

Revista  
**Facultad** 58  
de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

---

Marzo de 2011

N.º 57

Marzo de 2011

ISSN 0120-6230

**Rector:**

Alberto Uribe Correa

**Decano:**

Carlos Alberto Palacio Tobón

**Directora Revista:**

Consuelo Montes de Correa

**Comité Editorial:**

Eduardo Miró

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

Jhon Ramiro Agudelo Santamaría

Depto. de Ingeniería Mecánica

Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Oscar Rosa Mattos

Depto. de Ingeniería Metalúrgica y Materiales

Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil

Félix Echeverría Echeverría

Depto. de Ingeniería de Materiales

Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Roberto Carlos Hincapié Reyes

Facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones e

Informática, Universidad Pontificia Bolivariana,

Medellín, Colombia

Watson Vargas Escobar, Departamento Ingeniería

Química, Universidad de los Andes

Bogotá, Colombia

Eduardo Sánchez

Instituto de Sistemas Informáticos y Multimedia,

Lausanne, Suiza

Román Hermida

Facultad de Informática, Universidad Complutense

de Madrid, España

Octavio Armas Vergel

ETS de Ingenieros Industriales Universidad de

Castilla-La Mancha, Ciudad Real, España

**Comité Científico:**

Jesus Casanova Kindelan

Dpto Ing. Energética y Fluidomecánica ETSII

Universidad Politécnica de Madrid, España

Georgina Fernández Villagómez

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Esteban Abad Holgado

Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales,

CSIC, Barcelona, España

Néstor Jaime Aguirre Ramírez

Depto. de Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

**Auxiliares Administrativos:**

Diana Marcela Arango

Claudia Patricia Bedoya Palacio

**Carátula:**

Imagen producida empleando Ingeni-Art, un algoritmo  
de pintura evolutiva adaptado por los integrantes del  
grupo Sicosis: Walter Alonso Ardila y Marlo Eliecer  
Hoyos.

**Diseño, diagramación e impresión:**

L. Vieco e Hijas Ltda.

lviecoehijasltada@une.net.co

**Permiso:**

Tarifa Postal Reducida N.º 842

**Dirección electrónica:**

revista.ingenieria@udea.edu.co

<http://ingenieria.udea.edu.co/grupos/revista/>

El contenido y/o cualquier restricción legal que afecte  
a los artículos, es responsabilidad exclusiva de los  
autores.

**Objetivo de la Revista Facultad de Ingeniería** “El  
principal objetivo de la *Revista Facultad de Ingeniería*  
es promover y estimular la publicación de artículos originales  
e inéditos derivados de investigación experimental o de  
simulación en ingeniería, realizada por académicos y  
profesionales pertenecientes a entidades públicas y privadas,  
nacionales o extranjeras”.

## Contenido

Preface.....	7
The lubricity of ethanol-gasoline fuel blends .....	9
<i>John Agudelo</i>	
<i>Álvaro Delgado</i>	
<i>Pedro Benjumea</i>	
Energy use in the production of unrefined sugar in Colombia (exergy analysis).....	17
<i>Héctor Velásquez</i>	
<i>Andrés Agudelo</i>	
<i>Farid Chejne</i>	
Análisis comparativo de las mediciones de material particulado PM <sub>10</sub> .....	27
<i>Roberto Rojano Alvarado</i>	
<i>Jhonny Pérez Montiel</i>	
<i>Jorge Deluque</i>	
Análisis de la producción de biobutanol en la fermentación acetobutílica con <i>clostridium saccharoperbutylaceticum</i> N1-4 ATCC13564 .....	36
<i>Juan Jacobo Jaramillo Obando</i>	
<i>Carlos Ariel Cardona</i>	
Influencia del porcentaje de mezcla del aceite de higuerilla en la obtención de combustible alternativo para motores diesel.....	46
<i>Arnoldo Emilio Delgado</i>	
<i>Willian Aperador Chaparro</i>	
<i>Jorge René Silva González</i>	
Concentración y distribución de metales pesados (Pb, Zn, Cu, Cd y Cr) en sedimentos viarios urbanos.....	53
<i>Carlos Zafra Mejía</i>	
<i>Javier Temprano González</i>	
<i>Iñaki Tejero Monzón</i>	

Síntesis y caracterización de sílicas mesoestructuradas funcionalizadas con grupos ácidosulfónicos .....	63
<i>John Alexander Posada</i>	
<i>Oscar Hernán Giraldo</i>	
<i>Carlos Ariel Cardona</i>	
Evaluación de la adsorción de rodamina WT, litio y cloruro en reactores por carga inoculados con lodo anaerobio .....	74
<i>Jhonny Pérez</i>	
<i>Nancy Rincón</i>	
<i>Nibis Bracho</i>	
Desempeño de insertos de WC recubiertos con nanomulticapas de [TiN/TiAlN] <sub>n</sub> en el mecanizado del acero endurecido AISI 4340 .....	85
<i>Luis Henry Moreno</i>	
<i>Julio Cesar Caicedo</i>	
<i>Gilberto Bejarano Gaitán</i>	
<i>Federico Martínez</i>	
<i>Pedro Prieto Pulido</i>	
Evaluación de la susceptibilidad al daño por humedad de mezclas asfálticas empleando propiedades termodinámicas.....	95
<i>Silvia Caro-Spindel</i>	
<i>Allex Eduardo Álvarez-Lugo</i>	
Control difuso adaptativo aplicado a un sistema de fermentación de flujo continuo de alcohol .....	105
<i>Andrés Escobar Díaz</i>	
<i>César Hernández</i>	
<i>Juan Pablo Arguello Fajardo</i>	
Modelo del desvanecimiento selectivo en frecuencia.....	114
<i>Luis Fernando Pedraza</i>	
<i>César Hernández</i>	
<i>Dora María Ballesteros</i>	
Simulación basada en agentes de software para la evaluación de indicadores técnicos .....	123
<i>Alejandro Escobar</i>	
<i>Julián Moreno</i>	
<i>Sebastián Múnera</i>	

CR-LDP como protocolo de señalización en redes de conmutación de etiquetas multiprotocolo.....	133
<i>Danilo López</i> <i>César Hernández</i> <i>Luis Pedraza</i>	
Programación de un robot bajo el paradigma del aprendizaje por demostración.....	142
<i>Sandra Nope</i> <i>Humberto Loaiza</i> <i>Eduardo Caicedo</i>	
Diseño del mecanismo actuador de un dedo robot antropomórfico .....	153
<i>Edgar Portilla Flores</i> <i>Roberto Piña Quintero</i> <i>Oscar Avilés Sánchez</i> <i>Paola Niño Suárez</i> <i>María Molina Vilchis</i>	
Sistema modular de robótica colaborativa aplicado en educación .....	163
<i>Jovani Alberto Jiménez Builes</i> <i>Juan Fernando Ramírez Patiño</i> <i>Juan José González España</i>	
El avión de la muda: herramienta de apoyo a la enseñanza-aprendizaje práctico de la manufactura esbelta .....	173
<i>Jorge Iván Pérez Rave</i>	
Análisis de desempeño de conmutadores de microondas serie - paralelo diseñados con diodos <i>p-i-n</i> de diferentes materiales semiconductores .....	183
<i>Gabriela Leija Hernández</i> <i>José Luis López Bonilla</i> <i>Luis Alejandro Iturri Hinojosa</i>	
Artificial vision and identification for intelligent orientation using a compass .....	191
<i>Alejandro Israel Barranco Gutiérrez</i> <i>José de Jesús Medel Juárez</i>	
Colección automática de métricas hacia un repositorio de mediciones .....	199
<i>José Alejandro Lugo García</i> <i>Ana María García Pérez</i>	

Metodología de planeación logística basada en gestión de proyectos y dinámica de sistemas en empresas prestadoras de servicios.....	208
<i>Dusko Kalenatic</i> <i>Luz Helena Mancera Méndez</i> <i>Karol Viviana Moreno Valbuena</i> <i>Leonardo José González Rodríguez</i>	
Modelación de la dependencia y estructura del conocimiento en procesos de trabajo. Una aplicación en la industria cubana del software .....	219
<i>Carlos Rolando Macías Gelabert</i> <i>Allán Francisco Aguilera Martínez</i>	
Plataforma para descubrimiento de servicios en ambientes ubicuos.....	227
<i>Víctor Alberto Hermida</i> <i>Juan Carlos Corrales</i> <i>Oscar Caicedo</i> <i>Luis Suarez</i> <i>Luis Rojas</i>	
Modeling of genetic regulatory networks in the differentiation of neural crest stem cells to sensory neurons by means of boolean networks.....	238
<i>Jorge Marcelo Aráus Patiño</i> <i>Helena Groot Restrepo</i> <i>Andrés Fernando González Barrios</i>	
Instrucciones para los autores.....	247
Guide for authors .....	250

## Preface

Dear colleagues:

The *Journal of the Faculty of Engineering University of Antioquia* publishes quarterly and is devoted to the publication of research results in all areas of engineering. The primary mission of *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* is to assist iberoamerican researchers communicating their achievements to the global scientific community; nevertheless, contributions from other regions of the world are by no means excluded.

Manuscripts preferred for publication in *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* are those which:

1. contain original work, i.e., not published elsewhere in any medium by the authors or anyone else, and is not under consideration for publication in any other medium.
2. are focused on the core aims and scope of the journal – *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* is a scientific journal publishing fundamental research results from all fields of engineering.
3. are clearly and correctly written – should contain all essential features of a complete scientific paper, should be written in a clear, easy to understand manner, and be readable for a wide audience of engineers.
4. are clearly and grammatically written in English, in an easily readable style. Although, both English and Spanish written papers are published, our goal is to progressively increase the number of English written papers.

The editorial board policy is to select papers for publication which fall within the journal's scope and which make a significant contribution to the international engineering research literature. Because the journal operates within a relatively fixed number of pages, and the amount of potentially publishable material exceeds that space, decisions must be made about papers in competition with others that are being considered at the time. A further aim of the editorial board is to provide a response to authors as quickly as possible. A final consideration is the need to use scarce refereeing resources as efficiently and helpfully as possible. Papers are sent to two or more referees for comments. Normally the editorial board will act on the basis of at least two reports. We recognize that the editorial process, including refereeing and decision making carries a heavy responsibility. There is a need to ensure as far as possible that what is published is accurate and represents a genuine advance in knowledge.

We would like to remind all authors that the impact of our journal depends directly on the number of quality articles submitted for review. Accordingly, we would like to request your participation by submitting quality manuscripts and encouraging your colleagues to submit quality manuscripts. We very much appreciate your support as we strive to make *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* as one of the most authoritative journals on engineering research.

Consuelo Montes de Correa  
Editor in chief

