

Revista  
**F**acultad **51**  
de **I**ngeniería

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

---

Enero de 2010

N.º 51

Enero de 2010

ISSN 0120-6230

**Rector:**

Alberto Uribe Correa

**Decano:**

Elkin Libardo Ríos Ortiz

**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  
Facultad 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  
Facultad 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 multimedias,  
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  
Facultad de Ingeniería, Sanitaria y Ambiental  
Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

**Auxiliares Administrativos:**

Deisy Yuliana Holguín Urán  
Angie Alejandra Ariza Garcés  
Claudia Patricia Bedoya

**Carátula:**

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

**Diseño, diagramación e impresión:**

L. Vieco e Hijos 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 o temas afines, realizada por  
académicos y profesionales pertenecientes a entidades  
públicas y privadas, nacionales o extranjeras”.

## Contenido

Editorial	5
The negative sequence impedance as fault indicator in induction motors	7
<i>Fernando Villada</i>	
<i>Diego Raúl Cadavid</i>	
<i>José Edinson Aedo</i>	
<i>Bernardo Andrés Benavides</i>	
<i>Esteban Velilla</i>	
Modelamiento del motor de inducción para estudios de cortocircuitos entre espiras del estator	14
<i>Diego Raúl Cadavid</i>	
<i>Fernando Villada</i>	
<i>Esteban Velilla</i>	
Análisis del cortocircuito entre espiras de un motor de inducción tipo jaula de ardilla mediante la aplicación del método de elementos finitos (mef)	23
<i>Darío Díaz Sánchez</i>	
<i>Rodrigo Díaz Sánchez</i>	
<i>Martha Cecilia Amaya</i>	
<i>Jairo Palacios</i>	
CFD Numerical simulations of Francis turbines	31
<i>Santiago Laín Beatove</i>	
<i>Manuel J. García Ruiz</i>	
<i>Brian Quintero Arboleda</i>	
<i>Santiago Orrego Bustamante</i>	
Análisis de un sistema de almacenamiento de energía térmica usando cloruro de magnesio hexahidratado	41
<i>Andrés Felipe Macía Gómez</i>	
<i>Jhon Camilo Parra Alvarez</i>	
<i>Farid Chejne Janna</i>	
Análisis multiobjetivo a un sistema energético	51
<i>Marlon Bastidas</i>	
<i>Patricia Jaramillo</i>	
<i>Farid Chejne</i>	
<i>Blas Galván</i>	

Use of the information gathered during I/M programs to estimate emissions from gasoline vehicles	59
<i>Jorge Ignacio Huertas</i>	
<i>E. Mendoza</i>	
<i>Jorge Córdoba</i>	
Evaluation of nitrogen oxide emissions and smoke opacity in a HSDI diesel engine fuelled with palm oil biodiesel	69
<i>John Agudelo</i>	
<i>Pedro Benjumea</i>	
<i>Adriana Patricia Villegas</i>	
Desempeño dinámico y energético de un autobús operando con gas natural vehicular	79
<i>John Agudelo</i>	
<i>Ricardo Moreno</i>	
<i>Juan Pérez</i>	
Producción de biodiesel de aceite crudo de palma mediante catálisis heterogénea	88
Fernando Cardeño	
<i>Luis Ríos</i>	
<i>Alexander Franco</i>	
Análisis energético y exergético del proceso de obtención de etanol a partir de la fruta del banano	94
<i>H. I Velásquez Arredondo</i>	
<i>A. A. Ruiz Colorado</i>	
<i>S. Oliveira</i>	
Experimentos de combustión con cascarilla de arroz en lecho fluidizado para la producción de ceniza rica en sílice	104
<i>Juan Daniel Martínez Ángel</i>	
<i>Tatiana Gisette Pineda Vásquez</i>	
<i>Juan Pablo López Zapata</i>	
<i>Mariluz Betancur Vélez</i>	
Estudio de la fotodegradación del clorotalonilo usando las técnicas de fenton y fotocatalisis con dióxido de titanio mediante radiación solar	112
<i>Esmeralda Vásquez</i>	
<i>Gustavo Peñuela</i>	
<i>Sergio Agudelo</i>	
Instrucciones	121
Guide for authors	124

## Editorial

Dear Colleagues:

The Third International Conference on Rational and Efficient use of Energy (CIUREE) (*III Congreso Internacional sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía (CIUREE)*) was held between November 13 and 15, 2008, in Medellín (Colombia). CIUREE was founded in 2004 by the Colombian Network for Research on Energy Efficiency (RECIEE), *Red Colombiana de Investigación en Eficiencia Energética (RECIEE)* and by the Mines and Energy Program from the Colombian Science and Technology Institute, (*Instituto colombiano para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, Francisco José de Caldas (COLCIENCIAS)*) as a venue where academia, scientists, industry and government could exchange experiences and present recent developments in the study of energy generation, management, rational and efficient use, and environmental impacts.

The Organizing Committee of the third version of CIUREE received 114 abstracts, from which 86 full-length papers were selected. The Scientific Committee, which included 48 members from six different countries, 16 universities and two research institutes, selected 61 papers for oral presentation at the conference. The Scientific Committee members were asked to grade each paper in a scale from 1 to 10, where 10 represented the highest score and to fill an evaluation form. Based on the scores and on the comments to each paper, the organizing committee selected the best 61 papers for oral presentation.

From these papers, the organizing committee selected those with the highest scores (8 to 10) and best comments in the conference-review forms and submitted them to a new peer review process following the requirements of *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. This special issue contains those papers which reflect the best ideas presented at CIUREE. The first three papers present studies of the performance of electric motors, either through careful modeling or by experimental analysis. Papers No. 4-6 show applications of the state of the art modeling strategies, i.e. Computational Fluid Dynamics (CFD), multiobjective optimization and different engineering problems that involve energy efficiency. Given the importance that automobiles have on energy consumption, it does not come as a surprise that three papers (No. 7 to 9) deal with combustion engine performance and environmental impact. The worldwide interest in biofuels production and use is reflected in contributions No. 10 to 12, which deal with the use of agricultural feedstock for the production of biodiesel, ethanol and synthesis gas from palm oil, banana fruit residues and rice husk respectively. The last paper, No. 13, illustrates an application of solar energy to the control of pesticide degradation.

We would finally like to acknowledge all those who made this conference possible, particularly the administrators of the engineering faculties at Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

and Universidad Pontificia Bolivariana, as well as, all the members of the Scientific Committee.

Sincerely,

Alejandro Molina  
John Agudelo

Organizing committee, CIUREE 2008