO₂ se puede llevar a cabo antes, durante o después de formar una mezcla inicial de hormigón.

Figura 10



FUENTE: ESPACNET

Dispositivo de trituración de rocas para el tratamiento de residuos mineros



[CN215612259U](#)



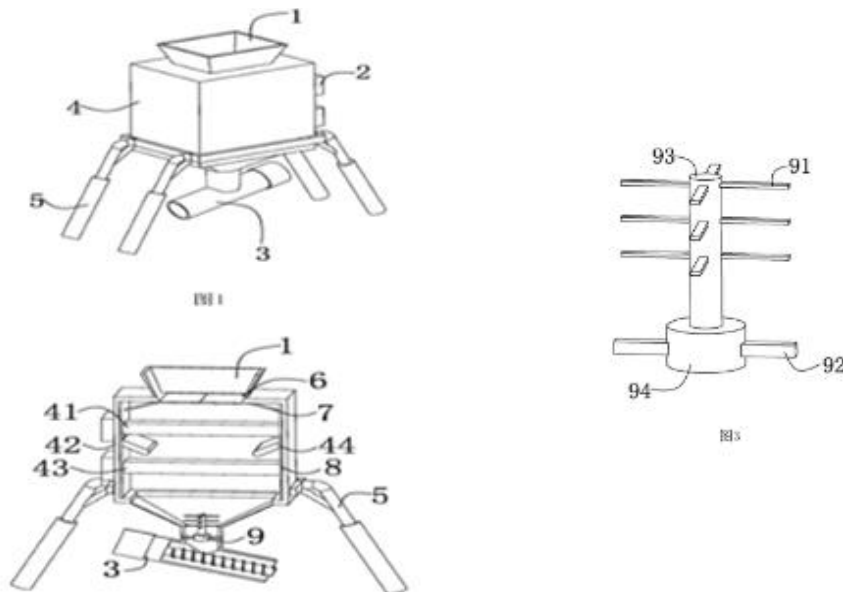
YUNNAN JINDING ZINC IND CO LTD



25/01/2022

El modelo de utilidad revela un dispositivo de trituración de piedra para el tratamiento de rocas residuales de minas, y se relaciona con el campo técnico de la minería. El dispositivo de trituración comprende una pieza de descarga, un conjunto de trituración, una cubierta a prueba de polvo, una varilla de resorte y una pieza de agitación, la parte superior del conjunto de trituración está conectada fijamente con un puerto de alimentación, el lado exterior del conjunto de trituración está conectado de forma desmontable con un motor, la parte inferior del conjunto de trituración está conectada de forma desmontable con la pieza de descarga y una varilla de soporte, y la parte superior del conjunto de trituración está conectada rotacionalmente con la cubierta a prueba de polvo; una varilla de resorte se conecta rotativamente a la parte inferior de la cubierta a prueba de polvo, una placa silenciadora se conecta fijamente a la pared interior del conjunto de trituración, una pieza de agitación se conecta de forma desmontable al interior de la pieza de descarga, la columna giratoria se fija a un eje de salida de la máquina de transmisión y se distribuyen múltiples conjuntos de dientes de agitación en la pared exterior de la columna giratoria. De acuerdo con el dispositivo de trituración de piedra, la cubierta a prueba de polvo está conectada rotacionalmente a la parte superior del conjunto de trituración, la pieza de agitación está conectada rotacionalmente a la pieza de descarga, y se resuelven los problemas de que un dispositivo de trituración de piedra existente no tiene buenos efectos a prueba de polvo y salpicaduras, y un puerto de descarga del dispositivo de trituración de piedra existente es propenso a bloquearse.

Figura 11



FUENTE: ESPACENET

Minería de nuestro futuro verde



[Materiales de Nature Reviews](#)



Herrington, R.



25/05/2021

La revolución de la energía verde depende en gran medida de las materias primas, como el cobalto y el litio, que actualmente se obtienen principalmente de la minería. Debemos evaluar cuidadosamente los suministros aceptables para estos metales para garantizar que las tecnologías verdes sean beneficiosas tanto para las personas como para el planeta.

En 2020, en medio de la crisis de COVID-19, la iniciativa Great Reset del Foro Económico Mundial destacó la encrucijada que enfrenta la sociedad para su reconstrucción posterior a la pandemia en el contexto de las emergencias climáticas y planetarias y las ambiciones de un nuevo contrato social inclusivo. La idea es que la industria energética se transforme y reconstruya de una manera resiliente, equitativa y sostenible, al tiempo que se aprovechan las innovaciones de la cuarta revolución industrial. La promesa de las Naciones Unidas de "carrera a cero" de reducir las emisiones de carbono a cero para 2050, adoptada con entusiasmo por el gobierno y la industria por igual, exige aún más una transformación a la energía proveniente de tecnologías sostenibles en lugar de la quema de combustibles fósiles, que alimentaron las primeras tres revoluciones industriales. Sin embargo, estas tecnologías verdes conllevan demandas intensivas de minerales.

La tecnología verde requiere materias primas no renovables procedentes de recursos geológicos primarios (minas) o suministro secundario (reutilización o reciclaje). La ambición es una economía totalmente circular, en la que la demanda pueda satisfacerse mediante la reutilización y el reciclaje; sin embargo, todavía no estamos en ese punto. Las existencias de suministros secundarios y las tasas de reciclaje son insuficientes para satisfacer la demanda. Incluso para los metales, como el aluminio y el cobalto, para los que el reciclaje al final de su vida útil es de hasta el 70%, la oferta secundaria solo representa el 30% de su creciente demanda; en el caso del litio, el reciclaje actualmente solo representa el 1% de la demanda actual, como se destaca en el informe sobre el estado de las tasas de reciclaje de metales del Panel Internacional de Recursos. La sustitución de algunos de estos metales podría ser posible en soluciones tecnológicas alternativas para reducir la dependencia de productos básicos específicos, pero esto es difícil de lograr en un plazo tan corto. Tales alternativas, por ejemplo, las baterías multivalentes de iones de metal libres de Li para reemplazar las baterías de iones de litio son menos maduras en su desarrollo y tomarán tiempo para industrializarse¹. Como resultado de estos desafíos de abastecimiento, la minería sigue siendo necesaria para ofrecer soluciones técnicas validadas necesarias para la rápida descarbonización exigida en el compromiso.

Figura 12



FUENTE: MINING TECHNOLOGY

Elementos de tierras raras a partir de residuos

[Avances de la ciencia](#)

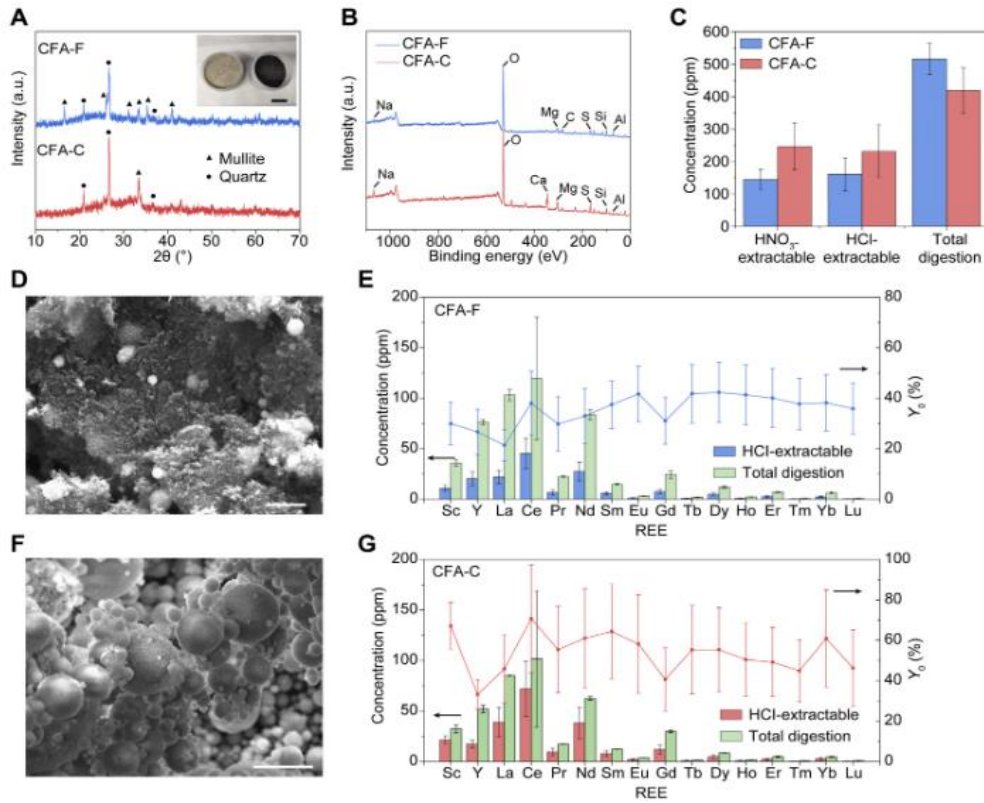
Deng, b; Wang, X; Xuan, D; Carter, R; Wang, Z; Tomson, M



