



VOLUMEN 43-1

ENERO / JUNIO DE 2025

# INGENIERÍA y DESARROLLO

REVISTA DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD DEL NORTE

**EDITORIAL**  
uninorte



INGENIERÍA Y DESARROLLO es una publicación semestral de la División de Ingeniería de la Universidad del Norte que pone al alcance de los sectores académico y productivo los desarrollos científicos y tecnológicos en las áreas de las ingenierías.

Está incluida en:

- Index Nacional de Publicaciones Seriadadas Científicas y Tecnológicas de Colciencias –Publindex– (<http://www.colciencias.gov.co/scienti/publindex/>).
- Scielo: Scientific Electronic Library Online ([www.scielo.org.co](http://www.scielo.org.co)).
- Inspec: Base de datos bibliográfica administrada por The Institution of Engineering and Technology - IET (<http://www.theiet.org/publishing/inspec/>).
- Latindex: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal ([www.latindex.unam.mx](http://www.latindex.unam.mx)).
- Index Copernicus International ([www.indexcopernicus.com](http://www.indexcopernicus.com))
- Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (<http://redalyc.uaemex.mx/>).
- Base de datos EBSCO.
- Directorio Ulrichs.

Se autoriza la reproducción total o parcial de su contenido siempre y cuando se cite la fuente. Los conceptos expresados son de responsabilidad exclusiva de sus autores.

Contacto con el equipo editorial:

[ingydes@uninorte.edu.co](mailto:ingydes@uninorte.edu.co)

[ingydesa@gmail.com](mailto:ingydesa@gmail.com)

Teléfono: 57 (5) 3509 268

Guía para autores:

<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/about/submissions#authorGuidelines>



[www.uninorte.edu.co](http://www.uninorte.edu.co)  
Km 5 vía a Puerto Colombia  
A. A. 1569, Barranquilla (Colombia)

EDITORIAL UNIVERSIDAD DEL NORTE

*Coordinación editorial*

Fabián Buelvas

*Asistente Coordinación editorial*

Daniela Torres

*Diagramación*

Luz Miriam Giraldo Mejía

*Procesos técnicos*

Munir Kharfan de los Reyes

*Diseño*

Joaquín Camargo Valle

*Corrección de textos*

Henry Stein

Iván Yunis

*Asistente de producción intelectual*

Marcela Villegas Gallego



# INGENIERÍA

Y D E S A R R O L L O

Revista de la División de Ingenierías  
de la Universidad del Norte

**Rector**

Adolfo Meisel Roca

**Decano División de Ingenierías**

Julián Arellana

**Editora**

Lucy García, Ph. D.

**Asistente editorial**

Jose Santiago

**Comité Científico**

Rensselaer Polytechnic Institute  
(Estados Unidos)

José Holguín-Veras, Ph. D.

Universidad del Norte (Colombia)

Antonio Bula Silvera, Ph. D.

Universidad de La Sabana (Colombia)

Jairo Montoya, Ph. D.

Universitat Jaume I (UJI), España

Antonio Gallardo Izquierdo, Ph. D.

Instituto Tecnológico de Monterrey (México)

José Luis González Velarde, Ph. D.

Universidad de Castilla-La Mancha (España)

Magín Lapuerta Amigo, Ph. D.

Universidad Politécnica de Valencia (España)

Ginés Benet Gilabert, Ph. D.

Alberto Bouzas, Ph. D.

Universidad de Burgos (España)

Joaquín Antonio Pacheco Bonrostro, Ph. D.

**Comité Editorial**

University of Pittsburgh  
(Estados Unidos)

George E. Klinzing, Ph. D.

Pontificia Universidad Católica de Chile

Juan de Dios Ortuzar, Ph. D.

Instituto de Microelectrónica de  
Barcelona (España)

Humberto Campanella, Ph. D.



# INGENIERÍA

Y D E S A R R O L L O

## Contenido

### ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLES

**E-solar: una herramienta para la evaluación del recurso solar basada en una arquitectura big data sobre un ambiente PySpark ..... 6**

*E-solar: a tool for solar resource assessment based on a Big Data architecture in a PySpark environment*

Luis Eduardo Ordóñez Palacios  
Víctor Bucheli Guerrero  
Eduardo Caicedo Bravo  
*Universidad del Valle*

**Efecto de la permeabilidad en el factor de seguridad de presas de tierra bajo precipitaciones..... 24**

*Effect of permeability on the factor of safety of earth dams under rainfall*

Isaida Flores Berenguer  
Odalys Jacobo Rodríguez  
Samantha García Martínez  
Yoermes González Haramboure  
Jenny García Tristá  
*Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"*

**Evaluación de la calidad de la energía eléctrica suministrada por una planta solar fotovoltaica conectada a la red haciendo uso de algoritmos de aprendizaje automático y de minería de datos ..... 44**

*Evaluation of the quality of the electrical energy supplied by a grid-connected solar photovoltaic plant using machine learning and data mining algorithms*

César Aristóteles Yajure Ramírez  
*Universidad Central de Venezuela*

**Transformación digital: evolución de las aplicaciones de inteligencia artificial en la industria del café..... 64**

*Digital transformation: evolving applications of artificial intelligence in the coffee industry*

Esteban Largo Ávila  
Carlos Hernán Suárez Rodríguez  
Edwin Arango Espinal  
*Universidad del Valle*

**Caracterización química y estructural avanzada de desperdicios de memorias RAM: un enfoque hacia la reciclabilidad y seguridad ambiental..... 84**

*Advanced chemical and structural characterization of RAM memory waste: an approach towards recyclability and environmental safety*

Luis Gabriel Gómez Acosta  
*Universidad Santiago de Chile*  
Giovany Orozco Hernández  
*Universidad ECCI*  
Daniel Fernando Quintero Bernal  
*Universidad Santiago de Chile*

**Factores de riesgo ergonómico en trabajadores de fábricas de muebles en el Estado de Chihuahua (México) .....104**

*Ergonomic risk factors in furniture factory workers in the State of Chihuahua (Mexico)*

María Teresa Gutiérrez Escajeda  
Emmanuel Morales Chávez  
Vanessa Castillo Villanueva  
Gisela Vásquez Vásquez  
*TecNM-campus Tecnológico de Delicias*

**Predicción de heladas y variables meteorológicas relevantes en agricultura en la Sabana de Bogotá usando machine learning ..... 122**

*Frost and relevant meteorological variables forecast in agriculture in the Sabana de Bogotá using machine learning*

Robinson Castillo Méndez  
Julián Andrés Camacho Castro  
*Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)*

**Edible Coating Based on Aloe Vera Mucilage to Preserve Whole Slices of Pineapple Fruit .....140**

*Recubrimiento comestible a base de mucílago de sábila para conservar rodajas enteras de piña*

Saúl Dussán-Sarria  
*Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira*  
José Igor Hleap-Zapata  
*Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira*  
Jesús Hernán Camacho-Tamayo  
*Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá*