

Complejidad e Ingeniería

Agradezco la invitación de la Revista INGENIERÍA de la Universidad Distrital al otorgarme el honor de ser el primer invitado a escribir la editorial de este prestigioso medio. En efecto, éste es un espacio privilegiado para proponer distintas visiones sobre la ingeniería y sobre la formación ingenieril que propicien la reflexión y el debate, por lo que la invitación se convierte en una oportunidad única para presentar puntos de vista personales, tal vez (y ojalá) controvertibles. Un tema que me inquieta y que me gustaría traer en esta ocasión es la inclusión formal de los conceptos propios de la complejidad en los programas de formación en ingeniería.

Ciertamente, la «Ciencia de la Complejidad», como se le ha llamado, no es una teoría única que se pueda enseñar en clase como la teoría de circuitos, la teoría de la evolución o la teoría de la relatividad. Se trata más bien de un conjunto de teorías que abarcan un amplio rango de disciplinas, incluyendo la mecánica estadística (donde se originó), la biología, la economía, la ecología, la sociología y la administración, entre muchas otras. Cada una de ellas, desde su perspectiva particular, ha hecho aportes importantes a la comprensión del comportamiento de sistemas que evolucionan y se adaptan, generando fenómenos emergentes como la autoorganización cerca de puntos críticos, donde se presentan transiciones de fase en las que la dinámica del sistema puede volverse caótica (SOC/EOC – *Self-Organized-Criticality/Edge-Of-Chaos*). Lo más interesante es que los grandes productos tecnológicos de la ingeniería empiezan a presentar características semejantes cuando se diseñan para la robustez ante los cambios previsible en el ambiente en que se desempeñarán (HOT – *Highly Optimized Tolerance*). A manera de ejemplo, las redes modernas de comunicaciones se caracterizan por topologías físicas y lógicas libres de escala, fractalidad en las trazas de tráfico, leyes de potencia en el tamaño de la información que transfieren y en la duración de las sesiones que se establecen a través de ellas, potencial comportamiento caótico en la dinámica de los protocolos, etc. Sin embargo estas características, comunes con tantos otros sistemas complejos que se estudian en otras disciplinas, aunque pueden explicarse a la luz de la teoría de la información y de la teoría de control de sistemas dinámicos no lineales, no son producto de la voluntad de los

ingenieros diseñadores de las redes sino que constituyen un fenómeno emergente que sorprende a sus mismos creadores.

Implícitamente, la praxis de la ingeniería reconoce estas condiciones de los sistemas tecnológicos modernos cuando involucra, cada vez más, diseños basados en inteligencia computacional (redes neuronales, lógica difusa, computación evolutiva, inteligencia de enjambre, etc.). Sin embargo, este reconocimiento tácito no se ha visto explícitamente reflejado en nuestros planes de estudio, que a veces parecen un monumento al reduccionismo mecanicista ya que seguimos limitándonos a la descomposición modular como única metodología ingenieril: pareciera que creemos más en el precepto de «divide y vencerás» que en la verdad holística de que «el todo es mayor que la suma de las partes». Volviendo al ejemplo de las redes de comunicaciones, no podemos seguir enseñando dogmáticamente los principios de la transparencia y la independencia entre las capas de una jerarquía funcional de protocolos cuando la práctica del diseño de redes inalámbricas se basa en una alta interacción entre las diferentes capas para alcanzar niveles de desempeño que aprovechen adecuadamente los escasos recursos de potencia y ancho de banda (*cross-layer design*).

Es mi opinión (y espero abrir el debate) que debemos formalizar desde la academia un nuevo enfoque que permita conciliar la praxis y la teoría del diseño en ingeniería, donde la modularidad tradicional se entienda con la necesidad de percibir el ambiente para adaptarse a él. Mientras la modularidad es necesaria para asegurar la posibilidad de estandarización y, por consiguiente, la proliferación económica de las innovaciones tecnológicas, la percepción y la adaptabilidad requieren violar los principios de modularidad para asegurar un uso adecuado de los recursos disponibles con niveles de desempeño aceptables. Los ingenieros debemos aprender a movernos con agilidad malabarista sobre la cuerda floja que se extiende entre estos dos conceptos. Creo que la introducción de la ciencia de la complejidad en el *currículum* ingenieril no sólo compensaría esta necesidad sino que abriría las puertas de las tan deseadas inter- y transdisciplinariedad con que siempre hemos soñado.

