

Revista  
**Facultad** 60  
**de Ingeniería**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**Septiembre de 2011**

---

N.º 60

Septiembre, 2011

ISSN 0120-6230

**Rector:**

Alberto Uribe Correa

**Decano:**

Carlos Alberto Palacio Tobón

**Directora Revista:**

Teresita Betancur Vargas

**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:**

Yessika Ortega Bedoya

Sara Ramírez Jiménez

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 Hijos Ltda.

lviecoehijasltada@une.net.co

**Permiso:**

Tarifa Postal Reducida N.º 842

**Dirección electrónica:**

revista@jaibana.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.

La presente edición contó con el apoyo del Fondo  
de Revistas especializadas de la Vicerrectoría de  
Investigación de la Universidad de Antioquia.

**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

Editorial	7
Interfaz cerebro computador basada en P300 para la comunicación alternativa: estudio de caso en dos adolescentes en situación de discapacidad motora .....	9
<i>Eliana García Cossio</i>	
<i>Carlos Fernandez</i>	
<i>Maria Eugenia Gaviria</i>	
<i>Catalina Palacio</i>	
<i>Liliana Alvarán</i>	
<i>Róbinson Alberto Torres Villa</i>	
Predicción de la concentración de contaminantes atmosféricos basada en un clasificador asociativo de patrones .....	20
<i>Itzamá López Yáñez</i>	
<i>Cornelio Yáñez Márquez</i>	
<i>Oscar Camacho Nieto</i>	
<i>Amadeo José Argüelles Cruz</i>	
Comparative study for chaotic behaviour in fire fighting robot .....	31
<i>Magda Judith Morales Tavera I</i>	
<i>Omar Lengerke</i>	
<i>Max Suell Dutra</i>	
Estudio de las relaciones entre parámetros estructurales de sistemas porosos desordenados y la difusividad efectiva mediante Monte Carlo Cinético .....	42
<i>Alejandro Ramírez</i>	
<i>John Jairo Castañeda</i>	
<i>Elizabeth Pabón</i>	

Adquisición de variables de tráfico peatonal utilizando visión por computador.....	51
<i>Julián Quiroga</i> <i>Néstor Romero</i> <i>Carolina García</i> <i>Carlos Parra</i>	
Piecewise line-symmetric spherical motions for orientation interpolation in 5-Axis CNC tool path planning.....	62
<i>Carlos Andrés Trujillo Suárez</i> <i>Qiaode Jeffrey Ge</i>	
A novel aerobic-anoxic biological filter for nitrogen removal from UASB effluent using biogas compounds as electron donors for denitrification	72
<i>Jenny Rodríguez Victoria</i> <i>Eugenio Foresti</i>	
A novel graphical and analytical method for the kinematic analysis of fourth class Assur groups.....	81
<i>Héctor Quintero</i> <i>Gabriel Calle</i> <i>Alexander Díaz</i> <i>Edison Henao</i>	
Método para la construcción de una taxonomía: estructura base para riesgos en outsourcing de software.....	92
<i>Gloria Piedad Gasca Hurtado</i> <i>Bell Manrique Losada</i>	
Tactical planning of domestic supply chains .....	102
<i>Rafael Guillermo García-Cáceres</i> <i>Fernando Palacios-Gómez</i> <i>Mario Ernesto Martínez-Avella</i>	
Clasificación e impacto ambiental de los residuos sólidos generados en las playas de Riohacha, La Guajira, Colombia .....	118
<i>Jairo Rafael Rosado Vega</i> <i>Elin Márquez Guloso</i>	
Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total.....	129
<i>Jorge Luis García Alcaraz</i>	