09/02/2022

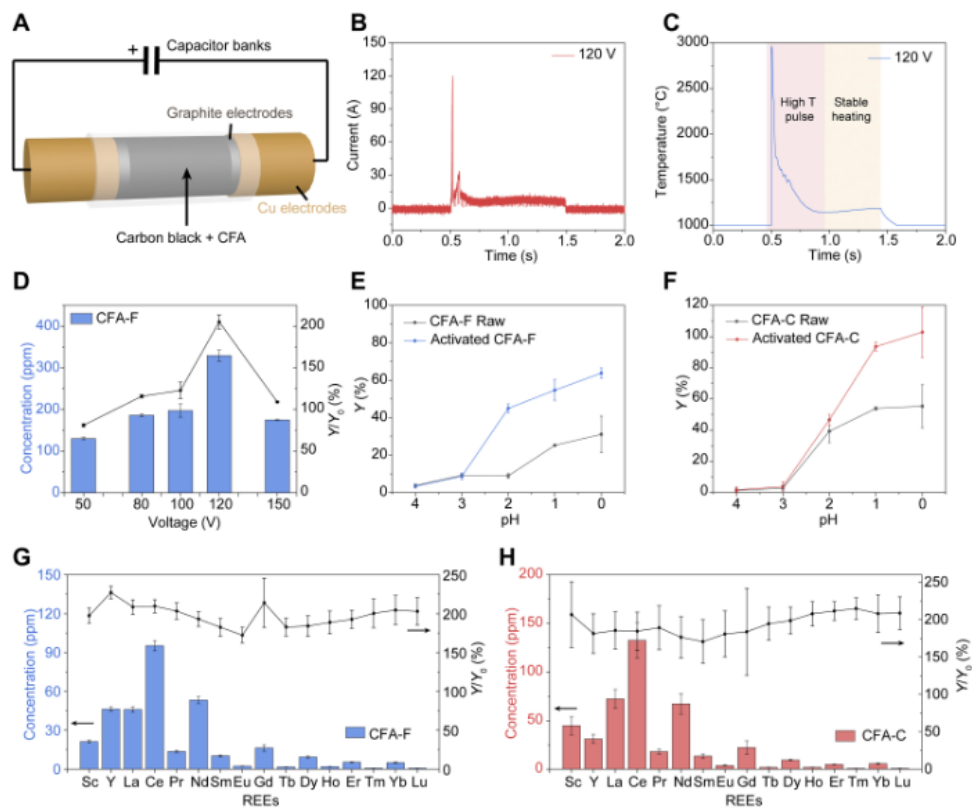
Los elementos de tierras raras (REE) son materiales críticos en electrónica y tecnologías limpias. Con la disminución de los minerales de fácil acceso para la minería, la recuperación de REE a partir de residuos es una alternativa hacia una economía circular. Los métodos actuales para la recuperación de REE sufren de largas purificaciones, baja capacidad de extracción y altas corrientes de aguas residuales. Aquí, informamos de un proceso electrotérmico ultrarrápido ($\sim 3000^{\circ}\text{C}$, $\sim 1\text{ s}$) basado en el calentamiento flash Joule (FJH) para activar los residuos para mejorar la capacidad de extracción de REE. FJH degrada o reduce térmicamente las especies de REE difíciles de disolver a componentes con alta solubilidad termodinámica, lo que lleva a $\sim 2\times$ aumento en la lixiviabilidad y altos rendimientos de recuperación utilizando ácido diluido (por ejemplo, 0.1 M HCl). La estrategia de activación es factible para varios desechos, incluidas las cenizas volantes de carbón, los residuos de bauxita y los desechos electrónicos. El rápido proceso FJH es energéticamente eficiente con un bajo consumo de energía eléctrica de 600 kWh ton^{-1} . Se describe el potencial para que esta ruta se amplíe rápidamente.

Figura 13



FUENTE: SCIENCEADVANCES

Figura 14



FUENTE: SCIENCEADVANCES

Potencial para eliminar metales pesados y cianuro de las aguas residuales de la minería de oro utilizando biochar



[Física y Química de la Tierra](#)



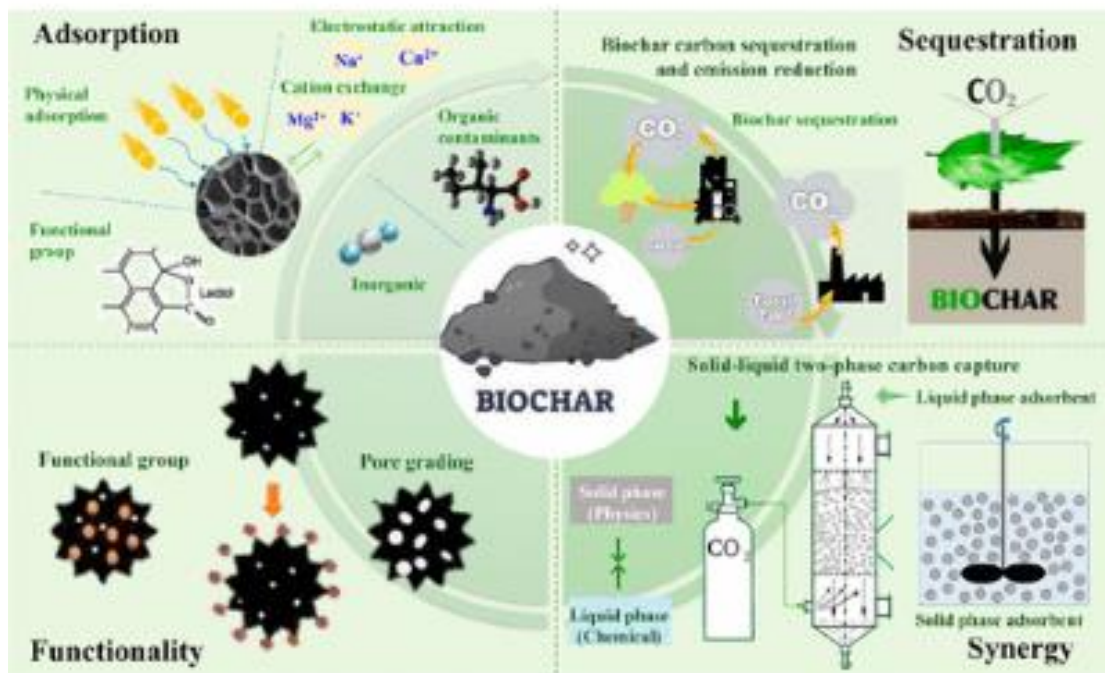
M.M. Manyuchia, N.Sukdeoa, W.Stinnerb



Junio 2022

El procesamiento de oro da como resultado la generación de aguas residuales de relaves que contienen cianuro (CN⁻) e iones de metales pesados como cromo (Cr³⁺), hierro (Fe²⁺), zinc (Zn²⁺), níquel (Ni³⁺), plomo (Pb²⁺), manganeso (Mn²⁺) y cobre (Cu²⁺). Por otro lado, los bioadsorbentes basados en bajo costo han recibido mucho interés como fuente de tratamiento de aguas residuales de base biológica para la eliminación de contaminantes de aguas residuales. Este estudio analiza el potencial para eliminar los contaminantes de las presas de relaves de procesamiento de oro utilizando biocarbón a base de polvo de sierra. El biocarbón se produjo a través de pirólisis lenta a 500 °C durante 2 h. El biocarbón se molía a tamaños de partícula en el rango de 0.5-2.0 mm antes de su uso como medio de bioadsorción. Las aguas residuales de relaves se pasaron a través de las aguas residuales en varias cargas de biocarbón que van desde 10 a 50 mg / L a un **ph** de 7.0 durante un período de 2 a 14 h. Las aguas residuales se caracterizaron utilizando los métodos estándar APHA antes y después de la bioadsorción. La concentración de iones CN, Cr, Fe, Zn, Ni, Pb, Mn y Cu se redujo significativamente después del proceso de bioadsorción con disminuciones de eficiencia de hasta 75%, 78%, 74%, 87%, 82%, 70%, 85% y 90% respectivamente. Los bioadsorbentes se pueden utilizar con éxito para eliminar contaminantes en las aguas residuales de las presas de relaves de oro.

Figura 15



FUENTE: ACS PUBLICATIONS

Destilación por membrana y extracción con disolvente dispersivo en un proceso de circuito cerrado para el reciclaje de agua, ácido sulfúrico y cobre de aguas residuales de minería de oro



Revista de Ingeniería Química



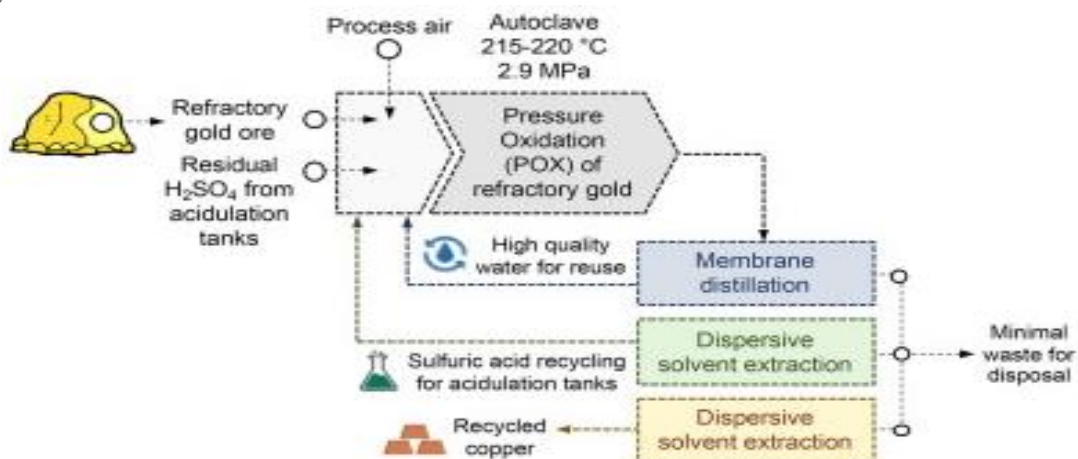
Victor Rezende Moreira, Yuri Abner Rocha Lebron, Débora Gontijo, Míriam Cristina Santos Amaral



Mayo 2022

La destilación por membrana (MD) y la extracción dispersiva líquido-líquido (d-LLE) se integraron para el beneficio de las aguas residuales de la minería de oro y un mejor uso de los recursos naturales. MD presentó un flujo de permeado promedio de 5.51 ± 0.14 L/m²·h, sin una desintegración significativa del flujo ($p < 0.001$), y eficiencias de rechazo para especies ácidas y metálicas >98.7%. Se estudiaron cinco extractores diferentes para la recuperación de ácido sulfúrico a partir del concentrado md. Considerando la eficiencia de extracción y decapado, la tris-2-etilhexilamina (TEHA) fue la alternativa más adecuada para la extracción de ácido sulfúrico, requiriendo 2 etapas de extracción y 1 de rayado para lograr una recuperación >95%. La naturaleza endotérmica de la extracción de ácido contribuyó a la integración de d-LLE y MD, designando un destino adecuado para el concentrado md, una corriente a menudo olvidada mientras se discuten los procesos de separación de membranas para el tratamiento de aguas residuales. El cobre fue recuperado selectivamente del rafinado de la extracción ácida ($\beta_{Cu/Fe} = 4.274$, $\beta_{Cu/Al} = 176$ y $\beta_{Cu/Mg} = 1.262$) por Lix 84-I. Una sola etapa de contacto aseguró que se recuperara el 99,3% del cobre. Los espectros infrarrojos de transformada de Fourier demostraron que los mecanismos de extracción de ácido implican la formación de sales de amina, mientras que el cobre se extrae mediante procesos de intercambio aniónico. La evaluación económica fue favorable para la recuperación del agua (US\$/m³ 0,23) y el cobre (US\$/kgCu 4,25), con precios inferiores a los que se practican actualmente para ambos commodities. Para el ácido sulfúrico, los gastos operativos correspondieron a US\$/kgH₂SO₄ 0.423, ligeramente superior a su precio comercializable. En general, el sistema integrado podría insertarse en una perspectiva que se parta del enfoque lineal de la utilización de materias primas, priorizando los procesos de reciclaje y reutilización.

Figura 16



FUENTE: SCOPUS

El biocarbón mitiga la biodisponibilidad y los riesgos ambientales del arsénico en los relaves de la minería de oro del este de la Amazonía



[Revista de Gestión Ambiental](#)



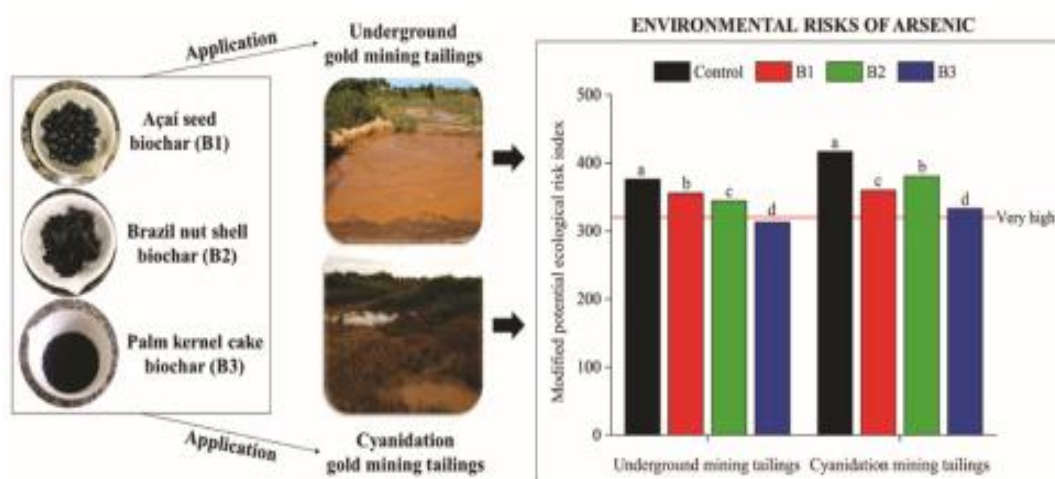
Dias, Y.; et al.



Junio 2022

La minería artesanal de oro ha generado relaves altamente contaminados por arsénico (As) en Cachoeira do Piriá, al este de la Amazonía, lo que conlleva graves riesgos para el medio ambiente. Tales riesgos deben mitigarse teniendo en cuenta la concentración biodisponible del elemento, ya que implica un daño inmediato al ecosistema. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de los biochars en la mitigación de los riesgos ambientales de las concentraciones de biodisponibles como en relaves de minería de oro de la exploración subterránea y de cianuración. La adición de biocarbón aumentó los componentes minerales, la retención de cationes, el fósforo en todas las fracciones y el carbono orgánico e inorgánico. La biodisponibilidad de As se redujo después de agregar los biochars, siguiendo el orden biochar de la torta de palmiste > biochar de cáscara de nuez de Brasil > biochar de semilla de açaí, con reducciones de hasta 13 mg kg⁻¹ en los relaves de minería subterránea y 17 mg kg⁻¹ en los relaves de minería de cianuración. Estos resultados contribuyeron a la reducción estadísticamente significativa de los riesgos ambientales en ambos relaves mineros (6-17% en los relaves de minería subterránea y 9-20% en los relaves mineros de cianuración), lo que fue enfatizado por la correlación de Pearson y los análisis multivariantes. La incorporación de las fracciones biodisponibles de As (de extracción secuencial) en la evaluación de riesgos ambientales fue un método prometedor para evaluar la eficiencia de los biochars en la mitigación del daño causado por este metaloide en los relaves de la minería de oro.

Figura 17



FUENTE: SCOPUS

Ladrillos activados por álcali hechos con relaves de mineral de hierro de desechos mineros



[Casos de estudio en materiales de construcción](#)



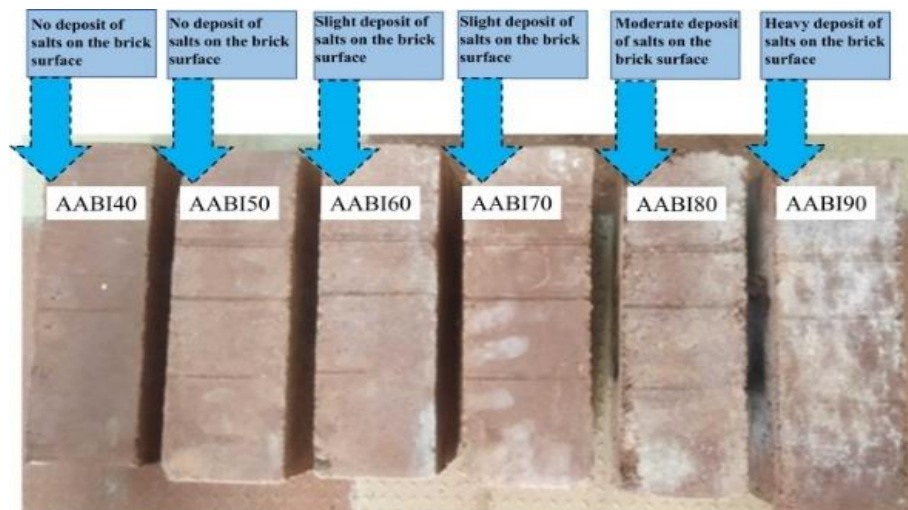
Thejas H.K.; Hossiney, Nabil



Junio 2022

En la India, el enorme crecimiento en el sector de la vivienda ha ejercido una tremenda presión sobre los materiales de construcción como los ladrillos. Los métodos convencionales de producción de ladrillos incluyen ladrillos cocidos y bloques de cemento. Sin embargo, los métodos convencionales contribuyen significativamente a las emisiones ambientales de carbono y, por lo tanto, los métodos alternativos de producción de ladrillos han llamado la atención de varios investigadores. Además, los residuos generados en diversas industrias pueden ser un recurso útil para la industria de la construcción, y en particular, se generan residuos voluminosos durante la etapa de beneficio del concentrado de mineral de hierro, que se puede integrar en la industria de la construcción para lograr una práctica sostenible. Con esta búsqueda en mente, este estudio propone la utilización de residuos mineros de cola de mineral de hierro (IOT) en ladrillos activados por álcali. Para este propósito, se sintetizaron seis composiciones de ladrillos diferentes con cenizas volantes, GGBS e IOT junto con Na_2SiO_3 sol. Las materias primas se caracterizaron utilizando diversas técnicas como la fluorescencia de rayos X (XRF), la difracción de rayos X (XRD), el microscopio electrónico de barrido (SEM) y el análisis del tamaño de partícula (PSA). Además, se realizaron una serie de pruebas estándar en los ladrillos desarrollados para evaluar sus propiedades de resistencia y durabilidad. Los ladrillos desarrollados han presentado una resistencia a la compresión máxima de 18,45 MPa y una absorción mínima de agua del 12,6%. Además, los ladrillos activados por álcali han mostrado una excelente resistencia al envejecimiento de los ladrillos, lo que se atribuyó a la mejora de la microestructura de los ladrillos debido al llenado de vacíos con productos de la reacción polimérica. Finalmente, fue interesante notar que con un 8% de Na_2SiO_3 como activador alcalino y con la combinación de cenizas volantes y GGBS se puede utilizar más del 50% de IOT para producir ladrillos de buena calidad en condiciones de curado ambiental.

Figura 18



FUENTE: EL SEVIER

Residuos mineros para mejorar el rendimiento de Bitumen: un ejemplo de economía circular



[Revista de Ciencia de Coloides e Interfaz](#)



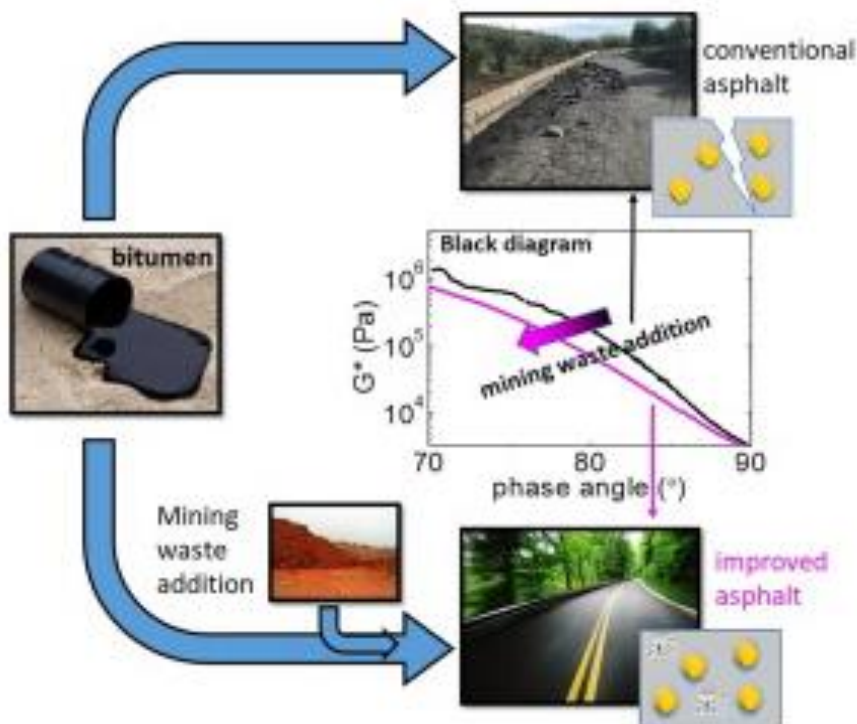
Calandra, P.; et al.



15/05/2022

Hipótesis: Las pequeñas partículas inorgánicas derivadas de la extracción de minerales (es decir, los residuos mineros) podrían utilizarse como aditivo para aplicaciones de pavimentación de carreteras para mejorar las propiedades mecánicas del betún. Se espera que este enfoque aumente el ciclo de vida del betún, reduciendo los costos relacionados con su preparación y reduciendo los problemas ambientales. Experimento: Los betunes que contienen varias cantidades (hasta un 10% p/p) de relleno hecho de relaves mineros en polvo fino se caracterizaron por medio de reometría oscilatoria centrada en el efecto del contenido del relleno, la temperatura y el tiempo de molienda del relleno. Hallazgos: (i) Las mezclas que contienen relleno mostraron una resistencia superior al estrés, la berrea y la fatiga. Además, se observó una mayor durabilidad para la concentración de relleno del 10% p/p. Estos efectos se interpretaron sobre la base de las interacciones fisicoquímicas entre el betún y el relleno inorgánico, lo que sugiere utilidades importantes. (ii) La presente investigación apunta hacia una senda de economía circular. En particular, este estudio demuestra cómo un residuo abundante y potencialmente dañino puede convertirse en un componente de alto valor agregado para la pavimentación de carreteras. Además, el aumento de la durabilidad del betún es beneficioso tanto en términos económicos como ambientales.

Figura 19



FUENTE: SCOPUS

2

Análisis de Oportunidades

La solución XRT de TOMRA crea valor a partir de los residuos en Mina Esperanza de Caravelí-Perú



Minería Internacional



23/02/2022

La integración de la tecnología de clasificación de mineral de TOMRA en la mina Mina Esperanza de Caravelí en Perú ha ayudado a la minera polimetálica a producir más metal, así como a limpiar sus operaciones de relaves heredadas.