Marco Aurelio Alzate Monroy

Nota del Director

La intención más importante de la existencia de la Revista INGENIERÍA es mostrar el trabajo científico, a nivel de ingeniería, que se desarrolla en nuestra universidad, principalmente, o en otras universidades o instituciones de investigación. Esta labor la ha venido cumpliendo de la mejor manera posible con las dificultades inherentes del trabajo de una institución pública como la nuestra. De hecho, ha habido una respuesta positiva de las facultades de ingeniería que conocen y reciben la revista. Pues bien, digamos que esta intención se cumple en el sentido más general. Sin embargo, el propósito más intrínseco en la divulgación del trabajo científico es lograr el contraste de estos resultados frente a la comunidad científica nacional e internacional.

Es, precisamente, en la discusión académica donde se evalúan y validan esos resultados obtenidos por los investigadores. Si la publicación de un artículo genera la «opinión» de otro investigador se ha cumplido la intención. No obstante, si la discusión llega incluso a reconocer o desconocer métodos asumidos por los investigadores autores, se ha llegado al cumplimiento a cabalidad del propósito de la Revista.

Es entonces evidente que el contenido de los artículos debe invocar a los interesados a no sólo leerlos sino estudiarlos y utilizarlos como referentes de las discusiones posteriores. Esto implica una organización de manera que sea ágil la ubicación de los documentos y que brinde, a los interesados, información preliminar que sea coherente con lo que va a encontrar en los artículos. Además, se debe tener en cuenta que la información que aparece en los artículos debe ser concreta, específica a lo estudiado o desarrollado. Esto permitiría que una mayor cantidad de interesados estudien estos resultados, logrando el contraste que esperan los investigadores de sus resultados.

La revista cumple con una contrastación preliminar cuando utiliza unos árbitros para validar cada uno de los documentos que reciben como artículos y que muestran resultados de investigaciones o de desarrollo tecnológico. Sin embargo, el contraste logrado en el arbitraje no es un proceso terminado dado que su evaluación se refiere más a aspectos que interesan al editor que a los resultados mismos.

La discusión académica alrededor de los descubrimientos o innovaciones, que interesa tanto a los investigadores autores, viene posteriormente a ese proceso de arbitraje. Aunque la evaluación por pares que interesa a la revista se fundamenta en la estructura de los documentos, esta organización hace que las ideas planteadas en

los artículos sean consistentes y organizados para el público lector. Bajo esta premisa en

este número y en los anteriores, se presentan artículos de resultados de investigaciones de nuestra universidad y de otras universidades que han querido compartir su trabajo científico, quienes buscan, como lo he mencionado, presentar a la comunidad académica y científica sus resultados para su contraste. Y precisamente esa es la intención. Los reportes que hemos recibido de diferentes sitios del país así lo confirman.

En esta Revista tenemos aquellos artículos que por su construcción y celeridad en la respuesta obtenida por parte de árbitros y autores pudieron estar listos. Pero debo anotar que fueron muchos los que quedaron en el camino y que esperamos puedan ser publicados en la siguiente edición.

