



Entrega Oficial del Prototipo Móvil para Remediación Ambiental Minera en el Chocó a la Universidad Tecnológica del Chocó

Quibdó 2 de diciembre de 2025

En el marco del contrato interadministrativo 1162 del 2024, firmado entre el Ministerio de Minas y Energía y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), se realizó la entrega oficial del Prototipo Móvil de Remediación Ambiental Minera a la Universidad Tecnológica del Chocó

El Prototipo Móvil de Remediación Ambiental Minera es una unidad móvil dotada con equipos de laboratorio importados de última generación, que representa una sinergia entre ciencia, innovación y compromiso social. Esta herramienta constituye una alternativa para abordar los pasivos ambientales generados por actividades mineras en el Chocó, relacionadas con oro, platino, plata, cobre, entre otros.

El prototipo, concebido como una unidad modular en un sistema tipo contenedor, está compuesto por cuatro módulos especializados que permiten realizar procesos completos de diagnóstico, tratamiento y disposición segura de matrices contaminadas con metales pesados. Su diseño responde a una ingeniería basada en evidencia científica trabajada por la UPTC, tecnologías de bajo impacto y una alta autonomía operativa para intervenir en territorios con limitaciones logísticas.

El prototipo además de aportar evidencia o insumos para identificar las medidas de intervención de posibles pasivos ambientales generados por la actividad minera permite el tratamiento y disposición segura de los residuos tratados.

Sus principales funciones incluyen:

- Diagnóstico y detección de metales tóxicos en arenas y residuos mineros, mediante un módulo equipado con instrumentos de análisis mineralógico y fisicoquímico que permiten caracterizar las propiedades del material extraído.
- Tratamiento y separación de contaminantes utilizando tecnologías limpias y de bajo impacto ambiental, a través de procesos metalúrgicos especializados.
- Disposición segura de los residuos tratados, garantizando el cumplimiento de normas técnicas nacionales en cuanto al manejo, etiquetado y trazabilidad de muestras y residuos generados.

Todo el proceso se realiza in situ, sin necesidad de infraestructura adicional, ya que el prototipo opera de forma autónoma sin necesidad de apoyo de otros laboratorios o procesos por fuera del prototipo, incluso en zonas sin acceso a servicios básicos como agua o electricidad.

Su diseño permite operar en condiciones adversas, especialmente en contextos de pequeña escala, sin necesidad de infraestructura adicional, lo que lo convierte en una solución ágil y efectiva frente a la contaminación por metales pesados como plomo, arsénico y mercurio. Además, fortalece las capacidades locales y brinda respuestas inmediatas en los territorios que más lo requieren.

Rol de la Universidad Tecnológica del Chocó

Como entidad receptora del prototipo, la Universidad liderará el trabajo con actores locales, fortaleciendo la extensión universitaria y dejando capacidad instalada para ofrecer servicios de laboratorio y convertirse en un referente regional en remediación ambiental minera.

Proyección Nacional

Este modelo es replicable y escalable, lo que permite su implementación en otros territorios afectados por la minería. Se proyecta como una herramienta clave para ayudar a identificar posibles pasivos de generados por la actividad minera en Colombia, aportando hacia la sostenibilidad y la justicia ambiental.

Ficha técnica

El laboratorio móvil fue desarrollado como una plataforma modular de operación integral en campo, orientada a ejecutar procesos completos de caracterización y tratamiento de matrices ambientales complejas y con presencia de metales pesados, derivadas de la actividad minera aurífera.

La operatividad del sistema se organiza en cuatro módulos funcionales que permiten abordar de manera secuencial y eficiente las etapas de **diagnóstico y caracterización, preparación mecánica, tratamiento hidrometalúrgico y disposición y embalaje seguro** de materiales como arenas contaminadas y/o relaves. Para ello, el laboratorio cuenta con equipamiento analítico y metalúrgico portátil de alta tecnología, además de los insumos necesarios para su funcionamiento autónomo.

Esta unidad permite identificar in situ elementos con potencial tóxico, evaluar los contenidos metálicos aprovechables, y realizar operaciones de preparación mecánica, procesamiento acuoso (lixiviación) y separación selectiva de metales contaminantes mediante técnicas de adsorción por intercambio iónico.

Su capacidad para operar en condiciones logísticas adversas, junto con un enfoque basado en tecnologías de bajo impacto ambiental, lo convierten en una herramienta versátil, replicable y alineada con los principios de sostenibilidad, especialmente en escenarios de minería de pequeña escala.

A continuación, se listan los equipos y suministros con los que cuenta el laboratorio móvil y se describe su funcionalidad dentro del proceso propuesto para el tratamiento de limpieza de sólidos contaminados por la minería de oro.

