



Contribuciones o aportes científicos del ponente

El Dr. Pedro Delvasto ha realizado contribuciones significativas al desarrollo de la ciencia e ingeniería de materiales, con énfasis en la recuperación sostenible de materiales estratégicos y la formación de talento humano altamente calificado. Su trayectoria académica y científica ha estado orientada a la generación de conocimiento y al desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de residuos industriales y urbanos, contribuyendo al fortalecimiento de la economía circular y al uso eficiente de los recursos minerales.

En el ámbito de la formación de talento humano, ha dirigido más de cuarenta trabajos de grado de pregrado, incluyendo tesis y pasantías industriales de fin de carrera, además de dos tesis de maestría. Su labor docente inició como Profesor Asociado de dedicación exclusiva en el Departamento de Ciencia de los Materiales de la Universidad Simón Bolívar, cargo que desempeñó hasta febrero de 2015. Posteriormente, se vinculó a la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales de la Universidad Industrial de

Santander (UIS), donde actualmente es Profesor Titular e integra el Grupo de Investigación en Minerales, Biohidrometalurgia y Medioambiente, consolidando una destacada labor en investigación, docencia y formación de nuevos investigadores.

Entre sus principales aportes científicos se destaca el desarrollo de un marco integrado para la recuperación de materiales estratégicos a partir de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), baterías agotadas y residuos de construcción y demolición. Este enfoque ha permitido avanzar en el diseño de procesos sostenibles para el aprovechamiento de fuentes secundarias de materias primas críticas, contribuyendo a disminuir la presión sobre los recursos minerales convencionales y promoviendo modelos de producción más sostenibles.

Sus investigaciones han generado importantes avances en la recuperación hidrometalúrgica y pirometalúrgica de metales de alto valor estratégico, entre ellos cobre, oro, plata, paladio, manganeso, cobalto, litio y elementos de tierras raras. Estos desarrollos han permitido optimizar procesos de extracción y valorización de residuos complejos, incrementando la eficiencia de recuperación de metales críticos para sectores como la transición energética, la manufactura avanzada y las tecnologías de almacenamiento de energía.

Uno de los impactos más relevantes de sus investigaciones ha sido la generación de capacidades científicas y tecnológicas orientadas a reducir la dependencia de Colombia de la importación de metales estratégicos. Sus contribuciones han fortalecido las capacidades nacionales en

el área de reciclaje de materiales críticos, apoyando el desarrollo de tecnologías propias para el aprovechamiento de residuos como fuentes alternativas de materias primas y favoreciendo la implementación de estrategias de economía circular.

Adicionalmente, sus investigaciones han producido resultados experimentales de alto impacto mediante la aplicación de técnicas avanzadas de caracterización de materiales, tales como fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido con espectroscopía de dispersión de energía (SEM-EDX) y espectroscopía de absorción atómica (AA). Estos estudios han demostrado que diversos residuos tecnológicos e industriales presentan concentraciones de metales comparables con las de yacimientos minerales primarios, aportando evidencia científica que respalda su aprovechamiento como fuentes secundarias de recursos estratégicos.

En conjunto, la producción científica del Dr. Pedro Delvasto ha contribuido de manera significativa al avance de la metalurgia extractiva, la biohidrometalurgia, la ingeniería de materiales y la gestión sostenible de residuos, consolidándolo como un referente en el desarrollo de tecnologías para la recuperación de materiales críticos y el fortalecimiento de la investigación aplicada en Colombia.

La minería urbana y su papel dentro del nuevo enfoque de la economía circular

Autor(es)

Pedro Luis Delvasto Angarita¹

**¹Escuela de Ingeniería Metalúrgica y
Ciencia de Materiales, Universidad
Industrial de Santander,
Bucaramanga, Colombia**

***Autor de correspondencia:
delvasto@uis.edu.co**

Palabras clave: minería urbana, economía circular, RAEE, metales estratégicos, hidrometalurgia, materias primas secundarias

Resumen

El presente trabajo titulado “La minería urbana y su papel dentro del nuevo enfoque de la economía circular” presenta una visión general sobre la recuperación de materiales valiosos a partir de residuos tecnológicos y urbanos, abordando aspectos relacionados con metales, polímeros, materiales compuestos y tierras raras. En primer lugar, el autor destaca la importancia de la minería urbana frente al agotamiento de recursos minerales primarios y la creciente generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), como base para cerrar los ciclos de vida de los materiales en Colombia. Uno de los ejes centrales del trabajo es la caracterización, composicional de residuos urbanos mediante técnicas como fluorescencia y difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido y espectroscopía de absorción atómica, donde se evidencia que

las tarjetas de circuitos impresos contienen concentraciones de cobre y metales preciosos superiores a las de yacimientos minerales convencionales. Esto permite aplicaciones en rutas hidrometalúrgicas y pirometalúrgicas para la recuperación de cobre, oro, plata, paladio, manganeso, cobalto y litio.

Asimismo, se presentan ejemplos que demuestran el potencial de las baterías de ion-litio agotadas como fuente de cobalto, litio, manganeso y níquel para nuevas baterías y dispositivos de almacenamiento energético.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con la informalidad en la recolección de RAEE, la falta de infraestructura de procesamiento y las barreras regulatorias. En este sentido, se resalta la importancia de articular políticas públicas y modelos de negocio para promover la valorización formal de residuos tecnológicos en el país.

Urban mining and its role within the new circular economy approach

Author(s)

Pedro Luis Delvasto Angarita¹
**¹School of Metallurgical Engineering
and Materials Science, Universidad
Industrial de Santander,
Bucaramanga, Colombia**

***Corresponding author:**
delvasto@uis.edu.co

Keywords: urban mining, circular economy, WEEE, strategic metals, hydrometallurgy, secondary raw materials

Abstract

This paper entitled “Urban mining and its role within the new circular economy approach” provides an overview of the recovery of valuable materials from technological and urban waste, addressing aspects related to metals, polymers, composite materials and rare earth elements.

First, the author emphasizes the importance of urban mining in the face of primary mineral resource depletion and the growing generation of waste electrical and electronic equipment (WEEE), as a basis for closing material life cycles in Colombia.

One of the central aspects of the work is the compositional characterization of urban waste using techniques such as X-ray fluorescence and diffraction, scanning electron microscopy and atomic absorption spectroscopy, demonstrating

that printed circuit boards contain concentrations of copper and precious metals higher than those of conventional mineral deposits. This enables applications in hydrometallurgical and pyrometallurgical routes for the recovery of copper, gold, silver, palladium, manganese, cobalt and lithium.

Additionally, examples are presented illustrating the potential of spent lithium-ion batteries as a source of cobalt, lithium, manganese and nickel for new batteries and energy storage devices.

Finally, the study discusses challenges related to informality in WEEE collection, lack of processing infrastructure, and regulatory barriers, and highlights the importance of coordinating public policies and business models to promote the formal valorization of technological waste in the country.