

REVISTA RIDING

Revista de Investigaciones, Desarrollo e Innovación en Ingenierías

Barrancabermeja - Colombia

REVISTA PARA LA DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DE AVANCES DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

ISSN 2590-5929

VIGILADA MIN EDUCACIÓN

SUMPLEMENTO

MEMORIAS

7º CONGRESO DE

PRODUCTIVIDAD, DESARROLLO E INNOVACIÓN

Enfoque humano, sostenible y resiliente a la industria



ESCUELA DE INGENIERÍA
DE PRODUCCIÓN

GREIP
GRUPO DE INVESTIGACIÓN
EN REINGENIERÍA, INNOVACIÓN
Y PRODUCTIVIDAD

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE LA PAZ

Ing. OSCAR ORLANDO PORRAS ATENCIA. PhD.
Rector

Biol. KELLY CRISTINA TORRES ANGULO. Mag.
Vicerrectora

Ing. GISEL ANDREA OVIEDO CORREDOR. Mag.
Editora

COMITÉ EDITORIAL

MVZ. Carlos Augusto Vásquez Rojas. Mag.

Ing. Gisel Andrea Oviedo Corredor. Mag.

Ing. Juan Esteban Foronda Quiroz Mag.

Ing. Drailyn Dayana Cuéllar Zambrano

Ing. Luz Yurley Rueda Quiroz Esp.

Ing. Cindy Mirley Ramírez Hoyos Mag.

Diseñadora

María del Pilar Giraldo Castrillón

Sitio en línea:

<https://revistas.unipaz.edu.co/index.php/RIDING>

CONTENIDO PONENCIAS

<i>Economía circular en el sector textil: retos operativos y logísticos para su implementación.....</i>	<i>1</i>
<i>k. Aguilar Imitola, S. Jaen, P. Maya Duque</i>	
<i>De desecho peligroso a recurso industrial: economía circular y minería urbana aplicada a baterías usadas</i>	<i>4</i>
<i>N. Ardila Santamaría, P. Delvasto Angarita</i>	
<i>Diseño de procesos inherentemente seguros para producción de bioturbosina.....</i>	<i>7</i>
<i>G. Contreras Zarzúa</i>	
<i>Biorrefinerías: una opción segura en el camino de la bioeconomía circular.....</i>	<i>9</i>
<i>E. Castro Galiano</i>	
<i>La minería urbana y su papel dentro del nuevo enfoque de la economía circular.....</i>	<i>12</i>
<i>P. Delvasto Angarita</i>	
<i>Diseño y evaluación estructural de un paradero inteligente autosostenible incorporando un sistema fotovoltaico y telemetría ambiental.....</i>	<i>16</i>
<i>M.S. Acosta Castro, A. M. Salinas Cala</i>	
<i>Ingeniería conectada: productividad, innovación y sostenibilidad en la nueva era digital.....</i>	<i>19</i>
<i>D. López Ortega</i>	
<i>Bioeconomía y economía circular: transformando residuos agrícolas en oportunidades.....</i>	<i>23</i>
<i>D. Nabarlatz</i>	
<i>Innovación circular en la agroindustria: del laboratorio a la planta industrial.....</i>	<i>26</i>
<i>Y. Portilla Portilla</i>	

<i>Evaluación de la eficiencia de la captura de CO₂ por mineralización con carbonato de sodio.....</i>	<i>29</i>
<i>S. S. López Delgado, E.M. Morales Valencia, E. A. Velasco Rozo</i>	
<i>Transformando los makerspaces universitarios en ecosistemas circulares: valorización de residuos y el marco EOP como catalizadores de una cultura de ingeniería verde.....</i>	<i>32</i>
<i>N. Granda</i>	
<i>Gestión de riesgos en seguridad laboral sostenible.....</i>	<i>35</i>
<i>J. Rey Valdivieso</i>	
<i>Detección de anomalías en sistemas fotovoltaicos con aprendizaje no supervisado.....</i>	<i>38</i>
<i>D. X. Corvacho Márquez</i>	



Contribuciones o aportes científicos del ponente

Karin Julieth Aguilar Imitola es candidata a Doctorado en Ingeniería por la Universidad de Antioquia, Magíster en Ingeniería Industrial e Ingeniera Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Ha consolidado un perfil investigativo orientado a la optimización de sistemas logísticos y la gestión de la cadena de suministro, con reconocimiento como Investigadora Asociada por el Ministerio de Ciencias y Tecnologías de Colombia, y como evaluadora del programa +Mujer +Ciencia +Equidad de la OEI.

Su trabajo doctoral se centra en el desarrollo de una metodología para la gestión de operaciones en la cadena de suministro circular de la industria textil, una línea que articula la economía circular con la investigación de operaciones. Esta vocación por la optimización aplicada a problemas reales se evidencia desde su tesis de maestría, donde diseñó un modelo multiobjetivo de localización-ruteo para la planeación logística en la fase de preparación ante sismos en Bucaramanga, integrando ventanas de tiempo y

algoritmos meméticos para la atención de desastres.

En su trayectoria ha liderado proyectos de alto impacto social, como el modelo matemático para la localización de refugios y la asignación de recursos ante inundaciones y remoción en masa en Bucaramanga (Universidad Santo Tomás, 2019–2020), y ha participado como profesional de investigación en el desarrollo de un framework para la gestión de sistemas de atención de emergencias y en el estudio del sistema logístico de carga en los principales corredores de Colombia (E-Transcol), ambos en la Universidad Industrial de Santander.

Sus contribuciones se han materializado en publicaciones como el algoritmo ALNS para el problema de ruteo de vehículos con entregas divididas en la distribución de última milla (Revista UIS Ingenierías, 2022), una revisión de perspectivas de investigación de operaciones en gestión de desastres (Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, 2019), un algoritmo ABC para la distribución de recursos post-desastre (BEIO, 2018), y un algoritmo memético para la minimización del makespan en el problema de Job Shop Scheduling (2017), entre otras.

Economía circular en el sector textil: retos operativos y logísticos para su implementación

Autor(es)

**Karin Aguilar Imitola¹, Sebastián Jaen¹
y Pablo Maya Duque¹**

**¹Grupo de investigación Analítica e
Investigación para la toma de
decisiones-ALIADO, Departamento de**

**Ingeniería Industrial, Universidad de
Antioquia, Medellín, Colombia**

***Autor de correspondencia:**

karin.aguilar@udea.edu.co

Palabras clave: economía circular, sector textil, cadena de suministro, logística inversa, modelos de negocio circulares, gestión de operaciones

Resumen

El presente trabajo titulado “Economía circular en el sector textil: retos operativos y logísticos para su implementación” presenta una visión general sobre los retos que enfrenta la industria textil y de confecciones (T&A) para adoptar modelos de negocio circulares, abordando aspectos relacionados con el diseño de producto, la clasificación de residuos y la logística inversa.

En primer lugar, las autoras destacan la importancia de la economía circular como modelo orientado a minimizar residuos y extender el ciclo de vida de los materiales, como base para reconfigurar la operatividad de los modelos de negocio tradicionales del sector T&A.

Uno de los ejes centrales del trabajo es la identificación de siete categorías de barreras operativas y logísticas diseño del producto, clasificación de residuos, infraestructura de logística inversa, trazabilidad, coordinación interorganizacional, condiciones de mercado y viabilidad económica, donde se evidencia que estas barreras están interrelacionadas y no actúan de forma aislada. Esto permite comprender la circularidad textil como un problema de

gestión de operaciones y cadena de suministro, con aplicaciones en la planificación logística y el diseño de procesos de recuperación. Asimismo, se presentan evidencias empíricas del sector textil colombiano que demuestran el impacto de la falta de infraestructura, trazabilidad y mercados secundarios consolidados sobre la escalabilidad de las estrategias circulares.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con la viabilidad económica y la coordinación entre actores de la cadena de valor, incluyendo costos de recolección y clasificación. En este sentido, se resalta la importancia de diseñar procesos, infraestructura y mecanismos de coordinación integrados para promover una transición circular efectiva en el sector T&A.

***Circular economy in the textile sector:
operational and logistical challenges for
its implementation***

Author(s)

**Karin Aguilar Imitola¹, Sebastián Jaen¹
and Pablo Maya Duque¹**

**¹Analytics and Decision-Making
Research Group-ALIADO,
Department of Industrial Engineering,
Universidad de Antioquia, Medellín,
Colombia**

***Corresponding author:**

karin.aguilar@udea.edu.co

Keywords: circular economy, textile sector, supply chain, reverse logistics, circular business models, operations management

Abstract

This paper entitled “Circular economy in the textile sector: operational and logistical challenges for its implementation” provides an overview of the challenges faced by the textile and apparel (T&A) industry in adopting circular business models, addressing aspects related to product design, waste classification and reverse logistics.

First, the authors emphasize the importance of the circular economy as a model aimed at minimizing waste and extending the life cycle of materials, as the foundation for reconfiguring the operations of traditional T&A business models.

One of the central aspects of the work is the identification of seven categories of operational and logistical barriers product design, waste classification, reverse logistics infrastructure, traceability, inter-organizational coordination, market conditions and economic viability, demonstrating that these barriers are interrelated rather than isolated. This enables understanding textile circularity as an operations and supply chain management problem, with applications in logistics planning and recovery process design. Additionally, empirical evidence from the Colombian textile sector is presented, illustrating the impact of insufficient infrastructure, traceability and consolidated secondary markets on the scalability of circular strategies.

Finally, the study discusses challenges related to economic viability and coordination among value chain actors, including collection and sorting costs, and highlights the importance of designing integrated processes, infrastructure and

coordination mechanisms to promote an effective circular transition in the T&A sector.



Contribuciones o aportes científicos del ponente

Nadia Ardila Santamaría es Ingeniera Química con doble titulación universitaria de Colombia y Francia, especializada en ingeniería de productos de consumo e I+D. Actualmente cursa un Doctorado en Ingeniería de Materiales en la Universidad Industrial de Santander (UIS). Es trilingüe (español, francés e inglés) y cuenta con aproximadamente 10 años de experiencia industrial en Colombia, Francia y Suiza, en los sectores de productos cerámicos y alimenticios.

Sus contribuciones científicas se enmarcan en dos líneas principales. Por un lado, ha desarrollado investigación en la valorización hidrometalúrgica de baterías Ni-Cd gastadas utilizando ácidos orgánicos, lo que se inscribe en el campo de la recuperación de materiales y la economía circular aplicada a residuos electrónicos. Por otro lado, ha trabajado en el estudio del apelmazamiento inducido por humedad en polvos de bebidas, una investigación con colaboración de la industria alimentaria que aborda un

problema técnico relevante para la calidad y estabilidad de productos en polvo.

Sus áreas abarcan baterías de litio, caracterización de materiales, vidrio-cerámicas y cerámicas avanzadas, lo que refleja un perfil científico en la frontera entre la ingeniería química y la ciencia de materiales, con aplicaciones tanto en el sector energético como en la industria de consumo.

De desecho peligroso a recurso industrial: economía circular y minería urbana aplicada a baterías usadas mediante valorización de metales estratégicos

Autor(es)

Nadia Ardila Santamaría¹, Pedro Delvasto Angarita¹

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

***Autor de correspondencia:**
nadia.ardila@gmail.com

Palabras clave: minería urbana, baterías, economía circular, metales estratégicos, valorización de residuos, mantenimiento productivo total

Resumen

El presente trabajo titulado “De desecho peligroso a recurso industrial: economía circular y minería urbana aplicada a baterías usadas mediante valorización de metales estratégicos” presenta una visión general sobre el aprovechamiento de residuos de pilas alcalinas y baterías de ion-litio (LIBs), abordando aspectos relacionados con la recuperación de metales estratégicos como manganeso, cobalto, zinc y níquel.

En primer lugar, las autoras destacan la importancia de la minería urbana como alternativa sostenible frente al crecimiento acelerado de residuos de baterías y la alta dependencia de importación de metales en Colombia, como base para reincorporar estos materiales a nuevos ciclos productivos.

Uno de los ejes centrales del trabajo es la aplicación de procesos hidrometalúrgicos basados en lixiviación ácida y tratamientos vía sol-gel, donde se evidencia que es posible obtener fritas y esmaltes pigmentados, recubrimientos cerámicos estables y microsensors electroquímicos funcionales. Esto permite aplicaciones en la industria cerámica y en el desarrollo de sensores de pH a partir de residuos peligrosos.

Asimismo, se presentan ejemplos que demuestran la disminución de la dependencia de materias primas vírgenes, tales como recubrimientos vítreos y esmaltes obtenidos directamente de residuos de baterías.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con la seguridad industrial durante el procesamiento de estos residuos. En este sentido, se resalta la importancia de integrar mantenimiento productivo total (TPM) y prevención de riesgos para promover la sostenibilidad y la formación de ingenieros en gestión integral de residuos.

From hazardous waste to industrial resource: circular economy and urban mining applied to used batteries through strategic metal recovery

Author(s)

Nadia Ardila Santamaría¹, Pedro Delvasto Angarita¹
¹School of Metallurgical Engineering and Materials Science, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

***Corresponding author:**
nadia.ardila@gmail.com

Keywords: urban mining, batteries, circular economy, strategic metals, waste valorization, total productive maintenance

Abstract

This paper entitled “From hazardous waste to industrial resource: circular economy and urban mining applied to used batteries through strategic metal recovery” provides an overview of the recovery of alkaline battery and lithium-ion battery (LIB) waste, addressing aspects related to the

recovery of strategic metals such as manganese, cobalt, zinc and nickel.

First, the authors emphasize the importance of urban mining as a sustainable alternative to the accelerated growth of battery waste and Colombia's high dependence on metal imports, as a basis for reincorporating these materials into new production cycles.

One of the central aspects of the work is the application of hydrometallurgical processes based on acid leaching and sol-gel treatments, demonstrating that it is possible to obtain pigmented frits and glazes, stable ceramic coatings and functional electrochemical microsensors. This enables applications in the ceramics industry and the development of pH sensors from hazardous waste.

Additionally, examples are presented illustrating the reduced dependence on virgin raw materials, including glass coatings and glazes obtained directly from battery waste.

Finally, the study discusses challenges related to industrial safety during the processing of this waste, and highlights the importance of integrating total productive maintenance (TPM) and risk prevention to promote sustainability and the training of engineers in comprehensive waste management.

Contribuciones o aportes científicos del ponente

Desarrollo de tres rutas de producción de bioturbosina (HEFA, SHC y ATJ) aplicando los principios de diseño inherentemente seguro (ISD).

Aplicaciones relevantes en la reducción de inventarios de materiales peligrosos, sustitución de reactivos y moderación de condiciones de operación, validadas con análisis de ciclo de vida.

Impacto en la descarbonización del sector aéreo y en la transición energética global mediante combustibles de aviación sostenibles (SAF).

Resultados destacados: mejora promedio del 35% en los índices de seguridad inherente, sin deterioro del desempeño económico y ambiental del proceso.

Diseño de procesos inherentemente seguros para producción de bioturbosina

Autor(es)

Dr. Gabriel Contreras Zarazúa¹

**¹Universidad Autónoma
Metropolitana, México**

***Autor de correspondencia:
gcontreras@xanum.uam.mx**

Palabras clave: bioturbosina, combustible de aviación sostenible, diseño inherentemente seguro, análisis de ciclo de vida, descarbonización, seguridad de procesos

Resumen

El presente trabajo titulado “Diseño de procesos inherentemente seguros para producción de bioturbosina” presenta una visión general sobre la aplicación de principios de diseño inherentemente seguro (ISD) en la producción de combustible de aviación sostenible (SAF), abordando aspectos relacionados con la seguridad de procesos y la descarbonización del sector aéreo.

En primer lugar, el autor destaca la importancia de la bioturbosina como alternativa capaz de reducir hasta un 80% las emisiones de ciclo de vida respecto al combustible convencional, como base para enfrentar el reto de operar con materiales inflamables y condiciones de presión y temperatura elevadas.

Uno de los ejes centrales del trabajo es la aplicación de los principios de minimización, sustitución, moderación y simplificación en tres rutas de producción —HEFA, SHC y ATJ—, donde se evidencia que modificaciones como la reducción del inventario de hidrógeno o la sustitución de catalizadores ácidos mejoran significativamente la seguridad sin afectar el rendimiento. Esto permite obtener diseños más seguros desde las etapas tempranas del proceso en lugar de medidas correctivas posteriores.