1. EQUIPOS			
Nombre de equipo	Cantidad	Función principal	Operatividad dentro del proceso metalúrgico
Unidad de laboratorio móvil equipada	1	Plataforma de trabajo móvil integral	Cuenta con toda la infraestructura necesaria para llevar a cabo de manera integral los procesos de muestreo, caracterización, pretratamiento y tratamiento de sólidos contaminados. Además, está equipada con sistemas autónomos de energía, ventilación, aislamiento y almacenamiento, diseñados específicamente para operar en campo con plena autonomía logística
Mufla multipropósito	1	Secado de muestras	Utilizada para el secado de muestras con contenido de humedad, como etapa previa a la digestión o análisis químico. Consiste en un horno cerrado con resistencias eléctricas internas, capaz de alcanzar temperaturas de hasta 200 °C. No obstante, para este proceso específico se opera a 110 °C, en cumplimiento de la norma ASTM D2216, que establece las condiciones para la determinación de humedad en materiales sólidos.
Analizador portátil XRF	1	Análisis elemental no destructivo in situ	Permite la detección cualitativa y semicuantitativa de metales directamente sobre muestras sólidas. Es importante para la caracterización inicial de residuos o concentrados, así como para la evaluación de remanentes metálicos tras los procesos de tratamiento metalúrgico.
Digestor automático para análisis de muestras sólidas	1	Digestión ácida controlada para disolver matrices sólidas	Equipo empleado en la etapa de preparación de muestras para análisis químico, cuya función es descomponer la matriz sólida y liberar los metales pesados retenidos antes de su cuantificación mediante Fluorescencia de Rayos X. Opera mediante rampas de temperatura programables lo que permite calentar las muestras en tubos de reacción junto con reactivos como HNO ₃ y HCl, favoreciendo y acelerando la disolución química de los componentes objetivo.
Campana extractora de humos sin conductos (polipropileno)	1	Protección del operador frente a gases y vapores químicos	Utilizada durante digestiones químicas, preparación de soluciones u otros procesos que generan vapores o gases tóxicos. Equipada con filtros internos de carbón activado, permite la purificación del aire mediante cartuchos reemplazables, recirculándolo limpio al ambiente sin necesidad de ductos de extracción externos.
Trituradora de mandíbulas	1	Reducción granulométrica	Equipo destinado a la fragmentación de muestras sólidas de gran tamaño, reduciéndolas a partículas más manejables que facilitan el tamizado y los procesos posteriores de lixiviación. Funciona mediante dos mandíbulas metálicas: una fija y otra móvil, que ejercen compresión y fricción sobre el material, provocando su fractura y reducción de tamaño.

1. EQUIPOS			
Nombre de equipo	Cantidad	Función principal	Operatividad dentro del proceso metalúrgico
Tamizadora electromagnética digital	1	Clasificación granulométrica por tamaños	Equipo utilizado para la separación de fracciones sólidas según el tamaño de partícula, mediante el uso de una columna de tamices de N 30, 60, 100, 140, 170 y 200, más la tapa y el fondo. Resulta fundamental en la caracterización granulométrica de materiales antes y después de la trituración, así como en la preparación de fracciones específicas para los procesos de lixiviación y/o digestión química. Opera aplicando vibraciones verticales inducidas por un imán oscilante, lo que permite el paso diferencial de las partículas a través de los tamices según su tamaño.
Báscula electrónica / balanza digital gramera (hasta 40 kg)	1	Pesaje de muestras sólidas o reactivos	Fundamental para cuantificar de forma precisa las cantidades de muestra, reactivos o productos sólidos obtenidos durante cada etapa del proceso.
Agitador magnético con plancha calefactora	1	Disolución y calentamiento de soluciones a pequeña escala	Equipo utilizado en la preparación de soluciones de lixiviación. Integra un sistema de agitación magnética, donde un imán rotatorio en la base impulsa el movimiento de una barra magnética dentro del vaso contenedor, asegurando una mezcla homogénea. Además, incorpora una resistencia calefactora bajo la superficie de trabajo que permite calentar la solución, facilitando la disolución de compuestos con baja solubilidad.
Medidor de pH	1	Medición del pH de soluciones líquidas	Permite controlar y monitorear con precisión las condiciones de pH durante procesos de lixiviación, precipitación y regeneración de materiales adsorbentes, siendo un parámetro crítico para la movilidad y especiación de metales pesados. Incluye sonda para medición.
Agitador mecánico digital LCD (SCI40-S, 40L y SCI20-S, 20L)	3	Mezcla controlada de soluciones y sólidos	Son (2) dos agitadores mecánicos de alto torque, diseñados para trabajar con pulpas de hasta 40 litros, y un tercer agitador con capacidad para 20 litros, todos con control digital de velocidad y temporización, adecuados para operaciones de mezcla homogénea en procesos de lixiviación o tratamiento químico de muestras. Un motor eléctrico acciona un eje vertical acoplado a una hélice, generando una agitación uniforme y controlada de suspensiones. El sistema de control digital permite regular con precisión la velocidad de agitación y el tiempo de operación, garantizando condiciones reproducibles durante el proceso. Su capacidad volumétrica facilita el tratamiento por lotes de muestras sólidas en medio líquido.
Filtro prensa de laboratorio	1	Separación sólido- líquido mediante presión	Equipo utilizado para la separación sólido-líquido posterior a la lixiviación, permitiendo: 1. Recuperar las soluciones enriquecidas en metales pesados para su posterior tratamiento con el material adsorbente y 2. Obtener residuos sólidos estabilizados (sin presencia de metales contaminantes). Lo anterior lo hace fundamental en la etapa de cierre del proceso de tratamiento. Funciona mediante una bomba que impulsa la suspensión hacia un sistema de placas con telas filtrantes; la presión aplicada fuerza el paso del líquido a través del medio filtrante, mientras los sólidos quedan retenidos, formando tortas de filtración.
Fuente de alimentación de corriente continua programable	1	Suministro de energía eléctrica controlada para ensayos de electro obtención.	Empleada en el proceso de electrodeposición de oro tras la etapa de lixiviación con agentes complejantes alternativos. Suministra voltajes y corrientes controladas mediante circuitos de regulación conmutada, lo que permite establecer con precisión el potencial electroquímico y el tiempo de aplicación necesarios para la deposición selectiva del metal. Se conecta a una celda electroquímica con electrodos específicos (ánodo y cátodo - incluidos), adaptados al sistema de recuperación de metales.
Bomba de vacío	1	Generación de vacío para filtración pequeña	Requerido para el sistema de filtración al vacío empleando embudos Büchner, durante las etapas de activación y regeneración de los materiales adsorbentes. Funciona mediante una bomba de diafragma o de paletas rotativas, que extrae aire o gases de un sistema cerrado, generando vacío al reducir la presión interna y acelerando así el proceso de separación sólido-líquido.

2. SUMINISTROS	
Categoría	Descripción ejecutiva y uso previsto
Reactivos y materiales analíticos	Incluyen sustancias químicas de carácter no tóxico ni corrosivo, empleadas en la etapa de caracterización cualitativa de metales pesados presentes en las muestras. Se utilizan indicadores específicos para determinación de especies metálicas, reactivos orgánicos biodegradables para lixiviación selectiva, agentes oxidantes para potenciar la disolución de metales y materiales adsorbentes para la captura de metales disueltos en solución.
Vidriería e insumos generales	Debido a la naturaleza móvil del laboratorio, todo el material de laboratorio es en plástico resistente a agentes químicos, especialmente polipropileno (PP) y politetrafluoroetileno (PTFE), adecuados para ácidos, soluciones orgánicas y agentes oxidantes. Incluye: pipetas graduadas, vasos de precipitado, balones aforados, matraces de filtración, reactores de agitación para lixiviación, todos en diferentes volúmenes según requerimiento. Se integran además electrodos para electrólisis, mangueras para bomba de vacío, espátulas, embudos, tubos y frascos para el almacenamiento de soluciones.
Elementos de protección personal	Garantizan la seguridad del personal técnico frente a riesgos químicos, térmicos y mecánicos durante el procesamiento de muestras. Incluyen protección para ojos (gafas de seguridad), oídos (protectores auditivos de inserción y tipo copa), manos (guantes de nitrilo y de Nylon Poliuretano multipropósito), vías respiratorias (mascarillas con filtro y Kn95), pies (botas antideslizantes de seguridad y de PVC de caña alta) y cuerpo completo (overoles de alta resistencia química y batas de laboratorio).
Ferretería	Conjunto de herramientas básicas para la recolección y preparación de muestras en terreno, incluyendo pala, bolsas y lonas resistentes, almadana para fragmentación primaria, brochas para limpieza de tamices para facilitar la obtención y el manejo seguro de materiales sólidos contaminados.
Papelería	Elementos de apoyo logístico para el embalaje, rotulado y trazabilidad de muestras. Incluye bolsas ziploc impermeables, etiquetas adhesivas, marcadores permanentes, bitácoras de campo, asegurando una gestión sistemática y segura de la información asociada a cada muestra tratada.

Normas aplicables al prototipo móvil de remediación minera:

- Clasificación granulométrica: ASTM C136-06, empleando tamices normalizados ASTM E-11
- Preparación de muestras para caracterización: método EPA 3051A (SW-846 Test Method 3051A, 2024)
- Cuantificación metálica: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, métodos 3111 y 3120 para absorción atómica con llama y emisión atómica con plasma, respectivamente.
- El proceso hidrometalúrgico de lixiviación y adsorción por intercambio iónico se ejecutó conforme a los lineamientos de Habashi en cinética y equilibrio, dado que no existe normativa específica para estos tratamientos, asegurando así un fundamento técnico-científico reconocido en metalurgia extractiva. (Habashi, F. (2017). Principles of EXTRACTIVE METALLURGY. En Routledge eBooks. <https://doi.org/10.1201/9780203742112>)