



revista facultad de ingeniería

Universidad de Antioquia

Jul-Sep, 2021

No.
100

ISSN 0120-6230
e-ISSN 2422-2844

No. 100

Jul-Sep 2021

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 & 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

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

Sebastián Isaza Ramírez

Dpto. Ingeniería Electrónica

Universidad de Antioquia

Colombia

Julián David Arias Londoño

Dpto. Ingeniería de Sistemas

Universidad de Antioquia

Colombia

Elena Valentina Gutiérrez Gutiérrez

Dpto. Ingeniería Industrial

Universidad de Antioquia

Colombia

Gustavo Antonio Peñuela Mesa

Coordinador grupo GDCON

Escuela Ambiental

Universidad de Antioquia

Colombia

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
Gloria Estefany Hincapié Naranjo
Leidy J. Hernández Zuluaga
Alejandra Taborda Ortiz
Alexandra María Betancur Muñoz
Mateo Baena Chavarriaga

English Proofreading
Claudia E. Urrego Zapata

Cover image
Designed by the Department of Informatics and Support Resources,
DRAI, School of Engineering, Universidad de Antioquia

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.

This issue was supported by the Funds for Specialized Journals of
the Vice-Rector of Research, University of Antioquia Press

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
Esterification of rosin with methyl alcohol for fuel applications Esterificación de colofonia para aplicaciones como combustible Duban F. García, Felipe Bustamante, Aída Luz Villa and Edwin A. Alarcón.....	10
Effect of burner angle on the heat transfer of a frit furnace Efecto del ángulo del quemador en la transferencia de calor de un horno de fritas Jorge Luis Rentería Peláez, Luis Fernando Cardona Sepúlveda and Bernardo Argemiro Herrera Munera.....	21
A comparative surface analysis of explanted hip joint prostheses made of different biomedical alloys Análisis comparativo de superficies de prótesis de caderas explantadas de diferentes aleaciones biomédicas Angela Bermúdez-Castañeda, Johanna Esguerra Arce, Adriana Esguerra-Arce, Sofía Valentina Vargas-Pabón, Juan Guillermo Ortiz-Martínez, David Leonardo Blanco-Estupiñán, Juan Guillermo Castaño and Stefano Mischler.....	35
An architecture for power substations communication networks based on SDN and virtualization paradigms Arquitectura para redes de comunicaciones en subestaciones de energía basadas en virtualización y SDN Alexánder Leal Piedrahita and Juan Felipe Botero.....	48
Design of two-dimensional perovskite solar cells with superior efficiency and stability Diseño de celdas solares de perovskitas bidimensionales con eficiencia y estabilidad mejorada Daniel Ramírez and Franklin Jaramillo.....	67
Colombian climatology in CMIP5/CMIP6 models: Persistent biases and improvements La climatología colombiana en modelos CMIP5/CMIP6: Sesgos persistentes y mejoras Paola A. Arias, Geusep Ortega, Laura D. Villegas and J. Alejandro Martínez.....	75
Planning and performance measurement in higher education: three case studies of operational research application Planeación y medición del desempeño en educación superior: tres casos de aplicación de investigación de operaciones Juan G. Villegas, Carolina Castañeda P. and Eric Castañeda Gómez.....	97
Localised corrosion of super duplex stainless steel in synthetic NaOH-Na ₂ S solution at different temperatures Corrosión localizada del acero inoxidable súper dúplex en solución sintética de NaOH-Na ₂ S a diferentes temperaturas Carlos Rondón-Almeyda, Lina Sierra-Serrano and Mauricio Rincón-Ortiz.....	113
Finite element analysis of the flexor digitorum profundus tendon during a passive rehabilitation protocol Análisis de elementos finitos del tendón flexor profundo durante un protocolo de rehabilitación pasiva Oliver Grimaldo Ruiz, Mariana Rodríguez Reinoso and Cecilia Surace.....	124
Performance and determination of Concentration Ratio for a parabolic solar concentrator using a thermographic technique Desempeño y determinación de la relación de concentración de un concentrador solar parabólico mediante termografías Fabián Cano Ardila, Juan David Giraldo Quintero and Sergio Agudelo Flórez.....	133