Asimismo, se presentan ejemplos que demuestran el impacto de estas

modificaciones, tales como la operación a temperaturas más bajas mediante microorganismos tolerantes al alcohol en la ruta ATJ.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con mantener el desempeño económico y ambiental del proceso. En este sentido, se resalta la importancia de la integración temprana del diseño inherentemente seguro para promover plantas de bioturbosina comercialmente viables y ambientalmente responsables.

Inherently safer process design for bio-jet fuel production

Author(s)

Dr. Gabriel Contreras Zarazúa¹

**¹Universidad Autónoma
Metropolitana, Mexico**

***Corresponding author:**

gcontreras@xanum.uam.mx

Keywords: bio-jet fuel, sustainable aviation fuel, inherently safer design, life cycle assessment, decarbonization, process safety

Abstract

This paper entitled “Inherently safer process design for bio-jet fuel production” provides an overview of the application of inherently safer design (ISD) principles in the production of sustainable aviation fuel (SAF), addressing aspects related to process safety and decarbonization of the aviation sector.

First, the author emphasizes the importance of bio-jet fuel as an alternative

capable of reducing life-cycle emissions by up to 80% compared to conventional fuel, as a basis for addressing the challenge of operating with flammable materials and elevated pressure and temperature conditions.

One of the central aspects of the work is the application of the principles of minimization, substitution, moderation and simplification across three production routes HEFA, SHC and ATJ, demonstrating that modifications such as reducing hydrogen inventory or substituting acid catalysts significantly improve safety without affecting yield. This enables safer designs from the early stages of the process rather than relying on later corrective measures.

Additionally, examples are presented illustrating the impact of these modifications, such as operating at lower temperatures using alcohol-tolerant microorganisms in the ATJ route.

Finally, the study discusses challenges related to maintaining the economic and environmental performance of the process, and highlights the importance of early integration of inherently safer design to promote commercially viable and environmentally responsible bio-jet fuel plants.



Contribuciones o aportes científicos del ponente

El Dr. Eulogio Castro Galiano es investigador del Departamento de Ingeniería Química, Materiales y Medio Ambiente de la Universidad de Jaén, España, y responsable del Grupo de Investigación en Ingeniería Química y Ambiental (TEP-233). Es el Director del Instituto Interuniversitario de Investigación en Biorrefinerías (I3B) y miembros de la Sociedad Iberoamericana para el Desarrollo de las Biorrefinerías (SIADDEB). Sus líneas de investigación se centran en la producción de biocombustibles, el desarrollo de biorrefinerías, el aprovechamiento de biomasa, el tratamiento de aguas residuales y la producción de aceite de oliva.

Una de sus contribuciones más significativas ha sido la investigación sistemática del uso de residuos de la industria olívica como materia prima para la producción de bioetanol y otros bioproductos de valor agregado. Su trabajo ha abarcado múltiples tipos de biomasa lignocelulósica, incluyendo poda de olivo, hueso de aceituna, hojas de olivo, paja de colza, tallos de girasol, bagazo de caña de

azúcar y cáscaras de *Jatropha curcas*, explorando diversas estrategias de pretratamiento como ácido diluido, explosión por vapor, organosolv, agua líquida caliente, alcalino-peróxido y tratamiento con FeCl_3 .

Además del ámbito energético, su investigación ha integrado la valorización de subproductos de la industria del aceite de oliva, como el alpeorajo, para su uso en materiales de construcción (producción de ladrillos cerámicos), así como la obtención de azúcares, antioxidantes naturales y oligosacáridos con actividad prebiótica a partir de hojas y poda de olivo. También ha contribuido con evaluaciones tecno-económicas y medioambientales de diferentes configuraciones de biorrefinerías, proporcionando herramientas para la toma de decisiones en el diseño de procesos sostenibles.

Su producción científica, documentada entre 2006 y 2026, incluye publicaciones en revistas de alto impacto como *Bioresource Technology*, *Bioenergy Research*, *Renewable Energy*, *Applied Energy*, *Food Chemistry*, *Chemical Engineering Journal*, *Industrial Crops and Products*, y *Construction and Building Materials*, entre otras. Ha participado de manera recurrente en foros científicos internacionales como el *Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals* y la *European Biomass Conference and Exhibition*, consolidando una línea de investigación que conecta el aprovechamiento integral de la biomasa con el concepto de biorrefinería sostenible.

Biorrefinerías: una opción segura en el camino de la bioeconomía circular

Autor(es)

Eulogio Castro Galiano¹

¹Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales, Instituto de Investigación en Biorrefinerías, Universidad de Jaén, España

***Autor de correspondencia:**

ecastro@ujaen.es

Palabras clave: biorrefinerías, bioeconomía circular, biomasa lignocelulósica, valorización de residuos, residuos del olivar, biocombustibles

Resumen

El presente trabajo titulado “Biorrefinerías: una opción segura en el camino de la bioeconomía circular” presenta una visión general sobre la valorización integral de la biomasa mediante tecnologías de biorrefinería, abordando aspectos relacionados con la producción de energía, combustibles y productos químicos de valor añadido.

En primer lugar, el autor destaca la importancia de las biorrefinerías como instalaciones que integran procesos de conversión de biomasa para obtener múltiples productos, como base para reducir la dependencia de combustibles fósiles dentro del modelo de bioeconomía circular.

Uno de los ejes centrales del trabajo es la clasificación de rutas de conversión mecánicas, termoquímicas, bioquímicas y químicas aplicadas a biomasa azucarada, amiláceas, oleaginosas y lignocelulósicas, donde se evidencia que las biomasa lignocelulósicas destacan por su

abundancia y capacidad para sustituir parcialmente combustibles fósiles, a la vez que pueden tener efectos beneficiosos desde el punto de vista ambiental, al transformar residuos que, por su naturaleza, tienen que ser eliminados. Esto permite aplicaciones en la producción de bioetanol, biodiésel, biogás y materiales avanzados.

Asimismo, se presentan ejemplos como la valorización de hojas de olivo mediante explosión por vapor, que demuestra la obtención de azúcares fermentables, compuestos fenólicos y nanocelulosa, con un enfoque en cascada extrapolable a otros residuos agroalimentarios, como por ejemplo residuos del café.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con la heterogeneidad de la biomasa, los costos de pretratamiento y transporte, y la incertidumbre en los mercados de bioproductos. En este sentido, se resalta la importancia de la innovación tecnológica y el apoyo institucional para promover la expansión global de las biorrefinerías.

Biorefineries: a safe option on the path toward circular bioeconomy

Author(s)

Eulogio Castro Galiano¹

¹Department of Chemical, Environmental and Materials Engineering, Biorefinery Research Institute, University of Jaén, Spain

***Corresponding author:**

ecastro@ujaen.es

Keywords: biorefineries, circular bioeconomy, lignocellulosic biomass,

waste valorization, olive grove residues, biofuels

Abstract

This paper entitled “Biorefineries: a safe option on the path toward circular bioeconomy” provides an overview of the comprehensive valorization of biomass through biorefinery technologies, addressing aspects related to the production of energy, fuels and value-added chemical products.

First, the author emphasizes the importance of biorefineries as facilities that integrate biomass conversion processes to obtain multiple products, as a basis for reducing dependence on fossil fuels within the circular bioeconomy model.

One of the central aspects of the work is the classification of mechanical, thermochemical, biochemical and chemical conversion routes applied to sugar-based, starch-based, oil-based and lignocellulosic biomass, demonstrating that lignocellulosic biomass stands out for its abundance and capacity to partially replace fossil fuels. This enables applications in the production of bioethanol, biodiesel, biogas and advanced materials.

Additionally, examples are presented such as the valorization of olive leaves through steam explosion, demonstrating the production of fermentable sugars, phenolic compounds and nanocellulose, with a cascading approach that can be extrapolated to coffee residues.

Finally, the study discusses challenges related to biomass heterogeneity, pretreatment and transport costs, and

uncertainty in bioproduct markets, and highlights the importance of technological innovation and institutional support to promote the global expansion of biorefineries.



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.



Contribuciones o aportes científicos del ponente

Manuel Salvador Acosta Castro es Ingeniero Mecánico de la Universidad Industrial de Santander (UIS) y actualmente cursa la Maestría en Ingeniería Mecánica en la misma institución. Se desempeña como docente adscrito a la Escuela de Ingeniería de Producción del Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ), donde desarrolla actividades de docencia e investigación orientadas al diseño mecánico, la simulación numérica y la integración de tecnologías para soluciones de ingeniería.

En el componente investigativo participa en el proyecto "Diseño y evaluación estructural de un paradero inteligente autosostenible incorporando un sistema fotovoltaico y telemetría ambiental", iniciativa enfocada en el desarrollo de infraestructura urbana sostenible mediante la integración de sistemas fotovoltaicos, telemetría ambiental e Internet de las Cosas (IoT).

Dentro de sus principales contribuciones se destaca el desarrollo de un paradero inteligente autosostenible para sistemas de

transporte público colectivo urbano en ciudades intermedias, con aplicaciones en telemetría ambiental, sistemas fotovoltaicos autónomos e IoT aplicado a infraestructura urbana. Este trabajo hace parte del proyecto de investigación de Minciencias 1109-890-82201, desarrollado de manera articulada entre UNIPAZ, UNAD y la UPTC, obteniendo resultados como la validación estructural mediante simulación numérica, con un factor de seguridad aproximado de 1,3, y el dimensionamiento técnico y económico de un sistema fotovoltaico para la operación del prototipo.

Diseño y evaluación estructural de un paradero inteligente autosostenible incorporando un sistema fotovoltaico y telemetría ambiental

Autor(es)

**Manuel Salvador Acosta Castro¹, y
Andrés Mauricio Salinas Cala¹
¹GREIP, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia**

***Autor de correspondencia:
manuelsacostac@hotmail.com**

Palabras clave: paradero inteligente, sistema fotovoltaico, telemetría ambiental, Internet de las Cosas, análisis estructural, transporte público

Resumen

El presente trabajo titulado “Diseño y evaluación estructural de un paradero inteligente autosostenible incorporando un sistema fotovoltaico y telemetría ambiental” presenta una visión general sobre el diseño técnico de mobiliario

urbano inteligente, abordando aspectos relacionados con el Transporte Público Colectivo Urbano (TPCU) en ciudades intermedias.

En primer lugar, los autores destacan la importancia de transformar el paradero de buses en un nodo estratégico de interacción y comunicación mediante Internet de las Cosas (IoT), como base para mejorar la calidad del servicio de transporte y reducir los tiempos de espera de los usuarios.

Uno de los ejes centrales del trabajo es el diseño estructural en acero inoxidable AISI 304 mediante modelado CAD y simulación de esfuerzos de von Mises, donde se evidencia que un perfil cuadrado de 5×5 cm con 3 mm de espesor garantiza la integridad estructural con un factor de seguridad de aproximadamente 1,3. Esto permite aplicaciones en mobiliario urbano modular, de fácil ensamblaje y mantenimiento. Asimismo, se presenta el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo de 100 W con batería GEL de 40 Ah, que cubre una demanda diaria de 340 Wh, junto con un análisis económico que proyecta un costo total de \$12.791.627 pesos.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con el refuerzo estructural en zonas críticas mediante un pie de amigo. En este sentido, se resalta la importancia de este desarrollo para el proyecto Minciencias 1109-890-82201, que articula a UNIPAZ, UNAD y UPTC en la adaptación de ciudades intermedias al paradigma de ciudades inteligentes y sostenibles.

Structural design and evaluation of a self-sustainable smart bus stop incorporating a photovoltaic system and environmental telemetry

Author(s)

**Manuel Salvador Acosta Castro¹, and
Andrés Mauricio Salinas Cala¹
¹GREIP, Instituto Universitario de la
Paz, Barrancabermeja, Colombia**

***Corresponding author:**

manuelacostac@hotmail.com

Keywords: smart bus stop, photovoltaic system, environmental telemetry, Internet of Things, structural analysis, public transportation

Abstract

This paper entitled “Structural design and evaluation of a self-sustainable smart bus stop incorporating a photovoltaic system and environmental telemetry” provides an overview of the technical design of smart urban furniture, addressing aspects related to Urban Collective Public Transport (UCPT) in intermediate cities.

First, the authors emphasize the importance of transforming the bus stop into a strategic node for interaction and communication through the Internet of Things (IoT), as a basis for improving transportation service quality and reducing user waiting times.

One of the central aspects of the work is the structural design in AISI 304 stainless steel through CAD modeling and von Mises stress simulation, demonstrating that a 5×5 cm square profile with 3 mm thickness guarantees structural integrity

with a safety factor of approximately 1.3. This enables applications in modular urban furniture with easy assembly and maintenance.

Additionally, the sizing of an autonomous 100 W photovoltaic system with a 40 Ah GEL battery is presented, covering a daily demand of 340 Wh, along with an economic analysis projecting a total cost of \$12,791,627 Colombian pesos.

Finally, the study discusses challenges related to structural reinforcement in critical areas through additional bracing, and highlights the importance of this development for the Minciencias project 1109-890-82201, which coordinates UNIPAZ, UNAD and UPTC in adapting intermediate cities to the smart and sustainable cities paradigm.



Contribuciones o aportes científicos del ponente

Su trayectoria profesional ha estado orientada al desarrollo e implementación de tecnologías de transformación digital aplicadas a la ingeniería, la manufactura y la gestión de activos industriales. Su experiencia en diseño industrial, análisis de materiales y gestión de proyectos tecnológicos ha contribuido a la incorporación de herramientas avanzadas de modelado, simulación y digitalización de procesos, favoreciendo la modernización de organizaciones de los sectores manufacturero, de servicios y público en Colombia y América Latina.

Entre sus principales aportes se destaca el desarrollo de análisis de casos sobre la implementación de tecnologías asociadas con la Industria 4.0 en diferentes organizaciones, identificando factores críticos para la adopción de soluciones digitales y evaluando su impacto en la productividad, la eficiencia operativa y la sostenibilidad. Estos estudios han servido como referencia para la incorporación de tecnologías emergentes en procesos

industriales y para el fortalecimiento de estrategias de innovación tecnológica.

Sus contribuciones han tenido aplicaciones relevantes en el desarrollo e implementación de gemelos digitales, analítica predictiva y sistemas de mantenimiento inteligente de activos industriales, integrando herramientas de diseño asistido por computador, monitoreo en tiempo real y análisis de datos para optimizar los procesos de manufactura. Estos desarrollos han promovido modelos de producción más eficientes y sostenibles, alineados con los principios de la economía circular y la transformación digital.

Como resultado de estas iniciativas, se han documentado mejoras significativas en el desempeño operacional de las organizaciones, alcanzando reducciones de hasta un 30 % en los tiempos de ciclo de procesos productivos y disminuciones cercanas al 20 % en el consumo energético mediante estrategias de monitoreo y optimización en tiempo real. Adicionalmente, su trabajo ha contribuido al fortalecimiento de las competencias digitales de profesionales de la ingeniería, impulsando la adopción de nuevas tecnologías y consolidando capacidades para la innovación y la competitividad industrial en la región.

Ingeniería conectada: productividad, innovación y sostenibilidad en la nueva era digital

Autor(es)

Esp. David López Ortega

***Autor de correspondencia:**
DLopez@vias3d.com

Palabras clave: ingeniería conectada, Industria 4.0, productividad, sostenibilidad, gemelos digitales, transformación digital

Resumen

El presente trabajo titulado “Ingeniería conectada: productividad, innovación y sostenibilidad en la nueva era digital” presenta una visión general sobre la cuarta revolución industrial, abordando aspectos relacionados con tecnologías digitales avanzadas como el Internet de las Cosas, la inteligencia artificial y los gemelos digitales.

En primer lugar, el autor destaca la importancia de la ingeniería conectada o Industria 4.0 como catalizador de la productividad, como base para enfrentar los desafíos y oportunidades que plantea para los profesionales de la ingeniería y los sistemas de formación técnica.

Uno de los ejes centrales del trabajo es el análisis de casos de implementación de Industria 4.0 en empresas de manufactura, servicios y sector público de Colombia y América Latina, donde se evidencia que estas tecnologías generan mejoras

medibles en productividad y sostenibilidad. Esto permite reducciones de hasta 30% en tiempos de ciclo y 20% en consumo energético en operaciones monitoreadas en tiempo real.

Asimismo, se presentan ejemplos que demuestran el impacto de los gemelos digitales y la analítica predictiva, tales como la optimización del mantenimiento de activos industriales y la reducción de paradas no programadas.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con las brechas de competencias digitales, incluyendo la transformación cultural organizacional necesaria. En este sentido, se resalta la importancia de la inversión en formación continua y marcos regulatorios para promover la transformación digital responsable en Colombia y América Latina.

Connected engineering: productivity, innovation and sustainability in the new digital era

Author(s)

David López Ortega

***Corresponding author:**
DLopez@vias3d.com

Keywords: connected engineering, Industry 4.0, productivity, sustainability, digital twins, digital transformation

Abstract

This paper entitled “Connected engineering: productivity, innovation and sustainability in the new digital era” provides an overview of the fourth industrial revolution, addressing aspects related to advanced digital technologies such as the Internet of Things, artificial intelligence and digital twins.

First, the author emphasizes the importance of connected engineering or Industry 4.0 as a catalyst for productivity, as a basis for addressing the challenges and opportunities it poses for engineering professionals and technical training systems.

One of the central aspects of the work is the analysis of Industry 4.0 implementation cases in manufacturing, services and public-sector companies in Colombia and Latin America, demonstrating that these technologies generate measurable improvements in productivity and sustainability. This enables reductions of up to 30% in cycle times and 20% in energy consumption in real-time monitored operations.

Additionally, examples are presented illustrating the impact of digital twins and predictive analytics, such as optimizing industrial asset maintenance and reducing unplanned downtime.

Finally, the study discusses challenges related to digital skills gaps, including the necessary organizational cultural transformation, and highlights the importance of investment in continuous training and regulatory frameworks to promote responsible digital transformation in Colombia and Latin America.



Contribuciones o aportes científicos del ponente

La profesora Débora Nabarlatz ha realizado importantes contribuciones al desarrollo de la ingeniería química, particularmente en las áreas de valorización de biomasa residual, biorrefinerías y aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales. Su trayectoria académica, investigativa y de formación de talento humano ha permitido consolidar líneas de investigación orientadas a la transición hacia una bioeconomía sostenible y al desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento integral de los recursos renovables en Colombia.

Es Profesora Titular de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander, donde ha desarrollado una destacada labor docente durante más de quince años, principalmente en las áreas de operaciones unitarias y laboratorio de procesos. Es Ingeniera Química y Doctora (Ph.D.) en Ingeniería Química y de Procesos. Su producción científica comprende más de veinte artículos publicados en revistas especializadas, dos patentes otorgadas y la dirección de más de setenta trabajos de

investigación de pregrado y posgrado, contribuyendo de manera significativa a la formación de profesionales e investigadores en el campo de la ingeniería química.

Entre sus principales aportes científicos se destaca el desarrollo de una caracterización integral de las principales corrientes de residuos agrícolas colombianos, incluyendo biomasa proveniente de la caña de azúcar, el café, el cacao y la palma de aceite. Este trabajo permitió establecer el potencial de valorización de dichos residuos como materias primas para la obtención de biocombustibles, bioplásticos, compuestos bioactivos y materiales avanzados, promoviendo la sustitución de recursos de origen fósil y fortaleciendo el desarrollo de modelos de economía circular y bioeconomía.

Asimismo, sus investigaciones han impulsado la integración entre la academia, la industria y el gobierno para promover el desarrollo de biorrefinerías rurales en Colombia. Entre sus resultados más relevantes se encuentra la identificación de sinergias entre el sector agrícola y la industria química para el aprovechamiento integral de la biomasa residual, proporcionando bases científicas y tecnológicas para el desarrollo de procesos sostenibles que generan valor agregado, fortalecen las cadenas productivas rurales y favorecen la innovación en el sector agroindustrial.

En conjunto, las contribuciones científicas de la profesora Débora Nabarlatz han fortalecido el conocimiento sobre el aprovechamiento integral de la biomasa

residual, promoviendo el desarrollo de procesos innovadores y sostenibles que integran la investigación científica, la transferencia tecnológica y la formación de talento humano. Su trabajo ha consolidado una línea de investigación de alto impacto para la ingeniería química y ha contribuido al posicionamiento de Colombia en el ámbito de las biorrefinerías, la valorización de residuos y la bioeconomía.

***Bioeconomía y economía circular:
transformando residuos agrícolas en
oportunidades***

Autor(es)

Dra. Debora Nabarlatz¹

**¹Universidad Industrial de Santander,
Bucaramanga, Colombia**

Autor de correspondencia:

dnabarla@uis.edu.co

Palabras clave: bioeconomía, economía circular, residuos agrícolas, biorrefinería, biomasa lignocelulósica, valorización rural

Resumen

El presente trabajo titulado “Bioeconomía y economía circular: transformando residuos agrícolas en oportunidades” presenta una visión general sobre la transformación de la relación entre los sistemas productivos agrícolas y los recursos naturales en Colombia, abordando aspectos relacionados con residuos lignocelulósicos de caña de azúcar, café, cacao y palma de aceite.

En primer lugar, la autora destaca la importancia de la bioeconomía y la economía circular como paradigmas complementarios, como base para crear valor mediante la transformación de residuos en biocombustibles, bioplásticos y compuestos bioactivos.

Uno de los ejes centrales del trabajo es la caracterización química de las corrientes de residuos agrícolas y su potencial de conversión mediante rutas termoquímicas, bioquímicas y químicas, donde se evidencia que Colombia genera millones de toneladas anuales de residuos con alto potencial de valorización. Esto permite aplicaciones en la producción de bioetanol, ácidos orgánicos, biogás y biofertilizantes.

Asimismo, se presentan ejemplos que demuestran el impacto de compuestos fenólicos de café y cacao, tales como sus aplicaciones en las industrias cosmética, farmacéutica y alimentaria.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con las barreras tecnológicas y los mecanismos de financiamiento, incluyendo la necesidad de integración entre sectores. En este sentido, se resalta la importancia de desarrollar biorrefinerías rurales integradas para promover la competitividad y la descarbonización del sector agropecuario colombiano.

***Bioeconomy and circular economy:
transforming agricultural waste into
opportunities***

Author(s)

Dr. Debora Nabarlatz¹

**¹Universidad Industrial de Santander,
Bucaramanga, Colombia**

Corresponding author:

dnabarla@uis.edu.co

Keywords: bioeconomy, circular economy, agricultural waste, biorefinery, lignocellulosic biomass, rural valorization

Abstract

This paper entitled “Bioeconomy and circular economy: transforming agricultural waste into opportunities” provides an overview of the transformation in the relationship between agricultural production systems and natural resources in Colombia, addressing aspects related to lignocellulosic residues from sugarcane, coffee, cocoa and oil palm.

First, the author emphasizes the importance of bioeconomy and circular economy as complementary paradigms, as a basis for creating value through the transformation of waste into biofuels, bioplastics and bioactive compounds.

One of the central aspects of the work is the chemical characterization of agricultural waste streams and their conversion potential through thermochemical, biochemical and chemical routes, demonstrating that Colombia generates millions of tons of

waste annually with high valorization potential. This enables applications in the production of bioethanol, organic acids, biogas and biofertilizers.

Additionally, examples are presented illustrating the impact of phenolic compounds from coffee and cocoa, such as their applications in the cosmetic, pharmaceutical and food industries.

Finally, the study discusses challenges related to technological barriers and financing mechanisms, including the need for cross-sector integration, and highlights the importance of developing integrated rural biorefineries to promote the competitiveness and decarbonization of the Colombian agricultural sector.



Contribuciones o aportes científicos del ponente

El ingeniero Yovany Edilson Portilla Portilla es Ingeniero Químico de la Universidad Industrial de Santander (UIS) y actualmente se desempeña como Coordinador de Investigación y Desarrollo en Phina Biosoluciones, donde lidera proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación orientados al desarrollo de tecnologías sostenibles para los sectores agroindustrial, energético y de bioprocesos. Su experiencia se centra en la formulación y ejecución de proyectos de I+D+i, el escalamiento de procesos industriales y la transferencia tecnológica hacia el sector productivo.

Sus principales contribuciones científicas se orientan hacia la valorización de biomasa residual y el desarrollo de soluciones basadas en economía circular. Ha participado en investigaciones relacionadas con el aprovechamiento de residuos de la agroindustria palmera, la simulación y optimización de procesos industriales, la evaluación de factibilidad técnico-económica y el desarrollo de nuevos productos con apoyo de entidades como MinCiencias y Tecnoparque SENA.

Dentro de su trayectoria investigativa también sobresalen sus aportes en catálisis aplicada a biocombustibles, sostenibilidad industrial, vigilancia tecnológica, análisis de ciclo de vida y eficiencia energética. Asimismo, ha contribuido a la generación de conocimiento mediante publicaciones científicas, el apoyo en la redacción de un capítulo del libro Colombia hacia una sociedad del conocimiento y el desarrollo de una solicitud de patente relacionada con procesos industriales sostenibles. Estas experiencias respaldan su trabajo en innovación para la valorización de biomasa y el escalamiento de tecnologías con aplicación en la bioeconomía y la industria colombiana.

Innovación circular en la agroindustria: del laboratorio a la planta industrial en la valorización de biomasa palmera

Autor(es)

Ing. Yiovany Portilla Portilla¹
¹Phina Biosoluciones, Colombia

***Autor de correspondencia:**
investigacion@phinabiosoluciones.com

Palabras clave: biomasa de palma, fibra de mesocarpio, economía circular, alimentación animal, huella de carbono, valorización de subproductos

Resumen

El presente trabajo titulado “Innovación circular en la agroindustria: del laboratorio a la planta industrial en la valorización de biomasa palmera” presenta el modelo desarrollado por MIDAS Agroalimentos para la valorización de la fibra de mesocarpio, subproducto de la extracción de aceite de palma tradicionalmente destinado a la generación de vapor y energía.

El autor destaca cómo, mediante operaciones unitarias físicas y mecánicas —zaranda, secado fluidizado, separación neumática e hidrociclón—, la fibra de mesocarpio se transforma en NutPalm, un insumo para alimentación animal, generando mayor eficiencia, reducción de residuos, diversificación de productos con valor agregado e incremento en las fuentes de ingreso para las plantas extractoras.

Uno de los ejes centrales del trabajo es el escalamiento desde planta piloto hasta planta industrial: se presenta el caso de una planta MIDAS instalada en una extractora que procesa 150.000 t de racimos de fruta fresca (RFF) al año, produciendo 3.752 t/año de NutPalm, con un costo de producción de \$229.000 por tonelada.

Asimismo, se presentan los beneficios sociales y ambientales del modelo: reducción de emisiones de metano (CH₄) en ganado alimentado con NutPalm, disminución de aproximadamente 20% en las emisiones de GEI asociadas al transporte de fibra excedente, reducción de 20-30% en la generación de residuos, y una huella de carbono de la planta MIDAS de 15 t de CO₂eq totales (7,8 kg CO₂eq/t de NutPalm) en 2024.

Finalmente, el estudio aborda las necesidades y desafíos futuros del modelo, incluyendo el aprovechamiento del raquis y el uso de la mosca soldado negro para la producción de harina de larvas a partir de residuos orgánicos del sector palmero. En este sentido, se resalta la importancia de la colaboración entre el sector productivo, la academia y las entidades de fomento para promover la viabilidad económica de la valorización de biomasa palmera en Colombia.

Circular innovation in agribusiness: from the laboratory to the industrial plant in palm biomass valorization

Author(s)

Eng. Yovany Portilla Portilla¹
¹Phina Biosoluciones, Colombia

***Corresponding author:**

investigacion@phinabiosoluciones.com

Keywords: palm biomass, mesocarp fiber, circular economy, animal feed, carbon footprint, by-product valorization

Abstract

This paper entitled “Circular innovation in agribusiness: from the laboratory to the industrial plant in palm biomass valorization” presents the model developed by MIDAS Agroalimentos for the valorization of mesocarp fiber, a by-product of palm oil extraction traditionally used to generate steam and energy.

The author highlights how, through physical and mechanical unit operations —screening, fluidized-bed drying, pneumatic separation and hydrocyclone separation—, mesocarp fiber is transformed into NutPalm, an animal feed input, generating greater efficiency, waste reduction, diversification of value-added products and increased revenue streams for extraction plants.

One of the central aspects of the work is the scale-up from pilot to industrial plant: the case is presented of a MIDAS plant installed at an extraction facility that processes 150,000 t of fresh fruit bunches (FFB) per year, producing 3,752 t/year of NutPalm, at a production cost of \$229,000 COP per ton.

The social and environmental benefits of the model are also presented: reduced methane

(CH₄) emissions in cattle fed with NutPalm, an approximately 20% reduction in GHG emissions associated with transporting surplus fiber, a 20-30% reduction in waste generation, and a carbon footprint for the MIDAS plant of 15 t CO₂eq total (7.8 kg CO₂eq/t of NutPalm) in 2024.

Finally, the study addresses the model's future needs and challenges, including the use of empty fruit bunches and black soldier fly larvae for producing larvae meal from organic residues of the palm sector. In this regard, the importance of collaboration among the productive sector, academia and promotion entities is highlighted to promote the economic viability of palm biomass valorization in Colombia.

Contribuciones o aportes científicos del ponente

Las contribuciones científicas de Santiago Sneyder Lopez Delgado se han orientado al desarrollo de tecnologías para la captura y valorización de dióxido de carbono (CO₂), promoviendo alternativas sostenibles para la mitigación de emisiones industriales y el aprovechamiento de este gas como materia prima para la obtención de productos de valor agregado. Su trabajo se enmarca en la búsqueda de soluciones innovadoras para la descarbonización de procesos industriales y el fortalecimiento de la economía circular.

Uno de sus principales aportes ha sido el desarrollo de un montaje experimental en configuración semi-batch para evaluar la captura de CO₂ mediante procesos de mineralización utilizando carbonato de sodio. Esta plataforma experimental permitió estudiar la cinética y el desempeño del proceso bajo condiciones controladas, generando información técnica para el diseño y optimización de tecnologías de captura de carbono con potencial de escalamiento.

Sus investigaciones han demostrado aplicaciones relevantes en la transformación del CO₂ proveniente de gases de chimenea en bicarbonato de sodio, un compuesto de interés industrial con valor agregado. Este enfoque no solo contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también promueve el aprovechamiento del carbono capturado como insumo para nuevos procesos productivos, fortaleciendo estrategias de utilización y almacenamiento de carbono (CCUS).

El impacto de estos desarrollos se refleja en el fortalecimiento de las capacidades de investigación del Parque Tecnológico Guatiguará de la Universidad Industrial de Santander, consolidando una infraestructura experimental para el estudio de tecnologías de captura y valorización de CO₂. Entre los resultados más destacados se encuentra la captura completa del carbonato de sodio añadido en aproximadamente 90 minutos, manteniendo una tasa de captura prácticamente constante durante el proceso, lo que demuestra la estabilidad y el potencial de la tecnología para futuras aplicaciones industriales y ambientales.

Evaluación de la eficiencia de la captura de CO₂ por mineralización con carbonato de sodio

Autor(es)

**Santiago Sneyder López Delgado¹,
Edgar Mauricio Morales Valencia¹ y
Edwing Alexander Velasco Roza¹**
**¹Centro de Investigación en Catálisis
(CICAT), Universidad Industrial de
Santander, Bucaramanga, Colombia**

Autor de correspondencia:

santiagolopezdelgado1@gmail.com

Palabras clave: captura de CO₂, mineralización, carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, gases de chimenea, cambio climático

Resumen

El presente trabajo titulado “Evaluación de la eficiencia de la captura de CO₂ por

mineralización con carbonato de sodio” presenta una visión general sobre la captura de dióxido de carbono proveniente de gases de chimenea, abordando aspectos relacionados con las reacciones de carbonatación o mineralización de CO₂.

En primer lugar, los autores destacan la importancia de evaluar métodos de captura de CO₂ frente al cambio climático, como base para transformar este gas en un producto de valor agregado: el bicarbonato de sodio (NaHCO₃).

Uno de los ejes centrales del trabajo es el diseño de un montaje semi-batch con un reactor de borosilicato, difusor de gases y titulación ácido-base para cuantificar carbonatos y bicarbonatos, donde se evidencia que es posible capturar CO₂ usando carbonato de sodio en solución acuosa a condiciones cercanas a las ambientales. Esto permite aplicaciones en la simulación de gases de chimenea con una composición molar de 15% de CO₂.

Asimismo, se presentan resultados que demuestran que, con un caudal de 228 ml/min, todo el carbonato añadido reacciona completamente en aproximadamente 90 minutos, con una tasa de captura constante a lo largo del tiempo.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con el vacío experimental del tema, incluyendo variables no estudiadas como el tiempo de residencia de la burbuja y el diseño óptimo del reactor. En este sentido, se resalta la importancia de abrir nuevos campos de investigación sobre el uso de minerales para la captura de CO₂.

