



# revista facultad de ingeniería

Universidad de Antioquia

---

Jan-Mar, 2024

No.  
**110**

ISSN 0120-6230  
e-ISSN 2422-2844



**No. 110**

Jan-Mar 2024

ISSN 0120-6230

e-ISSN 2422-2844

Editor-in-Chief

Maryory Astrid Gómez Botero

Editorial Board

Luis Ribeiro

Geosistemas

Instituto Superior Técnico

Lisboa, Portugal

Eduardo Miró

Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE, CONICET)

Santa Fe, Argentina

Octavio Armas Vergel

Escuela de Ingeniería Industrial y Aeroespacial Toledo

Universidad de Castilla

La Mancha, España

Jean Denis Taupin

HydroSciences, Institute de recherche pour le développement

Montpellier, Francia

Román Hermida

Facultad de Informática

Universidad Complutense

Madrid, España

Oscar Rosa Mattos

Departamento Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Brasil

Eduardo Sánchez

École Polytechnique Fédérale

Lausanne, Suiza

Carles Corbella Roca

Faculty of Physics and Astronomy Ruhr

University Bochum

Alemania

Ángel Pérez del Pino

Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona

Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC

Barcelona, España

Claudio Avignone Rossa

Faculty of Health and Medical Sciences

University of Surrey

Guildford, Reino Unido

Jordi Morató Farreras

Coordinador Cátedra UNESCO de Sostenibilitat

Universitat Politècnica de Catalunya

España

Julián Andrés Rengifo Herrera

Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas (CINDECA)

Buenos Aires, Argentina

Luis Armando Díaz Torres

Grupo de Espectroscopia de Materiales Avanzados y

Nanoestructurados (GEMANA) Centro de Investigaciones en Óptica  
León, México

Lin, Hua-Tay

School of Electromechanical Engineering, Guangdong

University of Technology

Beijing, China

Kamal H. Khayat

Center for Infrastructure Engineering Studies, Missouri University

of Science &amp; Technology

Missouri, Estados Unidos

Waltraud M. Kriven

Department of Mechanical Science and Engineering

University of Illinois at Urbana-Champaign

Illinois, Estados Unidos

Juan Claudio Nino

Department of Materials Science and Engineering

University of Florida

Estados Unidos

Ramón Torrecillas San Millán

Director del Centro de Investigación en Nanomateriales y

Nanotecnología

Oviedo, España

Pulickel M. Ajayan

Materials Science and NanoEngineering Department

Rice University

Houston, Estados Unidos

Gerasimos G. Rigatos

Unit of Industrial Automation

Industrial Systems Institute

Athena RC, Greece

Watson Vargas Escobar

Dpto. de Ingeniería Química

Universidad de los Andes

Colombia

Jorge Andrés Calderón Gutiérrez

Dpto. de Ingeniería de Materiales

Universidad de Antioquia

Colombia

Natalia Gaviria Gómez

Dpto. Ingeniería Electrónica

Universidad de Antioquia

Colombia

Danny Alejandro Múnera Ramírez

Dpto. Ingeniería de Sistemas

Universidad de Antioquia

Colombia

Juan Guillermo Villegas Ramírez

Dpto. Ingeniería Industrial

Universidad de Antioquia

Colombia

Gustavo Antonio Peñuela Mesa

Coordinador grupo GDCON

Escuela Ambiental

Universidad de Antioquia

Colombia



Henry Nelson Zúñiga Beníte  
Chemical Engineering Department  
Universidad de Antioquia  
Colombia

Guest Editors  
Bernardo Andrés Benavides Arévalo  
Facultad de Ingeniería  
Institución Universitaria Pascual Bravo  
Colombia

Luis Hernández Callejo  
Ingeniería Agrícola y Forestal  
Universidad de Valladolid  
España

Scientific Board  
Jesús Casanova Kindelan  
Ingeniería Energética y Fluidomecánica  
Universidad Politécnica de Madrid  
España

Esteban Abad Holgado  
Investigaciones Químicas y Ambientales, Consejo Superior de  
Investigaciones Científicas  
Barcelona, España

Georgina Fernández Villagómez  
Ingeniería Química  
Universidad Nacional Autónoma de México

Jiahua Jack Zhu  
Department of Chemical and Biomolecular Engineering  
University of Akron  
United States

Vijay Gupta  
Mechanical and Aerospace Engineering  
Biomedical Engineering  
Materials Science and Engineering  
University of California, Los Angeles  
United States

Jean Paul Allain  
Radiation Surface Science and Engineering Lab (RSEEL)  
Department of Nuclear, Plasma, and Radiological Engineering  
University of Illinois  
At Urbana-Champaign, United States

Dileep Singh  
Argonne National Laboratory  
Illinois, United States

Hernán E. M Carvajal  
Programa de Posgraduación en Geotecnia, Universidad de Brasilia  
Facultad de Minas,  
Universidad Nacional de Colombia