De profesores de nuestra Facultad se presentan los trabajos desarrollados en las áreas de Internet. Uno está dedicado a hacer una revisión exhaustiva sobre los apor-

“La Facultad de Ingeniería consciente de la necesidad de construir y desarrollarse permanentemente tiene en la autoevaluación su mejor instrumento hacia la acreditación voluntaria de sus diferentes programas académicos.”

tes que han contribuido en los sistemas de recuperación de información y cómo los aspectos semánticos han afectado su desarrollo. El otro trata un tema de trascendencia actual que es la seguridad. Dedicamos su trabajo a revisar cómo ha evolucionado esta área y propone hacer unos ajustes a las diferentes clasificaciones de los incidentes con la intención de mejorar su estudio. Por otro lado, uno de los problemas recientes, con el advenimiento de las redes de alta velocidad, que está aún por resolverse es el manejo del tráfico. Un modelo que ha adquirido fuerza en el análisis de este tipo de tráfico es el del comportamiento autosimilar. El artículo que estudia esta área plantea una técnica que predice con alto grado de acierto el comportamiento del tráfico de este tipo de redes.

De la Facultad de Medio Ambiente, un profesor involucrado con el trabajo en nuestra Facultad desarrolla técnicas modernas para localizar operadores de zonas de la ciudad que suministran madera. Bajo la premisa de obtener resultados más eficientes, implementa soluciones basadas en la evolución de organismos genéticos, técnica heurística actual.

Por el interés de mejorar las condiciones de vida de las personas discapacitadas, investigadores proponen un medio de comunicación de alta tecnología. En el presente número se muestra un mecanismo de detección de los objetivos de la visión a través del reconocimiento de partes del ojo humano y su ubicación a través de procesamiento de señales. Por otro lado, se presenta un acercamiento poco común de dos áreas: la estadística y la lógica difusa. Se busca verificar las pruebas de hipótesis a través de modelos difusos con la ventaja de obtener niveles de cumplimiento.

También de nuestra Facultad, se presenta el resultado de algoritmos que sintonizan equalizadores de canales de comunicación a través de mapas autoorganizados. El resultado muestra una experiencia para tra-

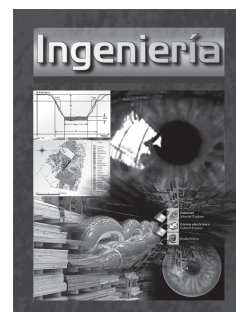
bajo futuro alrededor de la modelación de canales de comunicaciones.

De la Universidad Militar Nueva Granada se presenta un artículo de investigadores de la Facultad de Ingeniería que analiza un tema crítico en estos tiempos de desarrollo tecnológico, la seguridad. Se centra fundamentalmente en las actuales redes inalámbricas. En el documento busca resaltar las mejoras y algunas vulnerabilidades de estas nuevas tecnologías. De investigadores de la Universidad Tecnológica de Pereira y de la Universidad Industrial de Santander se presenta una propuesta de localización de fallas en la distribución de energía eléctrica. La técnica propuesta busca mejorar el tiempo de respuesta y reducir los costos en la localización de estas fallas por parte de las entidades distribuidoras.

Finalmente, como novedad de la revista, se tendrá ocasionalmente la editorial escrita por un invitado quien expondrá puntos de vista personales sobre la ingeniería y su relación con la academia. Esto permitirá generar una sana controversia sobre aspectos que competen a nuestra Facultad y su gestión como ente dedicado a la docencia, a la investigación y a la extensión. En esta oportunidad, la propuesta del profesor Alzate va relacionada con la incorporación de nuevos temas y nuevas formas de hacer en el desarrollo de planes curriculares. La Teoría de la Complejidad, como él mismo lo menciona, se ha abierto su espacio en el ejercicio de la ingeniería y ya no puede mirarse de soslayo.

Es natural que tanto el Comité Editorial de la Revista como toda la Facultad de Ingeniería expresen un agradecimiento especial a todas las personas que tienen interés por publicar en nuestra revista. Yo me adhiero a ellos.

Rodrigo Javier Herrera García
Director



NUESTRA PORTADA:
Investigaciones en diferentes áreas de la Ingeniería que plantean soluciones a problemas concretos.