Evaluation of CO₂ capture efficiency through mineralization with sodium carbonate

Author(s)

**Santiago Sneyder López Delgado¹,
Edgar Mauricio Morales Valencia¹ and
Edwing Alexander Velasco Roza¹**
**¹Catalysis Research Center (CICAT),
Universidad Industrial de Santander,
Bucaramanga, Colombia**

Corresponding author:

santiagolopezdelgado1@gmail.com

Keywords: CO₂ capture, mineralization, sodium carbonate, sodium bicarbonate, flue gas, climate change

Abstract

This paper entitled “Evaluation of CO₂ capture efficiency through mineralization with sodium carbonate” provides an overview of the capture of carbon dioxide from flue gases, addressing aspects related to carbonation or CO₂ mineralization reactions.

First, the authors emphasize the importance of evaluating CO₂ capture methods in the context of climate change, as a basis for transforming this gas into a value-added product: sodium bicarbonate (NaHCO₃).

One of the central aspects of the work is the design of a semi-batch setup with a borosilicate reactor, a gas diffuser and acid-base titration to quantify carbonates and bicarbonates, demonstrating that it is possible to capture CO₂ using sodium carbonate in aqueous solution under near-

ambient conditions. This enables applications in flue gas simulation with a molar composition of 15% CO₂.

Additionally, results are presented showing that, at a flow rate of 228 ml/min, all the added carbonate reacts completely in approximately 90 minutes, with a constant capture rate over time.

Finally, the study discusses challenges related to the experimental gap on this topic, including unstudied variables such as bubble residence time and optimal reactor design, and highlights the importance of opening new research areas on the use of minerals for CO₂ capture.



Contribuciones o aportes científicos del ponente

Nelson Granda es Ingeniero Eléctrico de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez, con especialización en Sistemas de Control y certificación en Gestión de Proyectos. Cuenta con una Maestría en Ingeniería de Manufactura, con énfasis en Sistemas de Automatización Industrial, de la Universidad Politécnica de Puerto Rico, y es Doctor en Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Tennessee, Knoxville, donde desarrolló su investigación doctoral en análisis de sostenibilidad de nuevas tecnologías.

Actualmente se desempeña como Profesor Asistente del Departamento de Tecnología en Ingeniería Aplicada (Applied Engineering Technology) en la North Carolina Agricultural and Technical State University, donde desarrolla actividades de docencia e investigación en las áreas de sostenibilidad, economía circular, ingeniería de manufactura y análisis de sistemas, orientadas a la formación de ingenieros capaces de impulsar soluciones tecnológicas sostenibles.

Dentro de sus principales contribuciones se destaca el desarrollo de metodologías para transformar makerspaces universitarios en ecosistemas circulares, mediante la implementación del marco de Economía de los Productos al Final de su Vida Útil (End-of-Life

Product Economy - EOP) y el análisis de flujos de materiales (Material Flow Analysis - MFA). Sus investigaciones demuestran que la adopción de estrategias de segregación, reutilización y valorización de residuos puede reducir significativamente los residuos enviados a disposición final y fortalecer la integración de prácticas de economía circular en entornos universitarios.

Adicionalmente, ha contribuido al diseño de estrategias pedagógicas orientadas a promover una cultura de ingeniería verde mediante la incorporación de módulos curriculares sobre sostenibilidad y gestión de residuos, consolidando espacios de innovación como laboratorios vivientes para la formación de futuros profesionales comprometidos con el desarrollo sostenible.

***Transformando los makerspaces
universitarios en ecosistemas circulares:
valorización de residuos y el marco EOP
como catalizadores de una cultura de
ingeniería verde***

Autor(es)

Dr. Nelson Granda¹

**¹North Carolina Agricultural and
Technical State University, Estados Unidos**

***Autor de correspondencia:
nagranda@ncat.edu**

Palabras clave: makerspaces, economía circular, marco EOP, ingeniería verde, valorización de residuos, educación en ingeniería

Resumen

El presente trabajo titulado “Transformando los makerspaces universitarios en ecosistemas circulares: valorización de residuos y el marco EOP como catalizadores de una cultura de ingeniería verde” presenta una visión general

sobre la gestión de residuos en espacios de innovación universitaria, abordando aspectos relacionados con recortes de polímeros, metales, madera y componentes electrónicos.

En primer lugar, el autor destaca la importancia del marco de Economía de los Productos al Final de su Vida Útil (EOP) como conjunto de principios para maximizar el valor de los materiales, como base para transformar los makerspaces en ecosistemas circulares.

Uno de los ejes centrales del trabajo es el desarrollo de un marco metodológico basado en análisis de flujos de materiales (MFA) y estudios de caso en universidades de Estados Unidos y Colombia, donde se evidencia que la implementación de protocolos de segregación y reutilización reduce en más del 40% los residuos enviados a disposición final. Esto permite aplicaciones en alianzas con organizaciones de reciclaje especializadas y reutilización de materiales entre proyectos.

Asimismo, se presentan módulos curriculares que demuestran su efectividad para cambiar actitudes y comportamientos de los estudiantes frente a la generación de residuos.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con la replicabilidad del modelo en diferentes contextos universitarios, incluyendo factores que requieren adaptación local. En este sentido, se resalta la importancia de estos espacios como laboratorios vivientes de sostenibilidad para promover una cultura de ingeniería verde entre los futuros profesionales.

Transforming university makerspaces into circular ecosystems: waste valorization and the EOL framework as catalysts for a green engineering culture

Author(s)

Dr. Nelson Granda¹

¹North Carolina Agricultural and Technical State University, United States

***Corresponding author:**
nagranda@ncat.edu

Keywords: makerspaces, circular economy, end-of-life framework, green engineering, waste valorization, engineering education

Abstract

This paper entitled “Transforming university makerspaces into circular ecosystems: waste valorization and the EOL framework as catalysts for a green engineering culture” provides an overview of waste management in university innovation spaces, addressing aspects related to polymer, metal, wood and electronic component scraps.

First, the author emphasizes the importance of the End-of-Life Products (EOL) framework as a set of principles for maximizing material value, as a basis for transforming makerspaces into circular ecosystems.

One of the central aspects of the work is the development of a methodological framework based on material flow analysis (MFA) and case studies in universities in the United States and Colombia, demonstrating that the implementation of segregation and reuse protocols reduces waste sent to final disposal by more than 40%. This enables applications such as partnerships with specialized recycling organizations and material reuse across projects.

Additionally, curricular modules are presented demonstrating their effectiveness in changing students' attitudes and behaviors toward waste generation.

Finally, the study discusses challenges related to the replicability of the model in different university contexts, including factors that require local adaptation, and highlights the importance of these spaces as living sustainability laboratories to promote a green engineering culture among future professionals.



Contribuciones o aportes científicos del ponente

Johana I. Rey Valdivieso es Ingeniera Civil de la Universidad de Santander, Especialista en Gerencia de la Seguridad y Salud en el Trabajo de la Fundación Universitaria del Área Andina, Magíster en Gerenciamiento de Hidrocarburos de la Universidad Viña del Mar y Tecnóloga Electricista de las Unidades Tecnológicas de Santander. Cuenta con más de 20 años de experiencia en la gestión de Seguridad, Salud en el Trabajo y Ambiente (HSE), de los cuales 18 años han sido desarrollados en Ecopetrol S.A..

Actualmente se desempeña como Coordinadora Regional de Seguridad Industrial Central en Ecopetrol S.A., cargo desde el cual lidera procesos de gestión del riesgo, seguridad industrial y fortalecimiento de la cultura preventiva en el sector energético. Anteriormente se desempeñó como Profesional HSE en la misma organización y como Profesional de Gestión Ambiental en la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

Dentro de sus principales contribuciones se destaca el desarrollo e implementación de estrategias para la gestión sostenible de

riesgos en seguridad laboral, integrando metodologías de mejora continua basadas en el ciclo PHVA y estándares internacionales como ISO 45001 e ISO 14001. Su trabajo ha promovido la aplicación de herramientas como el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Análisis de Riesgos de Procesos (HazOp), contribuyendo al fortalecimiento de la seguridad operacional, la reducción de la accidentalidad y la integración de la gestión del riesgo con los principios de sostenibilidad en el sector energético. Asimismo, ha impulsado la formación continua y la consolidación de una cultura preventiva como elementos fundamentales para afrontar los retos asociados a la transición energética y la protección de los trabajadores.

Gestión de riesgos en seguridad laboral sostenible

Autor(es)

Mg. Johana Rey Valdivieso¹
¹Ecopetrol, Colombia

***Autor de correspondencia:**

Johana.rey@ecopetrol.com.co

Palabras clave: seguridad laboral sostenible, gestión de riesgos, ISO 45001, sector energético, mejora continua, sostenibilidad corporativa

Resumen

El presente trabajo titulado “Gestión de riesgos en seguridad laboral sostenible” presenta una visión general sobre la integración de la gestión tradicional de riesgos ocupacionales con los objetivos de desarrollo sostenible, abordando aspectos relacionados con la protección de los

trabajadores en el sector energético colombiano.

En primer lugar, la autora destaca la importancia de la seguridad laboral sostenible como enfoque que reconoce la protección de los trabajadores y la sostenibilidad ambiental como objetivos complementarios, como base para enfrentar los desafíos derivados de la transición energética.

Uno de los ejes centrales del trabajo es la metodología basada en el ciclo de mejora continua PHVA y los estándares internacionales ISO 45001 e ISO 14001, donde se evidencia que herramientas como el análisis de trabajo seguro (ATS) y el análisis de riesgos de procesos (HazOp) permiten reducir de manera sostenida la tasa de accidentalidad. Esto permite aplicaciones en la disminución de los índices de frecuencia y severidad de accidentes laborales en Ecopetrol.

Asimismo, se presentan ejemplos que demuestran sinergias entre la gestión de riesgos y la sostenibilidad, tales como la reducción de incidentes operacionales que contribuye simultáneamente a la protección ambiental.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con la actualización permanente de metodologías frente a nuevas tecnologías, incluyendo los peligros asociados a la transición energética. En este sentido, se resalta la importancia de los programas de formación continua y la cultura de reporte para promover valor compartido entre trabajadores, organizaciones y sociedad.

Sustainable occupational safety risk management

Author(s)

Johana Rey Valdivieso¹

¹Ecopetrol, Colombia

***Corresponding author:**

Johana.rey@ecopetrol.com.co

Keywords: sustainable occupational safety, risk management, ISO 45001, energy sector, continuous improvement, corporate sustainability

Abstract

This paper entitled “Sustainable occupational safety risk management” provides an overview of the integration of traditional occupational risk management with sustainable development goals, addressing aspects related to worker protection in the Colombian energy sector.

First, the author emphasizes the importance of sustainable occupational safety as an approach that recognizes worker protection and environmental sustainability as complementary objectives, as a basis for addressing challenges arising from the energy transition.

One of the central aspects of the work is the methodology based on the PDCA continuous improvement cycle and the international standards ISO 45001 and ISO 14001, demonstrating that tools such as safe work analysis (SWA) and process hazard analysis (HazOp) sustainably reduce accident rates. This enables applications in reducing the frequency and severity rates of occupational accidents at Ecopetrol.

Additionally, examples are presented illustrating synergies between risk management and sustainability, such as the reduction of operational incidents that simultaneously contributes to environmental protection.

Finally, the study discusses challenges related to the ongoing updating of methodologies in the face of new technologies, including hazards associated with the energy transition, and highlights the importance of continuous training programs and a reporting culture to promote shared value among workers, organizations and society.

Contribuciones o aportes científicos del ponente

Danny Ximena Corvacho Márquez es Ingeniera Electrónica y de Telecomunicaciones, especialista en Ingeniería Administrativa y Financiera, y actualmente cursa una Maestría en Energías Renovables. Cuenta con más de veinte años de experiencia en automatización industrial, instrumentación, confiabilidad de equipos y gestión energética, desempeñándose como profesional de mantenimiento y confiabilidad en Ecopetrol S.A. Su trayectoria profesional se ha orientado al diseño e implementación de sistemas de control, optimización de activos industriales y fortalecimiento de la confiabilidad operacional en el sector de hidrocarburos.

Sus principales contribuciones se centran en el desarrollo de estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo, análisis de confiabilidad de equipos, implementación de plataformas SCADA y SAP ERP para la gestión de activos, así como en la integración de tecnologías de automatización para mejorar la eficiencia y seguridad de procesos industriales. Asimismo, ha liderado proyectos orientados a la racionalización de alarmas, optimización de planes de mantenimiento y análisis estadístico para la toma de decisiones en sistemas críticos.

En los últimos años ha fortalecido su trabajo en el campo de las energías renovables, integrando herramientas de inteligencia artificial, monitoreo inteligente y análisis de datos para el mantenimiento de infraestructuras energéticas. Su experiencia combina

conocimientos en automatización industrial, confiabilidad operacional y transición energética, aportando soluciones innovadoras para la gestión eficiente de activos y el desarrollo de sistemas energéticos sostenibles.

Detección de anomalías en sistemas fotovoltaicos con aprendizaje no supervisado (machine learning y redes neuronales)

Autor(es)

**Esp. Danny Ximena Corvacho
Márquez**

Autor de correspondencia:

danny.corvacho@ecopetrol.com.co

Palabras clave: sistemas fotovoltaicos, aprendizaje no supervisado, detección de anomalías, autoencoders, mantenimiento predictivo, energía renovable

Resumen

El presente trabajo titulado “Detección de anomalías en sistemas fotovoltaicos con aprendizaje no supervisado (machine learning y redes neuronales)” presenta una visión general sobre el monitoreo de instalaciones fotovoltaicas mediante técnicas de inteligencia artificial, abordando aspectos relacionados con la detección temprana de fallas y degradaciones.

En primer lugar, la autora destaca la importancia del aprendizaje automático no supervisado frente a la insuficiencia de las técnicas tradicionales de inspección visual, como base para identificar patrones

inusuales sin necesidad de datos etiquetados de fallas previas.

Uno de los ejes centrales del trabajo es la implementación de algoritmos como Isolation Forest, DBSCAN y redes neuronales tipo autoencoder sobre variables de potencia, voltaje, corriente e irradiancia solar, donde se evidencia que los autoencoders presentan el mejor desempeño general, con tasas de detección superiores al 85%. Esto permite aplicaciones en la identificación de fallas de módulos, sombreado parcial, degradación de inversores y desconexiones no programadas.

Asimismo, se presentan resultados del análisis de componentes principales (PCA) que demuestran la separación entre estados de operación normal y anormal en el espacio de características reducido.

Finalmente, el estudio aborda los desafíos relacionados con la interpretación de las alertas generadas por el sistema, incluyendo la identificación de los indicadores más relevantes para cada tipo de anomalía. En este sentido, se resalta la importancia de integrar estos modelos en plataformas de monitoreo en tiempo real para promover una gestión energética más sostenible.

Anomaly detection in photovoltaic systems using unsupervised learning (machine learning and neural networks)

Author(s)

Danny Ximena Corvacho Márquez

Corresponding author:

danny.corvacho@ecopetrol.com.co

Keywords: photovoltaic systems, unsupervised learning, anomaly detection, autoencoders, predictive maintenance, renewable energy

Abstract

This paper entitled “Anomaly detection in photovoltaic systems using unsupervised learning (machine learning and neural networks)” provides an overview of photovoltaic installation monitoring through artificial intelligence techniques, addressing aspects related to early detection of faults and degradation.

First, the author emphasizes the importance of unsupervised machine learning in the face of the insufficiency of traditional visual inspection techniques, as a basis for identifying unusual patterns without requiring labeled data from previous failures.

One of the central aspects of the work is the implementation of algorithms such as Isolation Forest, DBSCAN and autoencoder neural networks on power, voltage, current and solar irradiance variables, demonstrating that autoencoders show the best overall performance, with detection rates above 85%. This enables

applications in identifying module failures, partial shading, inverter degradation and unplanned disconnections.

Additionally, principal component analysis (PCA) results are presented, demonstrating the separation between normal and abnormal operating states in the reduced feature space.

Finally, the study discusses challenges related to the interpretation of system-generated alerts, including identifying the most relevant indicators for each type of anomaly, and highlights the importance of integrating these models into real-time monitoring platforms to promote more sustainable energy management.