

## ***DIRECTIVOS FACULTAD DE INGENIERIA***

---

DECANO:	Ing. Carlos A. Cortés Amador
VICEDECANO ACADÉMICO:	Ing. Luis M. Carballo Suárez
VICEDECANO DE BIENESTAR UNIVERSITARIO:	Ing. Jaime Guerrero Casadiego
SECRETARIO:	Ing. Hugo A. Herrera Fonseca

### **DIRECTORES DE DEPARTAMENTO**

INGENIERÍA AGRÍCOLA:	Ing. Julio Ernesto Ospina M.
INGENIERÍA CIVIL:	Ing. Alvaro de la Cruz Correa A.
INGENIERÍA ELÉCTRICA:	Ing. Iván Jaramillo Jaramillo
INGENIERÍA MECÁNICA:	Ing. Luis Eduardo Benítez
INGENIERÍA QUÍMICA:	Ing. Luis Francisco Boada Eslava
INGENIERÍA DE SISTEMAS:	Ing. José Ismael Peña

### **DIRECTORES CURRICULARES**

INGENIERÍA AGRÍCOLA:	Ing. Carlos Alberto González M.
INGENIERÍA CIVIL:	Ing. Carlos Eduardo Cubillos P.
INGENIERÍA ELÉCTRICA:	Ing. Fernando Augusto Herrera
INGENIERÍA ELECTRÓNICA:	Ing. Iván Jaramillo Jaramillo
INGENIERÍA MECÁNICA:	Ing. Nelson de Jesús Moreno M.
INGENIERÍA QUÍMICA:	Ing. Armando Espinosa
INGENIERÍA DE SISTEMAS:	Ing. Jaime U. Malpica Angarita
POSGRADO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	Ing. Jesús Alberto Delgado

### **INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIÓN**

DIRECTOR:	Ing. Silverio Farías Mendoza
JEFE UNIDAD DE EDUCACIÓN CONTINUADA:	Ing. Jaime Alemán Casas
JEFE UNIDAD DE ENSAYOS:	Ing. Héctor Delgado Fiallo
JEFE UNIDAD DE INNOVACION TECNOLÓGICA:	Ing. Oscar F. Castellanos D.
JEFE UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:	Ing. Julio Mario Rodríguez Devis
JEFE UNIDAD DE PUBLICACIONES:	Ing. Luis Carlos Torres

# Contenido

<b>Editorial</b>	<b>3</b>	<b>Cálculo Numérico de un Evaporador Químico Sobre una Hoja Electrónica</b>	<b>48</b>
<b>In memoriam</b>	<b>5</b>	Hermes A. Rangel Jara, Andrés Argoti Caicedo.	
<b>A la Memoria del Profesor Zbigniew Broniewski</b>	<b>6</b>	<b>Solución de Redes de Flujo para Gases Usando el Modelo de Balance de Nodos y el Método de Linealización de Ecuaciones.</b>	<b>56</b>
<b>Antecedentes, Aparición y Ejercicio Profesional de la Ingeniería Química en Colombia</b>	<b>8</b>	Paulo César Narváez.	
Marcelo Riveros Rojas, Alberto Mayor Mora, Oscar Armando Madiedo Becerra, Edwin Ramiro Umaña Peña		<b>Sustancias Húmicas en Aguas Para Abastecimiento</b>	<b>63</b>
<b>Una Experiencia con la Estrategia de Grupos Cooperativos en la Enseñanza de la Ingeniería Química</b>	<b>19</b>	Miller Camargo Valero, Luis Eduardo Cruz Torres.	
Armando Espinosa H., Joaquín Palacios A.		<b>Remoción de Sustancias Húmicas por Coagulación con Alumbre</b>	<b>73</b>
<b>Oportunidades para la Ingeniería Química del Siglo XXI</b>	<b>23</b>	Miller Camargo Valero, Luis Eduardo Cruz Torres.	
José Joaquín Fonseca S.		<b>Mezcla de Materiales Poliméricos I.</b>	<b>80</b>
<b>Metodología de los Escenarios para Estudios Prospectivos</b>	<b>26</b>	Jairo E. Perilla, Luis R. Chaparro, Carlos Escorcia, Nelson Lopez.	
Alexandra V. Cely B.		<b>Mezcla de Materiales Poliméricos II.</b>	<b>84</b>
<b>Oxidación de Propileno Sobre Catalizadores Pt-Cu/<math>\gamma</math>-alúmina, Primera Parte</b>	<b>36</b>	Luis R. Chaparro, Jairo E. Perilla, Jairo Huertas, Germán Castro.	
Luis M. Carballo, Hugo R. Zea.		<b>Oxidación de Propileno Sobre Catalizadores Pt-Cu/<math>\gamma</math>-alúmina, Segunda Parte</b>	<b>88</b>
<b>Ubicación Óptima de Platino en Pellets Catalíticos para la Oxidación Total de Propileno</b>	<b>41</b>	Luis M. Carballo, Hugo R. Zea.	
Javier Fontalvo Alzate, Luis M. Carballo Suárez.		<b>Cálculo del Factor de Efectividad Utilizando Colocación Ortogonal Sobre Elementos Finitos</b>	<b>94</b>
		Javier Fontalvo Alzate, Luis M. Carballo Suárez.	

## REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN

### Decano

Ing. Carlos A. Cortés Amador

### Director de la Revista

Ing. Julio Mario Rodríguez Devis.

### Consejo Editorial

Ing. Rubén G. Ballesteros Castro  
 Ing. Hernando Puentes Palencia  
 Ing. Denisse Cangrejo  
 Ing. Hernando Díaz Morales  
 Ing. William Moreno Portillo  
 Ing. Jairo Uribe Escamilla  
 Ing. Luis Carlos Torres  
 Ing. Julio Mario Rodríguez Devis  
 Ing. Carlos Cortés Amador  
 Ing. Germán Santos

### Asistente del director

Luz Angela Medina L.

La Revista Ingeniería e Investigación es un órgano técnico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. Los artículos de esta revista pueden ser reproducidos total o parcialmente citando la fuente y el autor.

Las colaboraciones que aparecen aquí, no reflejan necesariamente el pensamiento de la Facultad de Ingeniería. Se publican bajo responsabilidad de los autores.

Para información adicional escribir al E-mail [ingcinve@icfes.gov.co](mailto:ingcinve@icfes.gov.co)

### Diseño Portada

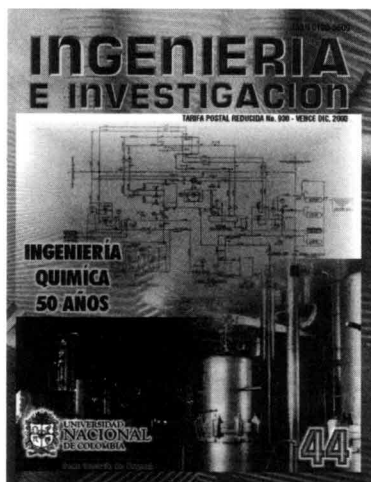
Jaime Velasquez Vasquez

### Diseño y Diagramación

Jaime Velasquez Vasquez

### Impresión:

Quebecor Impreandes



# EDITORIAL 50 AÑOS

*En este número especial de la Revista Ingeniería e Investigación presentamos una muy pequeña pero importante muestra del trabajo mancomunado de profesores y estudiantes del Departamento de Ingeniería Química.*

*Los antecedentes de este departamento se remontan al año de 1939 cuando se iniciaron los programas de Química e Ingeniería Química como respuesta de la Universidad a las necesidades de la industria en el área de la química aplicada. Nueve años después se graduó el primer ingeniero químico, quien era químico de profesión pero que complementó sus estudios para optar al título de Ingeniero Químico. De entonces a este momento se cuentan 2.577 egresados con título.*