Diseño y concepto: GRUPO EDITORIAL GAIA

REVISTA Ingeniería

Vol. 11 No. 1 año 2006

REVISTA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD
DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Publicación admitida en el Índice Nacional de Publicaciones
Serias Científicas y Tecnológicas de Colciencias
ISSN 0121-750X

Director

Rodrigo Javier Herrera García
Profesor Universidad Distrital

Comité Editorial

Juan Lorenzo Ginori	<i>U. Central Las Villas</i>	<i>Ph.D.</i>
Carlos Suárez	<i>U. Politécnica de Valencia</i>	<i>Ph.D. Candidato</i>
Víctor Hugo Grisales	<i>U. Paul Savater</i>	<i>Ph.D. Candidato</i>
Miguel Fernando B.	<i>U. Politécnica de Valencia</i>	<i>Ph.D.</i>
Germán Méndez G.	<i>U. Distrital</i>	<i>Ph.D.</i>
Ana María Peña	<i>U. Distrital</i>	<i>Ph.D.</i>
Rodrigo Herrera	<i>U. Distrital</i>	<i>Msc.</i>
Agustín Vega	<i>U. Distrital</i>	<i>Msc.</i>

Comité Científico

Jorge Matos Gómez	<i>U. Central Las Villas</i>	<i>Ph.D.</i>
Pedro José Arco R.	<i>U. Central Las Villas</i>	<i>Ph.D. Candidato</i>
Marco Aurelio Alzate	<i>U. Mayland</i>	<i>Ph.D.</i>
Nelson Pérez C.	<i>U. Distrital</i>	<i>Ph.D.</i>
Fernando Cancino	<i>U. Distrital</i>	<i>Ph.D.</i>
Álvaro Betancourt U.	<i>U. Distrital</i>	<i>Msc.</i>



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Rector
Ricardo García Duarte

Vicerrector
Carlos Javier Mosquera Suárez

Decano Facultad de Ingeniería
Alejandro Silva Riaño

Carrera 7 No. 40-53
Teléfono: 323 93 00 ext. 2413
revista_ing@udistrital.edu.co
http://www.u.distrital.edu.co/documentos/publicaciones/rev_ingenieria

Coordinación editorial,
Diseño gráfico,
Diagramación e impresión

GRUPO EDITORIAL GAIA
Teléfonos: 217 03 52 - 482 20 61
grupoeditorialgaia@hotmail.com
Bogotá, D. C. - Colombia.



Los textos de los artículos de esta publicación
pueden ser reproducidos citando la fuente.

Contenido

5

La semántica en los motores de búsqueda

Sonia Ordóñez Salinas

16

Aplicación de Algoritmos Genéticos para
Localizar un Operador Logístico Maderero
en la Localidad de Barrios Unidos,
Bogotá D.C., Colombia

César Polanco Tapia

26

Desarrollo de una Metodología para
seguir y discriminar el Movimiento
de un Ojo Humano en Tiempo Real

Fidelia Milena Rubio Ramos - Álvaro Betancourt Uscátegui

37

Hacia una Taxonomía de Incidentes
de Seguridad en Internet

Zulima Ortiz Bayona - Francisco Galindo Pulido

43

Selección de descriptores de tensión
para localización de fallas en redes
de distribución de energía

Juan José Mora Flórez - Germán Andrés Morales E.

Gilberto Carrillo Caicedo

51

Implementación de Lógica Difusa
para realizar Pruebas de Hipótesis
Estadísticas Univariadas

Juan Carlos Figueroa García - Luis Eduardo Campos T.

Camilo Caquimbo Tabares

62

Cascadas conservadoras aplicadas
a la predicción de tráfico multifractal

Lidia Soraya Contreras Ávila - Gabriel Armando Ospina G.

Marco Aurelio Alzate Monroy

68

Sintonización de ecualizadores difusos
basada en técnicas de agrupamiento
y mapas autoorganizados

John Álvaro Figueroa Rodríguez - Diego Alejandro Corrales C.

75

Estudio de fortalezas y vulnerabilidades de los
nuevos esquemas de autenticación en redes
inalámbricas IEEE 802.11

Marcela Mejía Fajardo - Ramiro A. Chaparro Vargas