Una medida de la teoría de los conjuntos aproximados para sistemas de decisión con rasgos de dominio continuo .....	141
<i>Yaima Filiberto</i> <i>Rafael Bello</i> <i>Yailé Caballero</i> <i>Rafael Larrua</i>	
Mathematical formulation of restrictions for the design of low voltage bandgap references .....	153
<i>Alicia Polanco</i> <i>Agnes Nagy</i> <i>Manuel Álvarez</i>	
Relación entre la determinación del pigmento Clorofila <i>a</i> y el Biovolumen geométrico algal en un lago de planicie de inundación (Ciénaga de Ayapel, Córdoba-Colombia) .....	159
<i>Esnedy Hernández</i> <i>Nestor Jaime Aguirre</i> <i>Jaime Alberto Palacio</i>	
Desarrollo e implementación de un sistema láser para caracterización dinámica y medición de desplazamientos en estructuras civiles .....	170
<i>Jean Michel Franco</i> <i>Daniel Gómez</i> <i>Jorge Hernán Murcia</i> <i>Peter Thomson</i> <i>Johannio Marulanda</i>	
Análisis de dependencias no lineales utilizando redes neuronales artificiales .....	182
<i>Carlos A. Martinez</i> <i>Juan D. Velasquez</i>	
Virtual laboratory for simulation and learning of cardiovascular system function in BME studies .....	194
<i>Alher Mauricio Hernández Valdivieso</i> <i>María Bernarda Salazar Sánchez</i> <i>David Alexander Urrego Higueta</i> <i>Ramón Costa-Castelló</i> <i>Miguel Ángel Mañanas Villanueva</i>	

Sistema experto basado en casos para el diagnóstico de la hipertensión arterial .....	202
<i>Santiago Cuadrado Rodríguez</i> <i>Emilio F. González Rodríguez</i> <i>Haydee Curbelo Hernández</i> <i>Yaquelin Luna Carvajal</i> <i>Gladys Casas Cardoso</i> <i>Iliana Gutiérrez Martínez</i>	
A ripple-mitigating pre-amplifier based on interleaved DC-DC boost converters for efficiency improvement.....	214
<i>Eliana Arango</i> <i>Carlos Ramos-Paja</i> <i>Carlos Carrejo</i> <i>Roberto Giral</i> <i>Andres Saavedra-Montes</i>	
Instrucciones para los autores.....	226
Guide for authors .....	229

## Editorial

El acceso al conocimiento científico y matemático, al manejo tecnológico e informático, y al dominio fluido, de al menos un segundo idioma, son elementos que desde las áreas de la ingeniería y la tecnología abren posibilidades de formación y crecimiento integral a los seres humanos que tengan afinidad por estas disciplinas. La pobreza tiene directa relación con las dificultades en el acceso a la educación, de ahí los bajos logros en el nivel educativo que alcanzan las personas menos favorecidas. En esta misma vía cada vez es más contundente y aceptado el argumento de que se necesita contar con políticas educacionales eficaces y eficientes que contribuyan a disminuir un poco la desigualdad social. La formación en ingeniería debe ser protagonista en este contexto y, por lo tanto, es necesario definirle su papel frente a la problemática aludida y diseñar un proyecto institucional orientado hacia la construcción y consolidación de una sociedad más justa.

La ingeniería tiene hoy conocimientos y herramientas más que suficientes para resolver los problemas de infraestructura y desarrollo de los países más pobres. El uso de tecnologías de avanzada y la formación orientada a la capacitación en tecnología son el camino seguro al crecimiento económico y de la competitividad. Formar una sólida estructura de personas con formación tecnológica no sólo aporta la base para que los emprendedores locales desarrollen sus propios negocios, sino que en parte atrae inversiones de compañías multinacionales. Así lo dice Russel Jones, presidente de la Federación Mundial de Organizaciones de Ingenieros: *“Se requiere capacidad científica y tecnológica local para asegurar que los fondos de ayuda externa sean efectiva y eficientemente utilizados: para la implementación inicial de los proyectos; para su operatividad y mantenimiento a largo plazo y para el desarrollo de las capacidades necesarias para concebir nuevos proyectos... Un abordaje desde la Ingeniería sirve para reducir la fuga de cerebros, demostrando a la gente que pueden asociarse con naciones donantes para ayudar a construir sus propios países”*.

