



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE INGENIERÍA**

PROYECTO EDUCATIVO

**PROGRAMA DE DOCTORADO
INGENIERÍA – INGENIERÍA QUÍMICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ**

200 COLOMBIA
AÑOS DE IDENTIDAD •1810-2010•

BOGOTÁ D. C., ENERO DE 2012

Carrera 30 45-03, Centro de Atención de Estudiantes, CADE, Primer Piso
Teléfonos: 57 (1) 3165672 Conmutador 57(1) 3165000 13369
Bogotá Colombia, Suramérica

ciencia y tecnología para el país

Rector General

Moisés Wasserman Lerner

Vicerrector de Sede Bogotá

Julio Esteban Colmenares Montañez

Director Programas Curriculares de Posgrado

Edgar Daza Caicedo

Decano Facultad de Ingeniería

Diego Fernando Hernández Losada

Vicedecano Académico Facultad de Ingeniería

Gerardo Rodríguez Niño

Vicedecano de Investigación

Yoan José Pinzón Ardila

Director Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental

Paulo César Narváez Rincón

Director Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Jairo Ernesto Perilla Perilla

Coordinador Curricular Programa de Doctorado en Ingeniería – Ingeniería Química

Mario Enrique Velásquez Lozano

Jefe Laboratorio de Ingeniería Química

Luis Alejandro Boyacá Mendivelso

**COMITÉ ASESOR DE LOS PROGRAMAS DE POSGRADOS DEL ÁREA
CURRICULAR DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL**

Paulo César Narváez Rincón – Director Área de Ingeniería Química y Ambiental

Mario Enrique Velásquez Lozano – Coordinador Programas de Doctorado y Maestría
en Ingeniería - Ingeniería Química

José Herney Ramírez Franco – Coordinador Programa de Maestría en Ingeniería –
Ingeniería Ambiental

Rodrigo Jiménez Pizarro – Profesor del Programa

1. Presentación

La industria química es un motor para el desarrollo económico de los países, ya que crea riqueza y fomenta el bienestar al transformar y agregar valor a sus recursos naturales. En el mundo globalizado de hoy, la constante innovación en productos y procesos es una necesidad para asegurar su permanencia en el mercado, y cumplir con las exigencias en los campos ambiental y social que hacen los diferentes sectores sociales, económicos y gubernamentales, nacionales e internacionales.

La entrada en vigencia de los tratados de libre comercio con varios países y comunidades económicas llevan a la industria química colombiana a competir con sus productos en calidad, precios, logística y servicio. En este contexto, el industrial colombiano paulatinamente hace conciencia de lo urgente que es innovar en todos los aspectos, lo cual es posible —de una forma más eficiente— en asociación con las universidades, por medio de proyectos de investigación y desarrollo en donde se aprovechen al máximo las potencialidades de la academia y de la industria.

Bajo estas condiciones, el programa de Doctorado en Ingeniería –Ingeniería Química resulta vital para el país, no sólo por su importancia en la formación de profesionales de alto nivel, sino porque se convierte en estratégico para contribuir a asegurar su competitividad en el contexto mundial. De esta forma, el programa contribuye a mejorar la competitividad del país en el sector químico y a ampliar su portafolio, con productos y tecnologías en los que se incorpore el conocimiento generado.

El Proyecto Educativo del Programa¹ de Doctorado en Ingeniería - Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, incorpora el nuevo plan de estudios resultante del proceso de reforma de los programas académicos de la Universidad, que se llevó a cabo con el propósito de adaptarlos al Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario (CSU). Este Acuerdo define los lineamientos básicos para el proceso de formación de los estudiantes a través de los programas curriculares², así como los principios de formación.

El Acuerdo 033 plantea que, como consecuencia de su carácter público,

¹ PEP

² CSU, Acuerdo 033 de 2007, consultado el 21 de abril en http://www.unal.edu.co/secretaria/normas/csu/2007/A0033_07S.pdf

La Universidad Nacional propende por la formación de ciudadanos libres con valores democráticos, de tolerancia y de compromiso con los deberes civiles y los derechos humanos. La Universidad contribuirá a la Unidad Nacional, en su condición de centro de la vida intelectual y cultural abierto a todas las corrientes de pensamiento, mediante la libertad de cátedra, y a todos los sectores sociales, étnicos, regionales y locales; estudiará y enriquecerá el patrimonio cultural, natural y ambiental de la Nación y contribuirá a su conservación. Estudiará y analizará los problemas nacionales y propondrá, con independencia, formulaciones y soluciones pertinentes. Hará partícipe de los beneficios de su actividad académica e investigativa a los sectores sociales que conforman la nación colombiana. Prestará apoyo y asesoría al Estado en los órdenes científico y tecnológico, cultural y artístico, con su autonomía académica e investigativa.

Además, plantea que para alcanzar los fines identificados, los procesos de formación de los estudiantes, a través de sus programas curriculares, se rigen por los siguientes principios³:

Excelencia Académica. De acuerdo con los fines enunciados en el Decreto 1210 de 1993, la Universidad fomentará la excelencia académica, factor esencial para el desarrollo de sus miembros y del país, mediante la promoción de una cultura académica que estimule el conocimiento científico, la incorporación de nuevas corrientes de pensamiento y tecnologías, la consolidación de las disciplinas y profesiones, y la comunicación interdisciplinaria. Introducirá nuevas prácticas que estimulen el desarrollo de la capacidad de enseñanza y aprendizaje, de crítica e innovación, de trabajo en equipo, de actitudes solidarias, de responsabilidad individual y colectiva, para el bienestar de la comunidad.

Formación Integral: La Universidad Nacional de Colombia, como universidad pública, ha adquirido el compromiso de formar personas capaces de formular propuestas y liderar procesos académicos que contribuyan a la construcción de una nación democrática e incluyente en la que el conocimiento sea pilar fundamental de la convivencia y la equidad social. La formación universitaria promoverá el respeto a los derechos individuales y colectivos, a las diferencias de creencia, de pensamiento, de género y cultura. La Universidad formará una comunidad académica con dominio de pensamiento sistémico que se expresa en lenguajes universales con una alta capacidad conceptual y experimental. Desarrollará en ella la sensibilidad estética y creativa, la responsabilidad ética, humanística, ambiental y social, y la capacidad de plantear, analizar y resolver problemas complejos, generando autonomía, análisis crítico, capacidad propositiva y creatividad. Los egresados de la Universidad Nacional de Colombia estarán preparados para trabajar en equipos disciplinarios e interdisciplinarios integrados en una vasta red de comunicación local e internacional, emplear de manera transversal las herramientas y conocimientos adquiridos en un área del saber, adecuándolos y aplicándolos legítimamente en otras áreas.

³ Ibidem.

Contextualización: Este principio busca integrar los procesos de formación con los entornos cultural, social, ambiental, económico, político, histórico, técnico y científico. En todos los niveles de formación, la Universidad buscará contextualizar, mediante la articulación de los procesos de formación, investigación y extensión, la historia de la producción, la creación y la aplicación del conocimiento.

Internacionalización: Este principio promueve la incorporación y reconocimiento de los docentes, los estudiantes, la institución y sus programas académicos con los movimientos científicos, tecnológicos, artísticos y culturales que se producen en el ámbito nacional e internacional, al tiempo que valora los saberes locales como factores de nuestra diversidad cultural que deben aportar a la construcción del saber universal.

Formación Investigativa: La investigación es fundamento de la producción del conocimiento, desarrolla procesos de aprendizaje y fortalece la interacción de la Universidad con la sociedad y el entorno. La investigación debe contribuir a la formación del talento humano, la creación artística y el desarrollo tecnológico para la solución de los problemas locales, regionales e internacionales, solo de esta manera es posible disminuir la brecha en materia de producción científica, creación en las artes y formación posgraduada en nuestro país. La formación de investigadores es un proceso permanente y continuo que se inicia en el pregrado y se sigue en los diferentes niveles de posgrado.

Interdisciplinariedad: La sociedad demanda hoy en día que la Universidad desarrolle sus funciones misionales articulando diferentes perspectivas disciplinarias a partir de la comunicación de ideas, conceptos, metodologías, procedimientos experimentales, exploraciones de campo e inserción en los procesos sociales. La interdisciplinariedad es, al mismo tiempo, una vía de integración de la comunidad universitaria, dado que promueve el trabajo en equipo y las relaciones entre sus diversas dependencias y de éstas con otras instituciones.

Flexibilidad: La Universidad adopta el principio de flexibilidad para responder a la permanente condición de transformación académica según las necesidades, condiciones, dinámicas y exigencias del entorno y los valores que se cultivan en su interior. La flexibilidad, que abarca los aspectos académicos, pedagógicos y administrativos debe ser una condición de los procesos universitarios. Gracias a ella, la Universidad tiene la capacidad de acoger la diversidad cultural, social, étnica, económica, de creencias e intereses intelectuales de los miembros que integran la comunidad universitaria para satisfacer un principio de equidad.

Gestión para el Mejoramiento Académico: La Universidad fortalecerá una cultura institucional que facilite el mejoramiento de las actividades y los procesos académicos para la toma de decisiones que contribuyan a alcanzar la excelencia académica. Dicho mejoramiento deberá

realizarse de manera sistemática, permanente, participativa, integral y multidireccional entre los distintos integrantes de la comunidad académica.

El Acuerdo mencionado establece también que el objetivo de la formación a nivel de doctorado

es formar investigadores autónomos con capacidad de proponer, dirigir y realizar actividades que conduzcan la generación de conocimiento.

Este Proyecto, que atiende los objetivos y fines descritos en el Acuerdo 033 de 2008 del CSU en relación con los programas de Doctorado, reconoce las nuevas realidades científicas y tecnológicas de la Ingeniería Química y las incorpora al plan de estudios, es fruto de la experiencia acumulada por una comunidad académica que hereda el trabajo realizado durante 64 años por profesores, estudiantes de posgrado y pregrado, egresados y personal de apoyo, técnico y administrativo, que ha contribuido a la formación de más de 4,000 ingenieros químicos, 130 magísteres y 18 doctores, quienes ejercen su labor profesional en los distintos campos de aplicación en Colombia y en otros países.

La presentación del PEP inicia con una breve reseña histórica del Programa, la definición de la misión, la visión y los objetivos del mismo, y la identificación de las competencias que se desarrollarán en los estudiantes de acuerdo con el perfil establecido. Posteriormente, se describe el plan de estudios, así como los recursos con los que cuenta el programa para cumplir con su misión. Finalmente, se hace referencia a los egresados, sus tesis y su inserción en el medio productivo, académico e investigativo.

2. Breve reseña histórica

El programa de Doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia fue aprobado por el Acuerdo 15 del Consejo Académico (11 y 12 de octubre de 1991). Posteriormente, se autorizó el área de Ingeniería Química en la Facultad de Ingeniería de la Sede Bogotá, como parte del programa de Doctorado en Ingeniería, teniendo en cuenta que —como establece el Acuerdo 019 del 12 de noviembre 1997, del Consejo Académico—,

la industria de procesos químicos ha mantenido una dinámica de crecimiento sostenido en los últimos años, que requiere de la investigación en el área de la ingeniería química para lograr el desarrollo de procesos más eficientes, técnica, económica y ambientalmente; y que la ingeniería nacional y, en este caso, la ingeniería química, debe agregar valor a la producción para que el país amplíe su nivel de participación en el mercado internacional con productos en los que se haya incorporado conocimiento, y que en el Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, Sede Bogotá, existe proyectos de investigación en desarrollo y grupos consolidados de investigadores, algunos de carácter interdisciplinario, y recursos humanos, físicos y financieros propios y provenientes de otras unidades académicas e investigativas de la Sede y externas a la Universidad, que permiten la inclusión del área de Ingeniería Química en el programa de Doctorado en Ingeniería.

En el mismo Acuerdo 019 se plantea que, inicialmente, el Área de Ingeniería Química del Doctorado en Ingeniería "se centrará en investigaciones relacionadas con los tópicos de Procesos Catalíticos, Procesos de Polimerización, Ingeniería y Diseño de Reactores, Ingeniería Bioquímica y Procesamiento de Carbones".

En 1999 se iniciaron las labores académicas con cuatro estudiantes, de los cuales tres finalizaron el programa, otorgándose el primer título de doctor al ingeniero José de Jesús Díaz Velásquez, en el año 2003.

Posteriormente, entre 2007 y 2008, se realizó el proceso de reforma del programa con el fin de adecuarlo a los lineamientos básicos de formación de los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia establecidos en el acuerdo 033 de 2007, labor que tuvo como resultado el plan de estudios que hace parte de este PEP. El nuevo plan de estudios fue aprobado por el Acuerdo 221 de noviembre 28 de 2008, del Consejo Académico, que definió los objetivos de formación, el total de créditos del programa y sus distribución entre actividades académicas y asignaturas elegibles, mientras que la Resolución 193 de 2009 del Consejo de la Facultad de Ingeniería, estableció las nuevas líneas de profundización, directamente relacionadas con los temas en los

cuales realizan investigaciones los profesores del programa, que en su mayoría hacen o han hecho parte del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

Como se planteó, a la fecha de publicación de este Proyecto Educativo, se ha otorgado el título a 18 profesionales, cuatro de ellos en co-tutela con universidades de Francia.

3. Misión

El programa de Doctorado en Ingeniería –Ingeniería Química busca formar investigadores autónomos, integrales, competentes y responsables socialmente, y contribuir a la elaboración del proyecto de nación en el campo de la Ingeniería Química. También fomenta el conocimiento, estudio y valorización de los recursos naturales del país, a través de investigaciones que incentiven y contribuyan a su aprovechamiento, transformándolos en productos que generen bienestar social, ambiental y económico.

4. Visión

El programa de Doctorado en Ingeniería – Ingeniería Química generará, a través de sus investigaciones, el conocimiento que permitirá que la industria química colombiana sea competitiva y se posicione en el contexto mundial.

Asimismo, transmitirá el saber y el conocimiento generado a través de sus procesos de enseñanza y de la publicación de los resultados de sus investigaciones en los medios de comunicación reconocidos por la comunidad científica, y los pondrá al servicio del país con responsabilidad social y ambiental.

5. Población a la que está dirigido

Profesionales, especialistas y magísteres de todas las áreas del conocimiento en ingeniería, ciencias exactas, físicas y naturales, relacionadas con la Ingeniería Química, que demuestren interés o experiencia en la investigación básica y aplicada.

6. Título otorgado

Doctor en Ingeniería – Área Ingeniería Química.

7. Objetivos

En consonancia con los principios y objetivos de formación a nivel de doctorado, así como con la naturaleza y fines de la Universidad Nacional de Colombia, el programa propone los siguientes objetivos:

Formar investigadores autónomos del más alto nivel, con capacidad de proponer, dirigir y realizar investigaciones que conduzcan a la generación de nuevo conocimiento en el área de Ingeniería Química.

Aproximarse al conocimiento del patrimonio natural y ambiental de la nación y contribuir a su valorización y conservación.

Estudiar y analizar problemas nacionales relacionados con la industria química y proponer, con independencia, las soluciones pertinentes.

Hacer partícipe de los beneficios de la actividad académica e investigativa a sectores sociales que hagan parte de la nación colombiana, especialmente a aquellos que se relacionan con o se ven afectados por las actividades propias de la industria química.

Prestar apoyo y asesoría al Estado en los órdenes científico y tecnológico relacionados con el sector de la industria química, conservando su autonomía académica e investigativa.

8. Perfil del aspirante

El aspirante al programa debe ser un profesional idóneo, ético y comprometido con su formación personal y desarrollo profesional, y con el desarrollo del país. Debe demostrar su capacidad investigativa o su preferencia por este campo de acción profesional, a través de su participación en proyectos de investigación y desarrollo, la publicación de artículos científicos y libros, la obtención de patentes y distinciones académicas, la participación en eventos académicos, su interés por la formación continua o su experiencia profesional o docente.

9. Perfil del egresado

El egresado del programa será un investigador autónomo del más alto nivel, con capacidad de proponer, dirigir y realizar investigaciones que conduzcan a la generación de nuevo conocimiento en el área de Ingeniería Química.

Se aproximará al conocimiento del patrimonio natural y ambiental de la nación. Hará adecuado usos de los recursos naturales, transformándolos para darles mayor agregado, como contribución al estudio y análisis de problemas nacionales relacionados con la industria química, de manera que las soluciones propuestas se planteen con independencia y criterio académico.

10. Competencias

De acuerdo con el perfil del egresado, el programa desarrollará las siguientes competencias en sus estudiantes:

Capacidad para proponer, dirigir y realizar autónomamente proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para la industria química.

Capacidad para generar y adquirir nuevo conocimiento en el área de la ingeniería química.

Capacidad para desarrollar e implementar metodologías rigurosas de estudio, investigación, desarrollo tecnológico e innovación para la solución de problemas de ingeniería química.

Capacidad para identificar, valorar y generar conceptos sustentados sobre problemas de la industria química.

Capacidad para identificar problemas nacionales relacionados con la industria química y proponer e implementar soluciones pertinentes en los ámbitos técnico, social, ambiental y ético.

Capacidad de conocer y participar en la protección del patrimonio natural y ambiental de la nación.

Como se apreciará en el plan de estudios, el estudiante debe aprobar 20 créditos de asignaturas elegibles, las cuales seleccionará de común acuerdo con el tutor o director, preferiblemente relacionadas con el tema de investigación que abordará en su tesis doctoral. Sin embargo, las competencias se desarrollarán preferencialmente a través de las actividades académicas que permiten plantear la hipótesis consignada en la propuesta y demostrarla o rechazarla en su tesis doctoral.

A través del Seminario de investigación I y del Proyecto de tesis doctoral, el estudiante desarrollará las siguientes capacidades:

Conocer y participar en la protección del patrimonio natural y ambiental de la nación.

Identificar problemas nacionales relacionados con la industria química.

Identificar y valorar conceptos sustentados sobre problemas de la industria química.

Proponer proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para la industria química.

Por otra parte, durante la realización de la tesis de doctorado, desarrollará su capacidad para:

Realizar autónomamente proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para la industria química.

Generar y adquirir nuevo conocimiento en el área de la ingeniería química.

Desarrollar e implementar metodologías rigurosas de estudio, investigación, desarrollo tecnológico e innovación para la solución de problemas de ingeniería química.

Generar conceptos sustentados sobre los problemas de la industria química.

Proponer e implementar soluciones pertinentes desde los puntos de vista técnico, social, ambiental y ético.

11. Líneas de investigación

Las líneas de investigación del programa tienen en cuenta tres aspectos principales: los campos propios de la ingeniería química, la experiencia y fortaleza en los temas que vienen desarrollándose por parte de los profesores del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental y, por último, los recursos disponibles y las políticas que se impulsan en el país para aprovecharlos.

Los campos de investigación de la ingeniería química son muchos, e incorporan una amplia variedad de saberes, de forma tal que se reconoce como “la más ampliamente basada de las disciplinas de la ingeniería”⁴. Las fronteras de investigación en ingeniería química, identificadas por Amundson (citado por Perkins) y ratificadas en estudios recientes, corroboran el amplio alcance de la ingeniería química, y orientan la agenda de investigación de la disciplina. Tales fronteras son⁵:

Investigación orientada en el impacto: energía y utilización de recursos.

⁴ Furter, W. E., Chemical Engineering and the Public Image, in: History of Chemical Engineering, W. E. Furter (Editors), Advances in Chemistry Series, 190, ACS, Washington, 1980.

⁵ Perkins, J. D., Chemical Engineering: the First 100 Years, in: Chemical Engineering: Visions of the World, R. C. Darton, R. G. H. Prince and D. G. Wood (Editors), Elsevier Science B.V., 2003.

Ingeniería bioquímica y biomédica.

Ingeniería avanzada de materiales.

Materiales y equipos electrónicos, fotónicos y para grabar información.

Protección del medio ambiente, seguridad y materiales peligrosos.

Cortes transversales: ingeniería de superficies y de interfases.

Ingeniería y control de procesos asistidos por computador.

Así, la ingeniería química moderna tiene cuatro objetivos principales:

- Incremento de la selectividad y la productividad a través de la intensificación de operaciones inteligentes y la aproximación al control de procesos multiescala: diseño nano y micro de materiales con estructura controlada.
- Diseño de nuevos equipos basados en principios científicos y nuevos métodos de producción: intensificación de procesos usando reactores multifuncionales y microingeniería para equipos microestructurados.
- Diseño y síntesis de productos estructurados con base en propiedades y funciones requeridas por el cliente, con especial énfasis en fluidos complejos y tecnología de sólidos, para lo que se necesita modelamiento molecular, predicción polimórfica y desarrollo de sensores.
- Aplicación del modelamiento y la simulación computacional a situaciones reales, desde la escala molecular hasta la industrial, para entender, por ejemplo, cómo están relacionados los fenómenos a pequeña escala con las propiedades y el comportamiento en una escala mayor⁶.

Desde un comienzo, la investigación en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, ha hecho énfasis en las áreas de catálisis, ingeniería bioquímica y polimerización. Es así como en el proyecto de posgrados de ingeniería química de 1986, se planteó que “de acuerdo con los recursos humanos y físicos disponibles en el Departamento, y las necesidades prioritarias para el país, se recomienda que el programa sea conducente al título de Magister Scientae en Ingeniería Química, con áreas de énfasis en procesos catalíticos y de polimerización”. Posteriormente se incorporó el área de Biotecnología. En el Programa inicial del Doctorado en Ingeniería Química de 1992, se definen como áreas de trabajo polímeros, catálisis, reactores químicos, tecnologías del carbón y biotecnología.

⁶ Charpetier, J. D , Among the trends for a modern chemical engineering, the third paradigm: The time and length multiscale approach as an efficient tool for process intensification and product design and engineering, Chemical Engineering Research and Design, 2010, 88: 3, 248-254.

Son muchos los proyectos de investigación, las tesis de maestría y de doctorado, y los trabajos de grado desarrollados en las áreas ya mencionadas. Algunos de los temas abordados en la década de los 90 del siglo pasado son:

Oxidación selectiva de hidrocarburos y alcoholes.