*En 1986 fue creado el postgrado a nivel de maestría que inició labores en 1987; sus cuatro áreas de énfasis son Catálisis, Polímeros, Ingeniería Bioquímica y Carbón, del cual han egresado 44 ingenieros con título de Magister. Actualmente el programa de pregrado cuenta con 54 asignaturas que incluyen áreas electivas como electroquímica y corrosión, ingeniería ambiental, ingeniería de alimentos materiales poliméricos y procesos catalíticos y petroquímicos, además de las áreas tradicionales.*

*El Departamento de Ingeniería Química ha contado con una nómina de excelentes profesores entre quienes se destacó el profesor Z. M. BRONIEWSKI, quien con su visión de largo plazo se convirtió en el mentor de la "Escuela de Ingenieros Químicos". El Departamento de Ingeniería Química ha sido semillero de importantes ideas innovadoras en esta Facultad, de las cuales sólo mencionamos dos casos: Ingeniería de Sistemas y la recién creada Ingeniería Industrial que comenzará sus actividades en el primer semestre del año 2001.*

*Por otra parte dentro del programa de Doctorado en ingeniería a finales de 1997, se aprobó el del área de la ingeniería química teniendo en cuenta la solidez académica, la tradición y la experiencia acumulada al interior del Departamento en mención.*

*Los egresados de estos programas ocupan lugar de mando en la industria química: diseño y operaciones de planta, economía, ventas, control de calidad, mantenimiento, biotecnología control de contaminación ambiental entre otras, lo que da un panorama de la importancia nacional e internacional de esta rama de la ingeniería.*

*Al formar recursos humanos bajo criterios de desempeño autónomo, espíritu innovador, trabajo en equipo y liderazgo, la ingeniería química se convierte en un formidable factor de desarrollo pues agrega valor nacional a la producción, busca desarrollos tecnológicos independientes e incorpora conocimientos estratégicos a los procesos y productos químicos. En particular el doctorado en ingeniería química busca en primera instancia culminar la formación de los profesores universitarios que fomenten la interacción real entre la universidad y su entorno industrial, el estudio y la solución de problemas técnicos, la generación, diseño y construcción de nuevos procesos y productos útiles para la humanidad y en especial para la sociedad colombiana.*

*En síntesis, primero el programa doctoral que hemos caracterizado contribuye al desarrollo tecnológico, al desarrollo de la industria química nacional y en alguna medida a la consolidación de la comunidad académica colombiana. Segundo la producción tecnocientífica nacional es un proceso que pasa por las fases de planeación, organización, ejecución y evaluación en lo cual la Universidad y en particular la Facultad de Ingeniería cumple un papel de primer orden en el desarrollo de las interacciones entre los sectores productivos, educativos y gubernamentales. Tercero, dado el perfil de los egresados es viable pensar en distintas modalidades de trabajo en el mercado laboral; una de ellas es la creación de empresas lo que implica mentalidad abierta, capacidad de riesgo e innovación en momentos de crisis, desempleo y recesión.*

*Estamos seguros que los cincuenta años de existencia de Ingeniería Química se convierten en un aspecto central del conocimiento y la experiencia de quienes hacemos parte de esta Facultad, lo que augura buenos y nuevos vientos en el próximo futuro.*

# In Memoriam

Al momento de presentar este número de INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN, el Departamento de Ingeniería Química registra con profundo sentimiento de pesar la desaparición temprana de dos de sus más preciados profesores, los ingenieros GUSTAVO ADOLFO VILA CASADO y ALEJANDRO OSPINA TORRES, quienes prestaron sus servicios a esta unidad docente con amor y dedicación. Presentamos un breve perfil de estos importantes docentes:

## **GUSTAVO ADOLFO VILA CASADO**

Nació el tres de febrero de 1947 en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander.

Egresado como Ingeniero Químico de la Universidad del Atlántico en la Ciudad de Barranquilla, hizo estudios de Magíster en Ingeniería Metalúrgica en el área de Corrosión en la Universidad Industrial de Santander de Bucaramanga.

Fue docente en la Universidad Nacional, en el Departamento de Ingeniería Química desde febrero de 1975, en el área de Electroquímica y Corrosión.

Fue autor de varias publicaciones orientadas a la docencia, entre las cuales figuran “Corrosión y Métodos de Control de la Corrosión” y “Corrosión Electroquímica: Mecanismos y Métodos de Control”.

Participó en varios estudios sobre *software* de protección catódica y se desempeñó como asesor de la Facultad de Ingeniería en el campo de la corrosión para varias empresas.

El ingeniero Vila murió en octubre de 1998.

## **ALEJANDRO OSPINA TORRES**

El pasado mes de abril falleció el ingeniero ALEJANDRO OSPINA TORRES. Su deceso ha conmovido sensiblemente a las directivas, al cuerpo docente, y al estudiantado de la Facultad de Ingeniería, y particularmente, al Departamento de Ingeniería Química.

En su trayectoria, primero como estudiante y luego como docente y directivo de la Universidad Nacional durante algo más de treinta años, el profesor Ospina forjó y consolidó la imagen de un decidido e incansable luchador por la defensa de los intereses académicos de la educación superior. En la década de los 60, como representante estudiantil, fue uno de los líderes de la secesión de la carrera de Ingeniería Química de la entonces naciente Facultad de Ciencias y de su paso a la Facultad de Ingeniería.

Así mismo, al comienzo de la década de los 70, el ingeniero Ospina participó y condujo en la Facultad de Ingeniería el movimiento de los denominados Claustros de Profesores que propugnaba por una universidad científica y crítica.

A mediados de la década de los 80, el profesor Ospina hizo parte de las directivas de la Universidad Nacional, primero como Vicerrector General y luego como Decano de la Facultad de Ingeniería. En esa época, su decisiva participación en el proceso de reformas que permitieron a la Universidad superar su aguda crisis de los años 84 y 85, fue un claro testimonio de su entrega a la causa de la Universidad Nacional.

Ya en la actual década, el profesor Ospina decidió dedicarse al estudio de las Ciencias del Medio Ambiente, campo en el que sobresalió en la Universidad por su visión clara y coherente de la problemática ambiental. Como miembro y Director del Programa de Investigación sobre Residuos Sólidos, PIRS, de la Facultad de Ingeniería, vinculó a ésta varios proyectos importantes.

El profesor Ospina fue ante todo un punto de referencia obligado en el análisis y búsqueda de solución a los problemas de la vida universitaria; en tal condición ha dejado un vacío difícil de llenar, pero también ha dejado una profunda huella que habrá de convertirse en guía para las generaciones presentes y venideras, ya que entre las que ayudó a formar como docente gozó de una amplia aceptación.

## A la Memoria del Profesor Zbigniew Broniewski

El Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Santafé de Bogotá, con motivo de sus cincuenta años de existencia, rinde en esta ocasión tributo de **agradecimiento y reconocimiento** a uno de sus más destacados profesores, ZBIGNIEW MARIANO BRONIEWSKI P., a quien se le puede considerar como la piedra angular de la carrera de Ingeniería Química en esta Alma Mater.

El profesor Broniewski se esmeró por dar forma a los acuerdos que la Universidad presentó para crear la carrera de Ingeniería Química, y establecer en Bogotá la primera institución a nivel de carrera profesional en el área de la química industrial.

De los datos biográficos del profesor Broniewski, tomados de la hoja de vida que figura en los archivos de la Facultad de Ingeniería, se sabe que nació en Pabjanice (Polonia) el 5 de agosto de 1894. Durante la primera guerra mundial, en 1916, obtuvo el título de Ingeniero Militar en la Escuela Militar de San Petersburgo (Rusia) y en 1917 se graduó como aviador militar en la Escuela Superior de Aviación Militar en Cratchino (Rusia).

El 31 de agosto de 1927, recibió el título de Ingeniero Químico Diplomado de la Universidad Politécnica de Varsovia; en el año de 1936 realizó cursos sobre Seguridad Industrial en la Asociación de Industrias de Varsovia, mientras trabajaba en dirección técnica, administrativa y comercial en el Consorcio de Ingenieros del Azúcar en Varsovia y Lublin, entidad a la que se vinculó desde 1924 y a la que perteneció hasta 1945.

Durante 1947 y parte de 1948, trabajó como Asistente de Investigación, en dedicación exclusiva, en el Instituto de Economía Nacional de la Universidad de Upsala (Suecia).

Hacia mediados de 1948 se estableció en Colombia; desde su llegada al país y hasta comienzos de 1950, se desempeñó como docente y en labores de organización académica en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad del Atlántico (Barranquilla).

A partir de febrero de 1950 se vinculó a la Universidad Nacional de Colombia como jefe de la Sección de Ingeniería Química de la Facultad de Química e Ingeniería Química, desarrollando actividades de docencia, investigación y organización hasta el año de 1965, cuando fue nombrado Jefe de Plantas Piloto y Operaciones Unitarias del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias. Es de recordar que en dicho año de 1965 empezó a operar la famosa "Reforma Patiño", que aún sustenta el actual esquema de la Universidad, reforma que creaba la departamentalización, ésto es, cada carrera prácticamente depende de varias unidades docentes que le prestan servicios en la formación de los estudiantes.

Dentro de los ideales del profesor Broniewski siempre figuró el sueño de la creación de la Facultad de Ingeniería Química, cosa que con la nueva reforma no podía darse. Ante la situación planteada, como una dependencia de Química, se generó un movimiento que hizo que la Carrera de Ingeniería Química adquiriera *status* de Departamento en la Facultad de Ingeniería; el profesor Broniewski fue su primer Director.

A lo largo de su permanencia en la Universidad Nacional, siempre fue docente de Termodinámica, formador de muchos ingenieros químicos en esta área. Unidos a su experiencia en tierras europeas, su amor e interés por la docencia lo condujeron a la escritura de varios textos relacionados con su tema predilecto, unos quince en total, dentro de los cuales se destaca la Termodinámica Básica (diez capítulos), Motores de Combustión Interna, Máquinas de Vapor, Evaporadores, Aparatos a Presión, Centrales Térmicas, Turbinas de Vapor, Calderas, Combustión Industrial, y Chimeneas.

Al exterior de la Universidad, fue socio fundador de la Sociedad Colombiana de Física y miembro de la Junta Directiva de la Sociedad Colombiana de Químicos e Ingenieros Químicos.

Recibió distinciones como el Premio Radocha, en Polonia, otorgado en 1928 por su obra sobre resistencia de las centrífugas y de aparatos sometidos a presión; obtuvo la Medalla al Mérito Educativo concedida por la Federación Nacional de las Asociaciones de Químicos e Ingenieros Químicos, así como la Medalla al Mérito de la Universidad Nacional de Colombia.

A decir del ingeniero Humberto Riveros, quien sucedió al profesor Broniewski en las labores docentes y administrativas en 1968, y quien fue formado por el mismo profesor,

"lo realizado por sus actividades y esfuerzos tesoneros así como los logros obtenidos, se podría ver opacado por el perfil personal del Maestro."

"Hombre de una inmensa calidad humana, nunca antepuso su inteligencia, capacidad y méritos a su admirable sencillez; antes que el profesor que transmite conocimientos, fue un guía en el sentido integral de la palabra. Antes que un jefe, un compañero que entregaba todo de sí, sin limitaciones ni egoísmo. Hombre de admirable humor, consejero permanente, con su ejemplo nos dejó un legado inolvidable: el del trabajo arduo, la responsabilidad sin evasivas, el compromiso total, y ante todo, el de ser seres humanos, con todo lo que ello implica."

«Llor al Maestro, al colega, al amigo».