La estrecha colaboración entre dos empresas enfatiza una filosofía compartida, la de aprovechar al máximo los recursos naturales y adoptar una economía circular.

Mina Esperanza de Caravelí, propiedad de MTP y operada por Minera Croacia, es un yacimiento de vetas polimetálicas con una tasa minera de 150 t/d. Se encuentra en el distrito de Atico, en el cinturón geológico de oro Nazca-Ocoña en la parte sur del Perú, y contiene vetas estrechas con una formación de rosario, de las cuales se han descubierto más de 30 hasta el momento. La mineralización se localiza en fracturas de relleno venoso de origen hidrotermal y son de aspecto mesotérmico.

En 2019, Minera Croacia se puso en contacto con TOMRA para explorar una solución para extraer valor de material de baja ley que antes se consideraba antieconómico, y para abordar el problema ambiental de los metales dejados en los vertederos.

Marco Fernández Concha, Geólogo Senior de Minera Croacia, dijo: "Las operaciones mineras deben encontrar formas de optimizar el uso de los recursos naturales al tiempo que reducen los desechos y su impacto en el medio ambiente tanto como sea posible. Con las tecnologías de clasificación de minerales de TOMRA, esto es posible".

Un clasificador de mineral basado en sensores representa una inversión significativa para una mina del tamaño de Minera Croacia, según Emilio Uribe, Asesor Metalúrgico Senior de Minera Croacia.

"Cuando compramos equipos importantes, necesitamos analizar la solución con gran detalle porque no podemos permitirnos cometer errores", dijo. "Lo necesitamos para trabajar y entregar los resultados que queremos desde el principio. TOMRA se ha adaptado a nuestras necesidades como pequeña empresa con recursos limitados. Han sido un asesor importante, dándonos todo el apoyo que necesitábamos con personal altamente calificado y conocedor. Realmente se han comprometido con el proyecto y han encontrado la solución que satisface nuestras necesidades operativas y es financieramente viable para nosotros".

Los equipos de TOMRA y Minera Croacia trabajaron estrechamente para analizar con precisión los requisitos e identificar la mejor solución. El Centro de Pruebas de TOMRA en Wedel, Alemania, realizó tres series de pruebas en muestras de la mina para reducir los requisitos. Un equipo técnico de Minera Croacia asistió a la sesión final, lo que les dio una mejor comprensión de lo que la tecnología XRT de TOMRA podría hacer por su operación.

Christian Korsten, quien en ese momento era el Gerente del Centro de Pruebas, dijo: "Este proyecto se destaca por presentar diferentes tipos de minerales de diferentes ubicaciones. Por lo general, probamos uno o dos minerales diferentes para un cliente, pero, con Minera Croacia,

teníamos diferentes venas metalogénicas. Todos eran un poco diferentes en mineralogía, respuesta de sensores y en los objetivos del cliente para cada uno".

Una fuerte comunicación entre los equipos de las dos compañías fue crucial para el resultado exitoso, especialmente porque las restricciones de viaje de COVID-19 limitaron las oportunidades de reuniones cara a cara.

Mathilde Robben, Gerente de Cuentas Clave de TOMRA, dijo que la compañía se aseguró de que Minera Croacia recibiera el apoyo y el asesoramiento que necesitaban durante todo el proceso.

"Lo hicimos todo a través de reuniones en línea", dijo. "El equipo directivo y el personal de Minera Croacia siempre estuvieron al grano y fueron amables, y juntos completamos este proyecto de vía rápida".

Korsten coincidió: "Minera Croacia tenía objetivos muy claros. Todas nuestras preguntas fueron respondidas de una manera perfecta, rápida y profesional, y lo mismo se aplica a la discusión de los resultados de la prueba. Este proyecto fue uno de mis favoritos en casi 10 años en el Centro de Pruebas".

Tras el análisis detallado de los resultados de las pruebas y los requisitos de Minera Croacia, Robben propuso el uso de un clasificador TOMRA COM Terciario XRT como solución: una máquina adecuada al rango de tamaño de partícula del material de descarga (-25 mm / + 10 mm y -40 mm / + 25 mm) y una inversión que se ajustaba al presupuesto de Minera Croacia.

Los resultados de la prueba hicieron un caso de negocio claro para el clasificador, mostrando que de 1.300 t de material minero que contiene oro y cobre, el 21% son finos (-10 mm) y eliminados. Esto resulta en una concentración de oro y cobre en los finos y, por lo tanto, este material no necesita ser clasificado. Del resto del material, el 34% está enriquecido, pasando de un grado de 2,7 g / t de oro equivalente a 5,12 g / t de oro equivalente, casi el doble.

Esto deja el 45% del material desechado como residuo con muy bajo contenido de metal, 0,41 g / t de oro equivalente, lo que aborda el problema ambiental, ya que prácticamente no contiene contaminantes. Esto también muestra que se ha extraído el valor máximo del material, ya que prácticamente no queda oro, dijo TOMRA.

Uribe dijo: "La prueba ha demostrado que el clasificador de TOMRA puede crear valor a partir de material que habría ido al vertedero de desechos, a partir del 33% de la operación de la mina que es demasiado de bajo grado para que el procesamiento sea financieramente viable".

El clasificador TOMRA COM Terciario XRT ya está instalado y ha estado operando desde diciembre de 2021 reprocesando las 800.000 t de vertederos históricos de la mina. Está cumpliendo con todos los aspectos para Minera Croacia: ahora puede aumentar la ley del material del vertedero que no se consideraba económico, ha reducido los costos de flete de la operación, ya que ahora está transportando menos material de baja ley a su planta de procesamiento, y ha abordado con éxito el impacto ambiental de sus materiales de desecho.

Uribe concluyó: "Todos los cálculos que hicimos cuando evaluamos esta inversión se están cumpliendo. El rendimiento del clasificador es perfectamente consistente con los resultados de las pruebas, y esperamos que se pague por sí mismo según lo planeado dentro de dos años, incluidos los otros componentes e infraestructura del circuito".

La gerencia de la compañía está tan impresionada con los resultados obtenidos que está considerando invertir en más clasificadores para el mineral de mina de baja ley con el objetivo de extraer valor del mineral que actualmente se considera marginal, según TOMRA.

Figura 20



FUENTE: TOMRA

LKAB y Boliden colaboran para reciclar residuos mineros y crear productos circulares



[Minería Internacional](#)



18/11/2021

Las principales compañías mineras suecas LKAB y Boliden han firmado un acuerdo para comenzar a trabajar juntos para investigar la posibilidad de extraer concentrado de pirita de los desechos mineros en la mina Boliden Aitik, que LKAB procesará posteriormente en ácido sulfúrico libre de fósiles. El ácido sulfúrico se utilizará en procesos para extraer elementos de tierras raras y fósforo de los residuos mineros de LKAB.

"Junto con Boliden vemos una oportunidad emocionante para desarrollar nuestros planes para incluir otro flujo circular que también puede eliminar la dependencia de los productos fósiles en nuestro camino hacia la liberación de carbono. La producción de ácido sulfúrico también generará un exceso de calor que se puede utilizar en nuestro parque industrial, así como volúmenes bastante grandes de óxido de hierro como subproducto. Colaborar de esta manera es inteligente, climáticamente eficiente y positivo para el proyecto de LKAB de extraer minerales críticos", dice Jan Moström, presidente y CEO de LKAB.

Ya hoy en día, más de un tercio del negocio de minerales industriales de LKAB se basa en la mejora de residuos y subproductos. Los modelos de negocio circulares aumentan la eficiencia de los materiales y podrían convertirse en un negocio atractivo y cada vez más importante en el futuro. La extracción de minerales críticos como el fósforo y los elementos de tierras raras de los flujos de desechos existentes de LKAB requiere cantidades significativas de ácido sulfúrico. En lugar de que esto se produzca a partir de productos fósiles de refinerías de petróleo, los flujos de desechos

de la mina Aitik se han identificado como materia prima potencial. El plan es que Boliden establezca una planta en Aitik para la producción de concentrado de pirita, reduciendo así la necesidad de depósitos en Aitik. Paralelamente, LKAB establecerá plantas para producir ácido sulfúrico a partir del concentrado.