Sin ser aún el caso nuestro, en muchos países se registra una disminución del número de jóvenes que estudian ingeniería; la escasez de ingenieros genera un riesgo para el desarrollo. Así lo refleja el primer informe internacional sobre el estado de la ingeniería, que publicó la Unesco a finales del año pasado en su boletín electrónico de *Información y noticias científicas*. En este estudio se señala que existe una necesidad global de que la ingeniería y su función de motor del desarrollo sean mejor entendidas por los encargados de la elaboración de políticas y el público en general.

Dadas tales condiciones, quiero comprometer a los ingenieros de nuestra sociedad para que desde su papel de egresados y de profesionales de la ingeniería, busquen caminos que ayuden a continuar con la consolidación de la formación de ingenieros. Necesitamos que la sociedad, la empresa privada y el Estado se reúnan alrededor de las facultades de ingeniería, para que éstas puedan cumplir su función social de promover el desarrollo científico y

tecnológico en contribución al desarrollo social, con ingenieros competentes, creativos, solidarios y sensibles a los avatares y realidades del contexto en donde su conocimiento y la vida cotidiana entran en conversación.

Las universidades públicas debemos fortalecernos para seguir respondiendo a los retos de contribuir con la formación de excelentes profesionales que aporten al desarrollo del país. Tener una muy buena Facultad de Ingeniería en una universidad como la nuestra posibilita que los jóvenes provenientes de los estratos económicos menos favorecidos puedan llegar a ser excelentes ingenieros.

Antioquia, y en general Colombia, se encuentran hoy frente a una realidad optimista, en el inicio de una nueva etapa histórica, lo que es una oportunidad muy grande que trae consigo nuevos retos, y que nos obliga a repensar la estrategia de crecimiento. Medellín y Antioquia presentan en la actualidad una política de innovación, dirigida por las administraciones municipal y departamental, como parte de la estrategia de crecimiento y desarrollo de la región. Sin embargo, para que esta política tenga éxito se debe aumentar la promoción de inversión en investigación y desarrollo; a través de financiamiento a facultades de ingeniería, la creación de parques científicos, y el establecimiento de sistemas permanentes de innovación; y más importante aún, una decisión de total apoyo al cambio y modernización tecnológica en las áreas de ingeniería.

La adopción de políticas de apoyo a la innovación y a la educación han jugado un papel importante en el desarrollo de algunas regiones del mundo, como es el caso de países del este asiático, y aunque existen importantes diferencias, se pueden identificar lineamientos comunes con nuestra región. Algo común en los casos exitosos es que han adoptado un enfoque sistémico, que promueven la cooperación y coordinación entre las diferentes entidades responsables del proceso de innovación. Esto implica no solamente el desarrollo de sistemas regionales de innovación, con la coordinación de gobierno, universidades, entes de investigación, y sector privado, sino también un énfasis en el rol que desempeñan los clústeres productivos. Ejemplos en otras latitudes demuestran que, si durante un período prolongado de tiempo se mantiene un ambiente de políticas consistentes y predecibles, pequeñas economías, con recursos públicos limitados, pueden orientar exitosamente su política en clústeres industriales específicos, previamente identificados por sus evidentes ventajas comparativas.

Ante las nuevas dinámicas, las universidades debemos reflexionar e impulsar mecanismos de evaluación continua de métodos y didácticas complementarias a las tradicionales, para propiciar el estudio, el aprendizaje permanente y continuo, y la creación de un ritmo y una disciplina de trabajo por parte de los estudiantes, que aporten estrategias para la aplicabilidad de los conceptos, que propicien la autogestión, autodisciplina y aprendizaje autónomo, necesario en las dinámicas contemporáneas de aprendizaje.

*Carlos Alberto Palacio Tobón*  
Decano Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia