

# REVISTA CUBANA DE INGENIERÍA

Vol. VII, No. 2, 2016  
mayo-agosto

## DIRECTOR

**Dr. Willian Daniel Cobelo Cristiá**

Facultad de Ingeniería Civil  
Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría,  
Cujae, Cuba  
e-mail: revistaingenieria@tesla.cujae.edu.cu

## MIEMBROS DEL COMITÉ EDITORIAL

**Dr. Ángel Regueiro Gómez**

Facultad de Automática y Biomédica  
Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría,  
Cujae, Cuba  
e-mail: regueiro@electronica.cujae.edu.cu

**Dr. Jorge Laureano Moya Rodríguez**

Facultad de Ingeniería Mecánica  
Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Villa Clara, Cuba  
e-mail: jorgemr@uclv.edu.cu

**Ing. Odriel Estrada Molina**

Departamento de Geoinformática Universidad de las Ciencias  
Informáticas, La Habana, Cuba  
e-mail: oestrada@uci.cu

**Dr. José Antonio Vilan Vilan**

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad de Vigo,  
Vigo, España.  
e-mail: jvilan@uvigo.es

**Ing. Raúl Gutiérrez Perucho**

Escuela de Ingeniería, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de  
Monterrey, Aguascalientes, México  
e-mail: raul.gutierrez@itesm.mx

## REVISORES INVITADOS

**Dr. Alejandro Rosete Suárez**

Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría,  
Cujae, Cuba

**Dra. Ailyn Febles Estrada**

Universidad de las Ciencias Informáticas, UCI, Cuba

**Ph.D. Bruno Natalini**

Universidad Nacional del Nordeste, Argentina

**Dr. Alfredo Manuel del Castillo Serpa**

Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría,  
Cujae, Cuba

**Dr. Cs. Armando Cuesta Santos**

Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría,  
Cujae, Cuba

**Dr. Cs. Idania Caballero Torres**

Centro de Inmunología Molecular, Cuba

**Dr. José M. Ameneiros Martínez**

Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría,  
Cujae, Cuba



**Dr. Renato Pinto da Cunha**

Universidad de Brasília, Brasil

**Dr. Gilberto Julio Quevedo Sotolongo**

Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba

**Dr. Bernardo Fonseca Tutikian**

Universidad de Vale do Rio dos Sinos, Brasil

**Dr. Raúl Hugo Prado Govea**

Universidad de Alicante, España

## EDITORIA

**Lic. Mayra Arada Otero**

e-mail: mayar@tesla.cujae.edu.cu

## DISEÑO DE CUBIERTA

**Alex Álvarez Martínez**

## REALIZACIÓN DE CUBIERTA

**DI. Erick Ortega Villazón**

e-mail: evillazon@tesla.cujae.edu.cu

## DISEÑO INTERIOR

**Yaneri Guerra Turró**

e-mail: yane@tesla.cujae.edu.cu

## COMPOSICIÓN COMPUTARIZADA Y REALIZACIÓN

**Maritza Rodríguez Rodríguez**

e-mail: marit@tesla.cujae.edu.cu

Nuestra Revista puede ser visitada a través del sitio web:  
<http://rci.cujae.edu.cu>

La correspondencia puede dirigirse a: Revista Cubana de Ingeniería  
Calle 114, No. 11901, e/ Ciclovía y Rotonda, Apartado 6028, Cujae,  
Marianao, La Habana, Cuba.  
e-mail: revistaingenieria@tesla.cujae.edu.cu

# PROPÓSITOS Y ALCANCE

## VISIÓN

La *Revista Cubana de Ingeniería* se propone contribuir a la comunicación entre los profesionales de la ingeniería y se concibe como un foro en el que se presentan artículos científico-técnicos en las variadas áreas de la ingeniería, con un destaque de resultados novedosos y aportes de relevancia para la profesión. De esta manera, la revista se propone contribuir a la actualización de profesionales, investigadores, profesores y estudiantes de ingeniería, a la discusión científica nacional e internacional y, por consiguiente, al desarrollo tecnológico y científico de Cuba en el área de la ingeniería.

## PÚBLICO

La *Revista Cubana de Ingeniería* se dirige especialmente a la comunidad académica y científica, nacional e internacional, centrada en el tema de la ingeniería. Ingenieros, investigadores, profesores o gerentes que trabajen en alguna de las ramas de la ingeniería o en cualquier ciencia o tecnología afín constituyen el universo de lectores y contribuyentes de la revista.

## TEMÁTICA Y ALCANCE DE LA REVISTA

Una lista, que no pretende ser completa, de los temas de interés para la revista incluye contenidos en la solución de problemas, aplicaciones y desarrollo de la ingeniería civil, eléctrica, electrónica, hidráulica, industrial, informática, química, mecánica, mecatrónica y metalúrgica, además de contenidos asociados con la ingeniería de materiales, bioingeniería, transporte, geofísica, reingeniería y mantenimiento. También se consideran apropiados, artículos orientados a la formación de las nuevas generaciones de ingenieros, incluidos los programas de estudio, las tecnologías educativas, la informática aplicada, la gerencia universitaria y las relaciones universidad-industria.

Puesto que la práctica de la ingeniería obliga cada vez más a la interacción de sus diversas disciplinas, esta revista le asigna la primera prioridad de publicación a los artículos donde se preste atención a la integración multidisciplinaria, a los desarrollos interdisciplinarios y a las aplicaciones prácticas.

A fin de asegurar una alta calidad del contenido, todos los trabajos publicados serán arbitrados.

# REVISTA CUBANA DE INGENIERÍA

## SUMARIO/*CONTENTS*

### ■ EDITORIAL **4**

Vol. VII, No. 2, 2016  
Tres números al año



### CIENCIAS APLICADAS

Análisis de modos y efectos de falla **expandido: Enfoque avanzado de evaluación de fiabilidad** / *EXPANDED FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS: ADVANCED APPROACH FOR RELIABILITY ASSESSMENTS* **5**

Manuel Perdomo Ojeda  
Jesús Salomón Llanes

### INGENIERÍA CIVIL

Análisis de métodos de vientos extremos para calcular las velocidades básicas / *ANALYSIS OF EXTREME WINDS METHODS FOR CALCULATE BASIC VELOCITIES* **15**

Ingrid Fernández Lorenzo  
Vivian Beatriz Elena Parnás

Estudio de las proporciones óptimas de microsílíce y nanosílíce en hormigones de alto desempeño por durabilidad, mediante un diseño de experimento de tipo hexagonal / *STUDY ABOUT THE OPTIMAL PROPORTIONS OF MICROSILICA AND NANOSILICA IN CONCRETES WITH HIGH DURABILITY PERFORMANCE USING AND EXPERIMENTAL DESING OF HEXAGONAL* **26**

Juan José Howland Albear  
Jorge Bernardo Acevedo Catá

#### **Ensayo de carga en tablestacas.**

Instrumentación y modelación del ensayo / *LOAD TEST IN SHEET PILE* **33**

Luis Orlando Ibáñez Mora

### INGENIERÍA INDUSTRIAL

Aplicación de la gestión por competencias en una institución del sector cultural cubano / *APPLICATION OF COMPETENCES MANAGEMENT IN A INSTITUTION OF CUBAN CULTURAL SECTOR* **39**

Yuri Manuel Barroso Hernández  
María Julia Becerra Alonso

### INGENIERÍA INFORMÁTICA

Generación automática de combinaciones de valores para pruebas funcionales utilizando metaheurística / *AUTOMATIC GENERATION OF COMBINATION OF VALUES FUNCTIONAL TESTING USING METAHEURISTIC* **48**

Arloys Macías Rojas  
Martha Dunia Delgado Dapena  
Jenny Fajardo Calderín  
Danay Larrosa Uribazo

### MEDIOAMBIENTE

Carga contaminante dispuesta en cuenca Ariguanabo, provincia Artemisa, Cuba / *VOLUME OF CONTAMINATION POURED IN ARIGUANABO BASIN, ARTEMISA PROVINCE, CUBA* **55**

Bárbara Liz Miravet Sánchez  
Alberto E. García Rivero  
Eduardo Salinas Chávez

Modelación Matemática de la capacidad de autodepuración de corrientes superficiales. Caso de estudio: Río Portoviejo, Ecuador / *Mathematical Modeling of Self-Purification Capacity of Surface Currents. Study Case: Portoviejo River, Ecuador* **64**

Luis Santiago Quiroz Fernández  
Elena Izquierdo Kulich  
Carlos Menéndez Gutiérrez