"El aumento de la utilización de los recursos combinado con la rentabilidad potencial puede significar que juntos nuestras empresas pueden proporcionar aún más valor en la transición climática. Si las ideas actuales se llevan a cabo, proporcionará una prueba más de la importancia del norte de Suecia para el futuro", dice Mikael Staffas, presidente y CEO de Boliden.

Sujeto a un proceso de permiso ambiental eficiente, se estima que tanto la producción de concentrado de apatita de LKAB en Kiruna y Malmberget, como el parque industrial para su posterior procesamiento en minerales críticos, incluida la producción de ácido sulfúrico a base de pirita de la mina Aitik, podrían estar operativos en 2027.

Figura 21



FUENTE: INTERNATIONAL MINING

Los flujos de residuos de la mina de litio Keliber se utilizarán como agregados en instalaciones de producción de hormigón de alta tecnología



[Minería Internacional](#)



124/09/2021

La empresa de tecnología de materiales desarrollada rápidamente Betolar y JA-KO Betoni, una empresa que reforma la industria del hormigón, están ayudando a Keliber, que está preparando una mina de litio en Kaustinen, Finlandia, a utilizar las corrientes laterales masivas que normalmente se producen en la industria minera. Los relaves producidos como una corriente lateral en el procesamiento de minerales de Keliber y la arena analcime producida más tarde en el proceso de producción de litio se utilizarán en la producción de concreto como agregado en la planta de JA-KO Betoni en Kokkola, Finlandia.

La solución Geoprime® desarrollada por Betolar reemplazará el cemento utilizado como aglutinante en la producción de hormigón con escoria de alto horno producida a través de una corriente lateral de la industria siderúrgica en Raahé, Finlandia. Reemplazar el cemento reducirá significativamente las emisiones de dióxido de carbono. El hormigón bajo en carbono se puede utilizar, por ejemplo, en las estructuras de la mina de Keliber.

"Los beneficios ambientales significativos surgen de dos maneras. En primer lugar, reemplazar el cemento con materiales refinados de corrientes laterales industriales reducirá drásticamente las emisiones de CO₂ de la materia prima, hasta una quinta parte de los niveles actuales. En segundo lugar, el uso de corrientes laterales como agregado para el hormigón en lugar del material de roca natural reduce significativamente el uso de recursos naturales vírgenes", dice el director de Innovación Juha Leppänen, fundador de Betolar.

Diferentes corrientes laterales, que deben ser reutilizadas o depositadas, se producen en las actividades mineras. La mayoría de estas corrientes laterales se colocan en una reserva de roca de desecho en el sitio minero. La reutilización de materiales ahorra recursos naturales vírgenes. Desde la perspectiva de Betolar, los materiales secundarios son importantes fuentes futuras de materias primas cuya utilización en la escala industrial más extensa acaba de comenzar.

"Queríamos asegurarnos con mucha anticipación de que el impacto ambiental de nuestras minas de litio será lo más bajo posible. Nuestras futuras corrientes laterales no solo serán seguras para el medio ambiente, sino que también permitirán la creación de nuevos productos y la reducción del uso de materias primas vírgenes", dice Hannu Hautala, CEO de Keliber.

La industria del hormigón produce una proporción significativa de las emisiones humanas de CO₂. La proporción de cemento utilizado en la producción de hormigón asciende a nivel mundial a aproximadamente el siete por ciento de las emisiones de CO₂, mientras que la proporción, por ejemplo, del tráfico aéreo en tiempos normales asciende al 2-3 por ciento. Con la solución de Betolar, es posible reducir las emisiones de CO₂ de las materias primas hasta en un 80% en muchos grupos de productos de la industria del hormigón.

Figura 22



FUENTE: INTERNATIONAL MINING

Metso Outotec suministrará tecnología VSFX para la planta de reciclaje de baterías Li-Cycle



Minería Internacional



17/12/2021

Metso Outotec dice que ha firmado un acuerdo con Li-Cycle North America Hub Inc para el suministro de tecnología de extracción de solventes de manganeso, cobalto y níquel para una planta de reciclaje de baterías que se construirá en Rochester, Nueva York en los Estados Unidos.

El valor del contrato, que no se revela, se ha registrado en los pedidos recibidos de Metals en el trimestre de diciembre de 2021. La entrega de Metso Outotec incluye tres plantas modulares de extracción de solventes VSFX® y filtros de medios duales relacionados, e ingeniería básica. Jari Ålgars, presidente del área de negocios de metales de Metso Outotec, dijo: "Estamos ansiosos por trabajar con Li-Cycle en este proyecto de reciclaje de baterías. La planta de extracción de disolventes VSFX modular y energéticamente eficiente, que forma parte de nuestra gama de productos Planet Positive, reduce las emisiones y es segura de operar. El proyecto Li-Cycle será una nueva referencia importante para Metso Outotec en el negocio del reciclaje de baterías".

Figura 23



FUENTE: INTERNATIONAL MINING

Una nueva investigación de la Universidad de Australia del Sur podría transformar la forma en que los elementos de tierras raras y otros metales vitales de la batería se recuperan de la tierra



Minería Internacional



06/04/2022

Australia es líder en enfoques modernos y sostenibles para la producción de tierras raras. La nueva Instalación de Procesamiento de Tierras Raras de Lynas en Kalgoorlie, Australia Occidental, es un excelente ejemplo que recientemente ha recibido la Aprobación Ambiental. La investigación recientemente financiada en la Universidad de Australia del Sur podría transformar aún más la forma en que los elementos de tierras raras y otros metales vitales de las baterías se recuperan de la tierra, lo que permite una extracción eficiente con una menor huella ambiental.

El Dr. Richmond Asamoah del Future Industry Institute de UniSA está desarrollando nuevas formas de extraer de forma segura minerales críticos del procesamiento de mineral aguas abajo, el reprocesamiento de relaves y los tratamientos de aguas residuales. También está desarrollando mecanismos para reciclar de forma segura los productos gastados de las baterías de desecho y los imanes.

"Los minerales de tierras raras y los metales de baterías son vitales para el bienestar económico de las principales economías y emergentes del mundo, sin embargo, su suministro no es confiable debido a la escasez geológica, los problemas geopolíticos y la política comercial", dice el Dr. Asamoah.

"Los desechos mineros acumulados, de una variedad de productos primarios, se están convirtiendo en una fuente cada vez más valiosa de metales, pero a menudo hay una falta de tecnologías de extracción viables.

"Nuestra investigación aplicará nuevas tecnologías para evaluar sus capacidades tanto para extraer minerales de procesos de baja ley como flujos de relaves minerales, junto con baterías e imanes gastados reciclables".

El proyecto probará dos procesos patentados de recuperación de metales, resina en pulpa y resina en mezcla húmeda (InnovEco Australia), para extraer metales objetivo de minerales de baja ley, minerales finos y desechos como relaves. Estos métodos también se pueden utilizar para el tratamiento del agua de proceso.

Financiado por el Fondo de Investigación Estratégica Australia-India, el Dr. Asamoah dice que la investigación brindará beneficios significativos a ambos países.

"No solo estamos hablando de beneficios ambientales, sino también de tecnologías económicas y sostenibles que ambos países pueden usar para extraer tierras raras y minerales de baterías de las operaciones mineras actuales", dice el Dr. Asamoah. "Los elementos de tierras raras contribuyen con casi \$ 200 mil millones a la economía india, sin embargo, a pesar de que India tiene la quinta reserva más grande del mundo de metales críticos, en su mayoría importan sus necesidades de tierras raras de China.

"Este proyecto espera permitir a Australia exportar minerales de tierras raras a la India, como una alternativa a China, así como empoderar a la India para establecer tecnologías ecológicas para extraer minerales y metales dentro de sus propias fronteras

Figura 24



FUENTE: UNIVERSITY OF SOUTH AUSTRALIA

La biorremediación podría ser una solución a los relaves mineros – Averda SA



[MINING WEEKLY](#)



07/06/2022

La biorremediación de los flujos de desechos mineros, o relaves, es una solución prometedora para que las minas logren sus objetivos de cero desechos al vertedero y reemplacen la remediación química para volver inertes los desechos peligrosos, dice la empresa de gestión y reciclaje de desechos Averda SA.

Los relaves mineros son diversos y, sin embargo, los más comunes son los suelos y piedras contaminados con hidrocarburos, que prevalecen y son consistentes en los diversos subsectores minerales del sector minero.

“La biorremediación logra el mismo objetivo mediante el uso de organismos vivos modificados genéticamente para realizar tareas específicas a nivel molecular. La biorremediación microbiana, la fitorremediación y la micorremediación pueden, con el tiempo, convertir los relaves mineros en material inerte apto para una eliminación segura”, dice el portavoz de Averda SA, Jason Keen.

“Alternativamente, la tierra inerte convertida puede dejarse inofensivamente donde yace. En muchos casos, el proceso ha remediado masas de desechos sólidos”, dice

Una historia de éxito es la de Hillside Smelter en Richards Bay, que ha convertido con éxito 100 000 t de suelo contaminado con fluoruro con organismos que descomponen la contaminación

por fluoruro en sus elementos constituyentes, evitando así cualquier necesidad de eliminación, lo que habría costado alrededor de R50 millones, dice la empresa.

Averda planea usar estos organismos en un sitio propiedad de Sibanye-Stillwater para la remediación en el sitio de 5 000 t por mes de flujos de desechos peligrosos contaminados con sulfato de calcio, ahorrando a la mina R5 millones por mes en costos de transporte

También se están realizando investigaciones para desarrollar tecnologías de remediación que microencapsulen el asbesto, un importante problema de desechos peligrosos debido a su toxicidad y friabilidad, o la tendencia a romperse en diminutas fibras, dice Averda SA.

“Estas tecnologías ofrecen a la minería y otras industrias soluciones inmediatas de cero residuos al vertedero para un problema de legado histórico que de otro modo costaría millones resolver. La implementación de soluciones modulares de biorremediación in situ ofrece a estas minas la oportunidad de ahorrar dinero y ayudar al planeta”, agrega Keen.

“La biorremediación no requiere transporte y es un enfoque sostenible que reduce las emisiones de carbono, reduce el uso de productos químicos y ahorra en costos generales. En muchos casos, los flujos de desechos líquidos y basados en el suelo se pueden convertir en un producto útil, que es un objetivo clave de la economía circular, como el agua para la industria o el relleno”, dice.

Figura 25



FUENTE: MINING WEEKLY

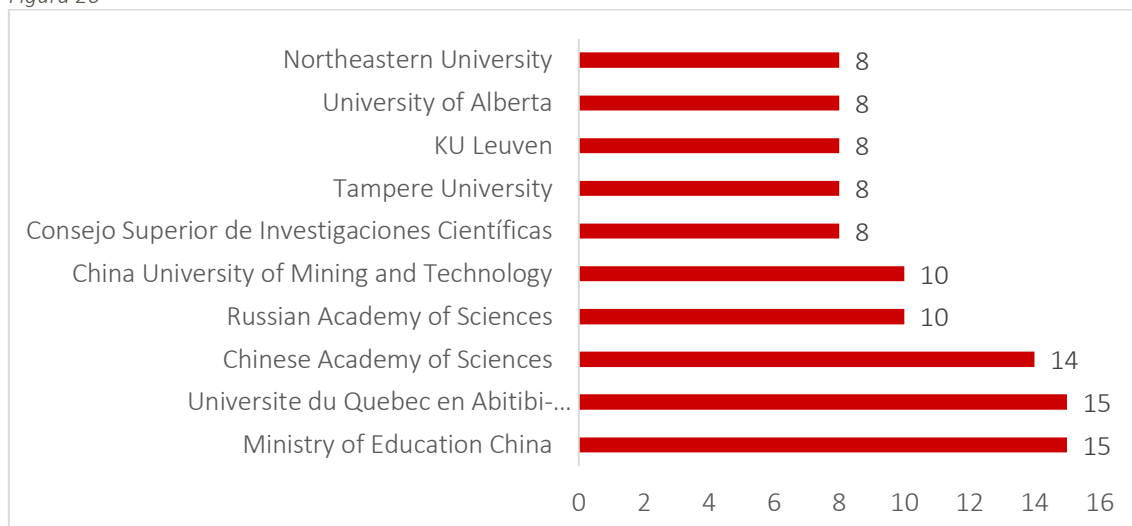


Centros de desarrollo
tecnológico

Principales centros de investigación

En la figura 26, se muestran los principales centros de desarrollo tecnológico ordenados de forma creciente según el número de patentes publicadas.