Néstor Jaime Aguirre Ramírez  
Escuela Ambiental  
Universidad de Antioquia, Colombia

Henry A. Colorado  
Sociedad Colombiana de Materiales y Minerales  
Ingeniería Mecánica  
Universidad de Antioquia, Colombia

Editorial Assistant  
Sandra L. Hernández Barrientos

Proofreading  
Natalia A. Hernández

English Proofreading  
Claudia E. Urrego Zapata

Cover image  
Image "Integration of LFP-second life batteries as a storage in a smart microgrid" by Oscar Izquierdo-Monge, Nicolás Alonso González and Paula Peña-Carro

Layout and printing  
Revista Facultad de Ingeniería -redin- Universidad de Antioquia

Post  
Reduced postal fare N° 842

E-mail  
revistaingenieria@udea.edu.co

Web site  
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/index>

The contents or any other legal restriction related to the articles is responsibility of the authors.

Scope of Revista Facultad de Ingeniería  
The main objective of the journal is to promote and stimulate the publishing of national and international scientific research results. The journal publishes original articles, resulting from scientific research, experimental and or simulation studies in engineering sciences, technology, and similar disciplines (Electronics, Telecommunications, Bioengineering, Biotechnology, Electrical, Computer Science, Mechanical, Chemical, Environmental, Materials, Sanitary, Civil and Industrial Engineering).

In exceptional cases, the journal will publish insightful articles related to current important subjects, or revision articles representing a significant contribution to the contextualization of the state of the art in a known relevant topic. Case reports will only be published when those cases are related to studies in which the validity of a methodology is being proven for the first time, or when a significant contribution to the knowledge of an unexplored system can be proven.

All published articles have undergone a peer review process, carried out by experts recognized for their knowledge and contributions to the relevant field.

Revista Facultad de Ingeniería -redin- is entirely financed by University of Antioquia.

# Table of contents

Editorial.....	7
Integration of LFP-second life batteries as a storage in a smart microgrid Integración de baterías LFP-segunda vida como almacenamiento en una microrred inteligente Oscar Izquierdo-Monge, Nicolás Alonso González, Paula Peña-Carro.....	9
Seismic vulnerability assessment of bridges. The case of the Oran region, Algeria Evaluación de vulnerabilidad sísmica de puentes. El caso de la región de Orán, Argelia Fatima Zohra Baba Hamed, Farid Rahal and Farida Guenanou.....	23
Evaluating the IMERG precipitation satellite product to derive intensity-duration-frequency curves in Colombia Evaluación del producto satelital de precipitación IMERG para derivar curvas intensidad-duración-frecuencia en Colombia Erasmus Rodríguez, Camila García-Echeverri, Ana González, John Sandoval, Manuel Patarroyo-González and Daniela Estefanía Agudelo-Duque.....	31
Estimation of the degree of internal recirculation in Internal Combustion Engines Evaluación del grado de recirculación interna en motores de combustión interna L. Matiukhin.....	48
Chaotic intermittency with non-differentiable $M(x)$ function Intermitencia caótica con función $M(x)$ no diferenciable Sergio Elask, Ezequiel del Río and Mauro Grioni.....	56
A comparative analysis of Cr(VI) reduction with $\text{Cu}_2\text{O}$ , $\text{ZnO}$ and $\text{Fe}_2\text{O}_3$ coatings grown by PEO Análisis comparativo de la reducción de Cr(VI) con $\text{Cu}_2\text{O}$ , $\text{ZnO}$ y $\text{Fe}_2\text{O}_3$ crecidos por OEP Fernando Gordillo-Delgado and John Alexander García-Giraldo.....	65
Comparison of treatments for cellulose pulp from agro-industrial wastes from the Amazon region Comparación de tratamientos para pasta de celulosa de residuos agroindustriales de la región amazónica Grober Panduro-Pisco, Angie Stefani Amasifuen-Rengifo, Edwar Edinson Rubina-Arana and David Leon Moreno.....	77
Experimental and numerical investigation of flat plate fins and inline strip fins heat sinks. Investigación experimental y numérica de disipadores de calor de aletas continuas y en tiras alineadas William Denner Pires-Fonseca and Carlos Alberto Carrasco-Altemani.....	86
Flaw recognition in reinforced concrete bridges using infrared thermography: A case study Reconocimiento de defectos en puentes de hormigón armado utilizando termografía infrarroja: estudio de caso Joaquin Humberto Aquino Rocha, Yêda Vieira Póvoas and Pedro Igor Bezerra-Batista.....	99
Estimation of methane emissions from reservoirs for hydroelectric generation in Costa Rica Estimaciones de las emisiones de metano de embalses para la generación hidroeléctrica en Costa Rica Rhonmer Orlando Pérez-Cedeño, Rodrigo Ramírez-Pisco, Carmen Luisa Vásquez-Stanescu, Leonardo Suárez-Matarrita, Mercedes Gaitán-Ángulo and Melva Gómez-Caicedo.....	110