Figura 26

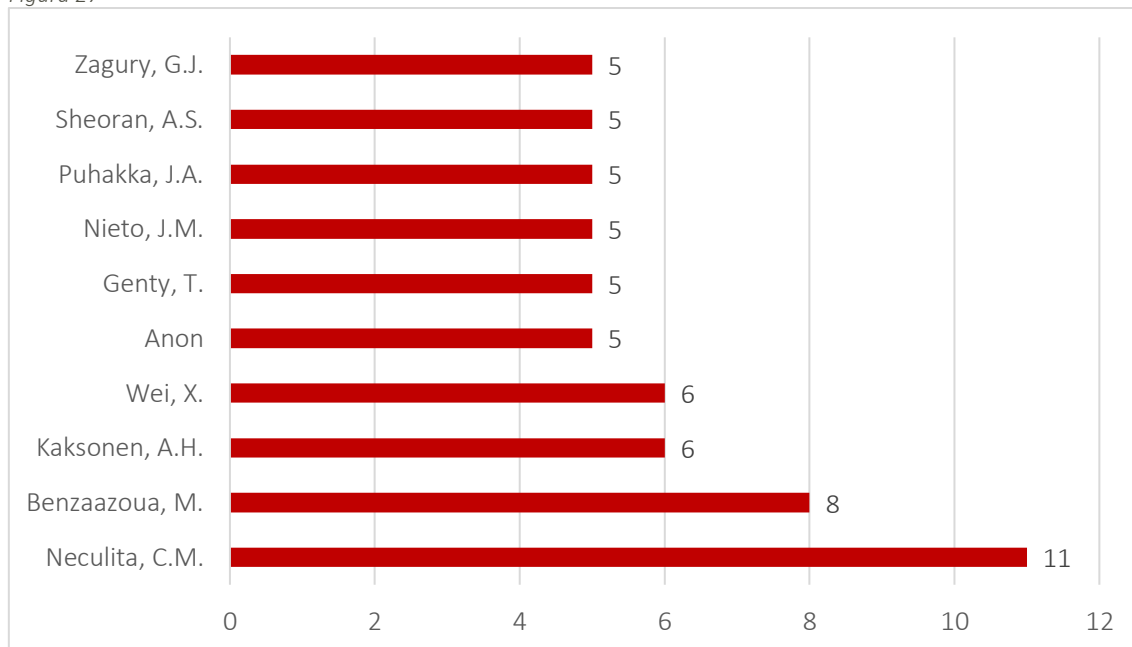


FUENTE: SCOPUS

Principales investigadores

En la Figura 27, se visualizan los principales inventores en orden creciente

Figura 27

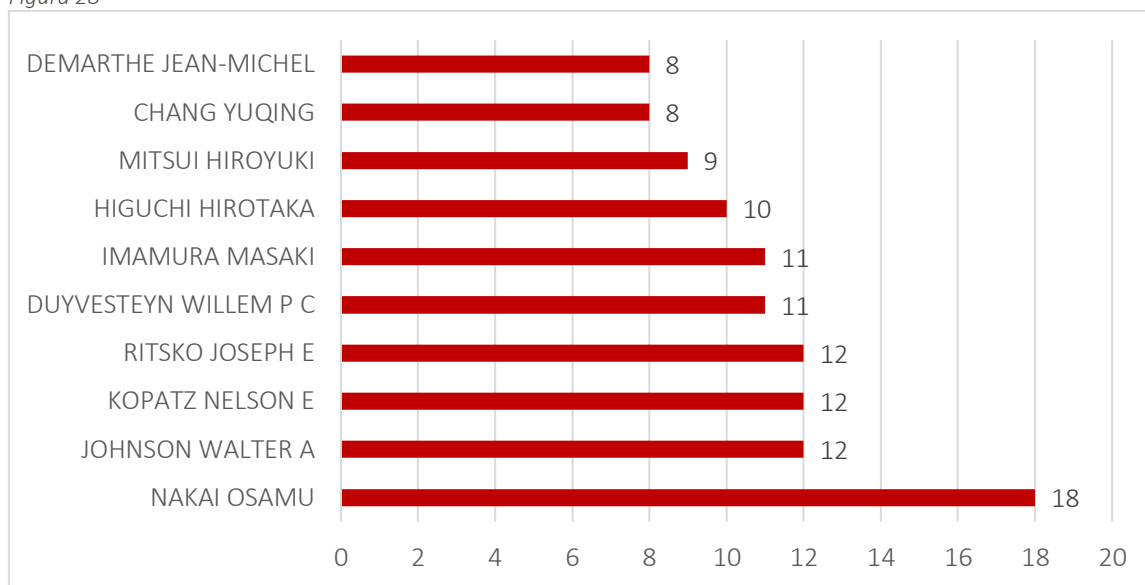


FUENTE: SCOPUS

Principales inventores

En la Figura 28, se muestran los principales inventores en orden creciente

Figura 28



FUENTE: ESPACENET

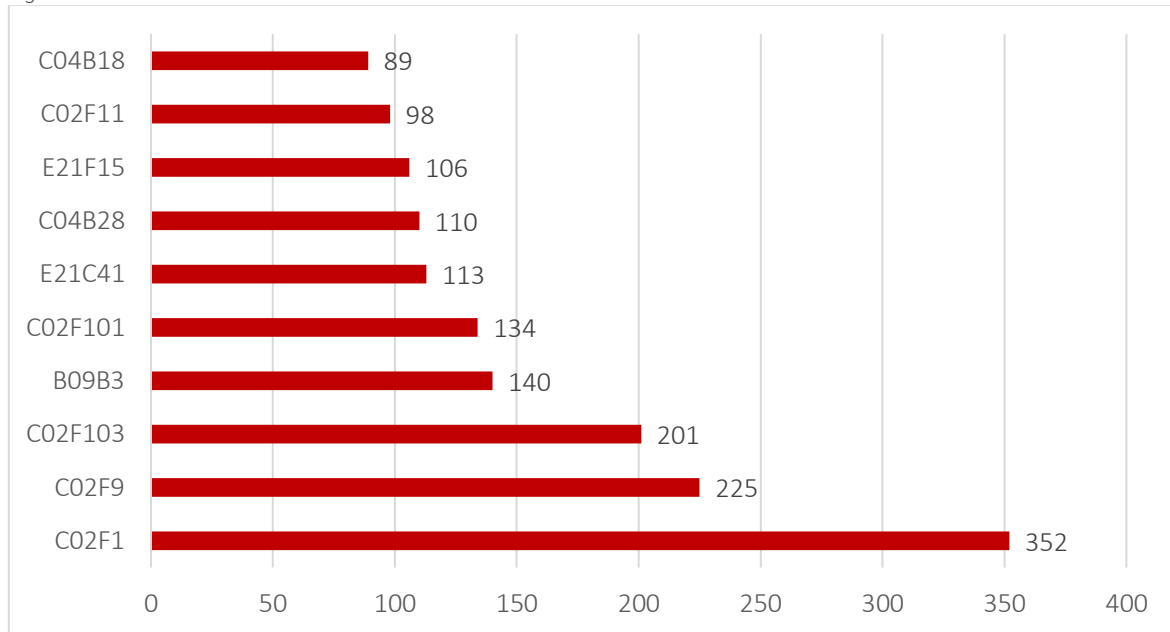


Campos tecnologicos de aplicacion



Principales áreas tecnológicas

Figura 29

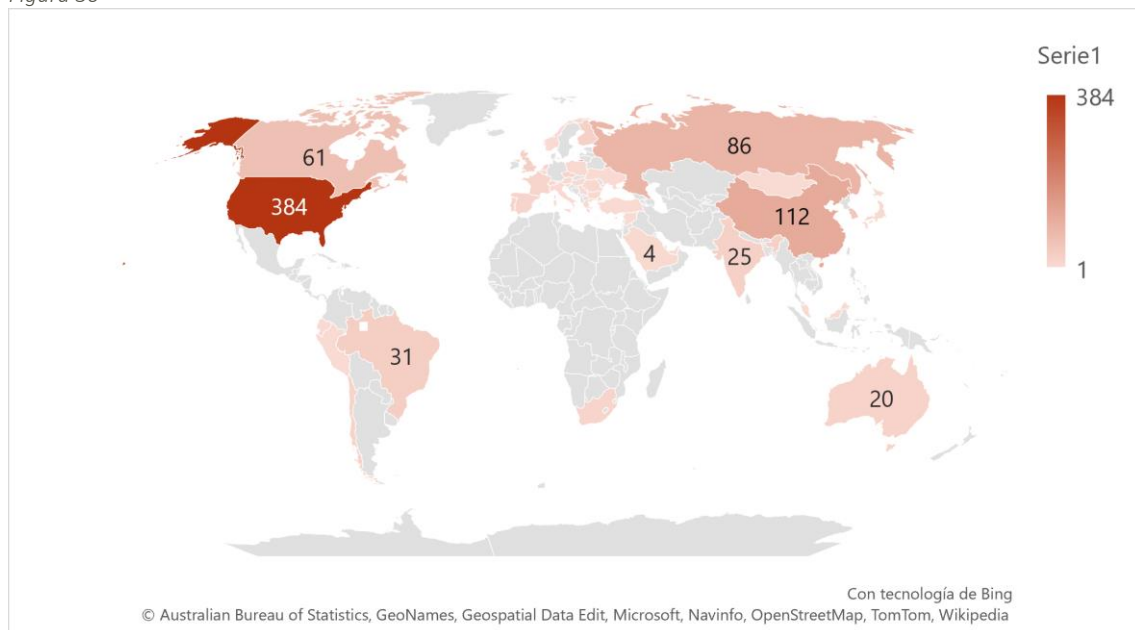


FUENTE: ESPACENET

Países más prolíficos en el desarrollo tecnológico

En la Figura 30 se observan los países que están a la vanguardia en desarrollo tecnológico con mayor número de instituciones o centros de desarrollo tecnológico. Destacan China y Estados Unidos.

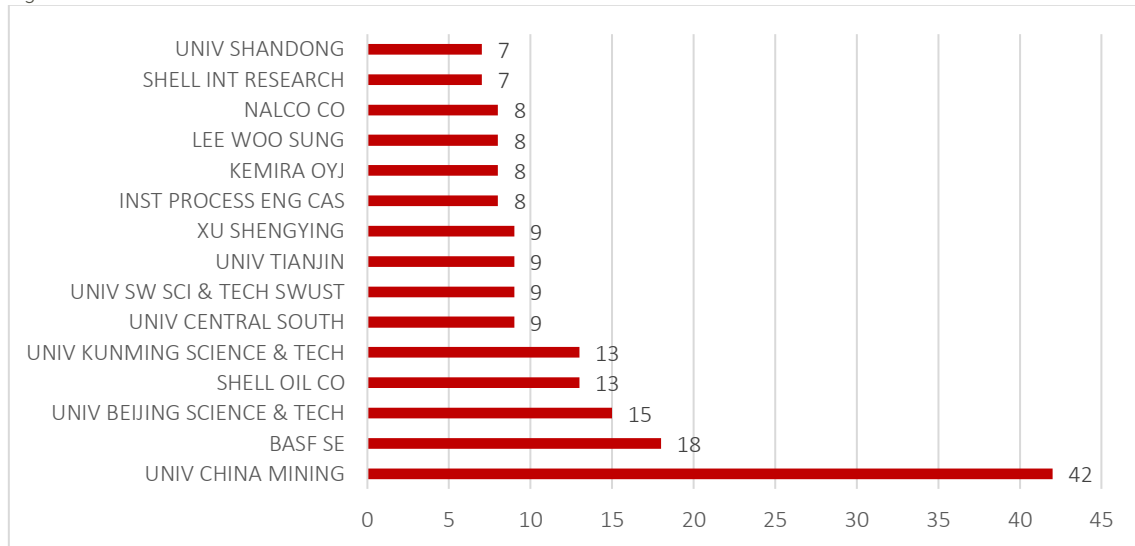
Figura 30



FUENTE: ESPACENET

Principales areas tecnológicas

Figura 31



FUENTE: ESPACENET