Destilación reactiva para la obtención de ésteres solventes.

Convertidores catalíticos para disminuir la contaminación por combustión.

Producción y aplicación de biopolímeros.

Escalado de un sistema compacto para la obtención de etanol por fermentación.

Producción de metabolitos secundarios a partir de cultivos de células vegetales.

Tratamiento de vinazas en un biorreactor SCFBR.

Producción de membranas poliméricas.

Producción de hidrogeles.

Síntesis de poli-hidroxiclcanoatos.

Las primeras tesis de doctorado del programa tuvieron como temas centrales la síntesis y evaluación de catalizadores, dado que los profesores del programa trabajaban en esta área de investigación. Sin embargo, a medida que fueron incorporándose profesores con otros saberes y experiencias, los temas se diversificaron. Una fuerza impulsora fundamental para este avance fue la entrada en vigencia de leyes que promueven la producción y el uso de biocombustibles: 693 de 2001, para el etanol y 934 de 2004, para el biodiésel.

Estas leyes y, en particular, el documento CONPES 3510 de marzo 31 de 2008, en el que se designó a Colciencias para que con el apoyo de los Ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural, de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y de Minas y Energía –y en coordinación con las entidades involucradas–, definiera un Plan Nacional de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles en un plazo no mayor a seis meses, han sido fundamentales para el fomento de la investigación en esta área, y para la incorporación del concepto de biorrefinerías como complemento necesario al enfoque original, limitado a los biocombustibles.

Con las nuevas tendencias de la ingeniería química, y sobre todo con las restricciones impuestas por la sociedad como consecuencia de una preocupación sin precedentes por la protección del medio ambiente, se abordaron proyectos relacionados con la producción de biocombustibles y de nuevos materiales (incluidos algunos poliméricos con aplicaciones médicas), así como con el aprovechamiento integral de los recursos agrícolas del país, campos de investigación tradicionales en del Departamento y con grandes posibilidades de impacto en el país.

De acuerdo con lo anterior, las líneas de investigación del Programa son:

Procesos catalíticos

En esta línea se estudia la producción y caracterización de nuevos catalizadores para las industrias química y petroquímica, y se evalúa su desempeño. En ella se enmarcan los procesos relacionados con la petroquímica y la carboquímica, y existe una incuestionable relación con procesos de alcoholquímica, de gran aplicación industrial como en la producción de aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos, entre otros. La línea se articula con los temas de investigación de los posgrados del Departamento de Química, de la Facultad de Ciencias.

Procesos de polimerización

Esta línea estudia la producción y desarrollo de nuevos materiales poliméricos, incluyendo los aspectos de reacción, caracterización y evaluación de desempeño, en una amplia gama de industrias: alimenticia, farmacéutica y química, entre otras. Comprende lo relacionado con plásticos, cauchos, recubrimientos, fibras y adhesivos. Se articula con los temas de investigación de los posgrados de Materiales y Procesos del Departamento de Ingeniería Mecánica y del Departamento de Farmacia.

Bioprocesos

Esta línea investiga el aprovechamiento de una parte de la megadiversidad existente en el territorio colombiano. Para ello explora el desarrollo de procesos biológicos (incluyendo bacterias, hongos, microalgas, células vegetales y animales y tejidos) para la generación de productos y servicios útiles a la sociedad. Se articula con los temas de investigación del Instituto de Biotecnología, del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y de los Departamentos de Biología y Farmacia.

Biocombustibles y biorrefinerías

En esta línea se estudia el contexto general y la producción de biocombustibles y productos de biorrefinerías, y se evalúa su desempeño. Se articula con los diferentes grupos de investigación de la Universidad que trabajan el tema de la energía, especialmente con los de los Departamentos de Ingeniería Mecánica y de Química. La línea de investigación en biorrefinerías y biorrefinación se considera integradora porque involucra campos y herramientas de la ingeniería química como la catálisis, los bioprocesos, la ingeniería de reacciones, el modelamiento y la simulación.

Estas líneas hacen parte de las siguientes Agendas de Conocimiento de la Universidad Nacional de Colombia: Energía, Recursos minerales y materiales, Biotecnología, Desarrollo económico e industrial y gestión.

12. Plan de estudios

Los créditos y requisitos de las asignaturas y actividades académicas obligatorias y elegibles del plan de estudios se distribuyen de la manera que se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución de los créditos del programa de Doctorado en Ingeniería – Ingeniería Química

Tipo de Asignatura	Créditos
Asignaturas Obligatorias	
Tesis de doctorado (2020358)	90
Proyecto de tesis (2020357)	13
Examen de calificación (2020320)	6
Seminario de investigación I (2020331)	3
Seminario de investigación II (2020332)	3
Asignaturas Elegibles	20
Total de créditos	135

El Acuerdo 033 de 2008 del CSU define las siguientes actividades académicas:

Seminarios de investigación: son actividades académicas específicamente diseñadas para la formulación del proyecto de tesis y la realización de la misma.

Proyecto de tesis: es un documento escrito en el que se plantea un problema que pueda dar lugar a una investigación o creación, se justifica su pertinencia y se presentan hipótesis y estrategias que apunten a su solución.

Examen de calificación: es una actividad cuyo objetivo general es mostrar que el estudiante tiene los suficientes conocimientos y capacidades para continuar con sus estudios de doctorado. El Acuerdo 002 de 2011 establece que para la Facultad de Ingeniería la modalidad del examen de calificación consiste en la sustentación del proyecto de tesis.

Tesis de doctorado: es resultado de un proceso de investigación en el que el estudiante demuestra autonomía para formular, desarrollar y liderar la generación de conocimiento. Constituye por sí misma un aporte al avance de una disciplina o profesión.

Las asignaturas elegibles ofrecidas por el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Asignaturas elegibles del Programa de Doctorado en Ingeniería – Ingeniería Química ofrecidas por el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

Asignatura	Créditos	Código
Análisis de Reactores	4	2020313
Aplicaciones Matemáticas en Ingeniería Química	4	202314
Bioetanol y Alcoholquímica	4	2024931
Biodiesel y Oleoquímica	4	2020315
Biorrefinación y Biorrefinerías	4	2020316
Caracterización de Materiales	4	2020317
Contexto Industrial Colombiano	4	2020318
Diseño de Experimentos	4	2020319
Fenómenos de Transporte	4	2020321
Fisicoquímica de Polímeros	4	2020339
Ingeniería Bioquímica Avanzada	4	2020323
Ingeniería Enzimática	4	2020324
Modelamiento y Simulación de Procesos Biotecnológicos	4	2020325
Nuevos Tópicos en Ingeniería Química	4	2020326
Operaciones de Separación en Bioprocesos	4	2020327
Optimización de Procesos en Ingeniería Química	4	2020328
Procesos de Polimerización	4	2020329
Procesos Heterogéneos	4	2020330
Separaciones de Multicomponentes	4	2020333
Simulación de Procesos	4	2020334
Taller de Casos de Estudio	4	2020335
Tecnologías y Aplicaciones Catalíticas	4	2020336
Termodinámica Avanzada	4	2020337
Transformación de Polímeros	4	2020338
Catálisis Ambiental	4	2020359

El estudiante podrá tomar asignaturas elegibles de otros programas curriculares de posgrado, según lo establecido en el artículo 24 del Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario, con lo cual se fomenta el principio de flexibilidad.

13. Proceso de admisión

El proceso de admisión al Doctorado en Ingeniería – Ingeniería Química se establece en el Acuerdo 002 de 2011 del Consejo de Facultad de Ingeniería. A continuación se presenta un resumen de este proceso:

Los candidatos a ingresar al Programa deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Tener título profesional o de licenciatura legalmente reconocido.
- Entregar en la Oficina de Posgrados de la Facultad, dentro de las fechas establecidas por la Dirección Nacional de Admisiones, los documentos solicitados por la Facultad.
- Presentar las pruebas determinadas por la Dirección Nacional de Admisiones.

Para la evaluación de los aspirantes a los programas de posgrado de la Facultad de Ingeniería, se tendrán en cuenta los siguientes componentes:

- Hoja de vida: para evaluar la hoja de vida se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:
 - Calificaciones de pregrado y de posgrado
 - Distinciones académicas
 - Experiencia laboral y académica
 - Publicaciones y ponencias

El Comité Asesor de Posgrado establecerá la ponderación de cada aspecto de la hoja de vida para cada uno de los niveles de formación a su cargo.

- Entrevista: se realizará con el fin conocer las motivaciones y los intereses académicos del aspirante para desarrollar el programa, así como los medios para la financiación de sus estudios.
- Prueba de suficiencia en un idioma extranjero: evaluará el manejo del idioma Inglés por parte del aspirante, y será realizada por el Centro de Idiomas de la Sede de Bogotá. Esta prueba podrá ser homologada a una prueba externa reconocida internacionalmente, tal como Michigan o TOEFL. La Dirección Nacional de Admisiones hará la homologación y la equivalencia entre la prueba externa reconocida y la realizada por el Centro de Idiomas de la Sede.
- Propuesta de investigación: es un documento en el que el aspirante presenta una primera aproximación al tema que abordará en la tesis.

La ponderación de los componentes a evaluar durante el proceso de admisión a posgrados en la Facultad de Ingeniería se presenta en la tabla 3.

El puntaje mínimo de admisión para los programas de posgrado será de 60 puntos sobre 100.

El Comité Asesor de Posgrado designará un grupo de por lo menos tres profesores vinculados al respectivo programa para que realice la evaluación, garantizando que el mismo grupo evalúe de manera colegiada y con igual criterio a cada uno de los aspirantes.

Tabla 3. Ponderación de los componentes a evaluar en el proceso de admisión a programas de doctorado en la Facultad de Ingeniería

Componente	Doctorado
Hoja de Vida	30
Entrevista	30
Idioma extranjero	20
Propuesta de investigación	20

14. Contexto institucional

El Programa de Doctorado en Ingeniería - Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, está bajo la responsabilidad del Área Curricular y del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Facultad de Ingeniería.

La Universidad Nacional de Colombia es una institución de educación superior, pública y estatal, autónoma e independiente, cuya complejidad se refleja en la intensidad de sus funciones básicas de docencia, investigación y extensión. En la actualidad, cuenta con siete sedes activas: Bogotá, Medellín, Manizales, Palmira, Amazonia, Orinoquia y Caribe. La sede Tumaco, creada en 1997, está en proceso de activación⁷.

Sus cuatro sedes principales reúnen en total 22 Facultades, acompañadas de varios Institutos, Centros, Hospitales, Museos, Estaciones Biológicas, Reservas Naturales, Granjas y Fincas. Todas ellas pueden agruparse en seis áreas del conocimiento: Artes y Arquitectura; Ciencias; Ciencias Agropecuarias; Ciencias Humanas Económicas y Sociales; Ciencias de la Salud e Ingeniería. Su confirmación como una universidad nacional, el Decreto 1210 de 1993, de la Presidencia de la República, su amplia cobertura y las diferencias entre sus sedes, la consolidan como una institución especial, en la cual hay un nivel nacional que propone y reglamenta políticas y estrategias generales, y un nivel de sedes en donde se establecen planes de acción y se ejecutan la mayor parte de los recursos económicos⁸.

⁷ Recientemente el CSU creó el Instituto de Estudios del Pacífico, IEP, por medio del Acuerdo 017 de agosto de 2009. Consultado el 22 de abril en

http://www.unal.edu.co/secretaria/normas/csu/2009/A0017_09S.pdf

⁸ Universidad Nacional de Colombia, síntesis para la acreditación institucional, septiembre de 2008.

De acuerdo con el Artículo 1 del Estatuto General (Acuerdo 011 de 2005, del CSU)

La Universidad Nacional de Colombia cumple, en nombre del Estado, funciones no administrativas orientadas a promover el desarrollo de la educación superior hasta sus más altos niveles, fomentar el acceso a ella y desarrollar la docencia, la investigación, las ciencias, la creación artística y la extensión, para alcanzar la excelencia y los fines señalados en el artículo 2 del Decreto Extraordinario 1210 de 1993 y en este Estatuto.

Por otra parte, la Misión de la Facultad de Ingeniería de la sede Bogotá es

formar a los y las profesionales de Ingeniería y posgraduados/as que demande la sociedad, sobre la base del compromiso con la investigación científica y el desarrollo tecnológico y social del país. Ello, con el fin de contribuir a la transformación del país, mediante la generación, la conservación y la transmisión del conocimiento, expresadas en la transferencia del saber experto y la innovación tecnológica, producida por los y las integrantes de la comunidad académica de la Facultad, tanto al sector público como al sector privado⁹.

En 2017, la Facultad de Ingeniería será reconocida, nacional e internacionalmente, por la excelencia académica y la competencia profesional de sus egresados/as, quienes dominarán una lengua extranjera y serán ejemplo eximio de liderazgo y emprendimiento, en el marco de un compromiso sostenido con la innovación y el desarrollo económico y social del país¹⁰.

El Artículo 11 del Estatuto General¹¹ establece que el Gobierno de la Universidad Nacional de Colombia está constituido por:

1. El Consejo Superior Universitario
2. El Rector
3. El Consejo Académico
4. Los Consejos de Sede
5. Los Vicerrectores
6. El Gerente Nacional Financiero y Administrativo
7. Los Directores de Sede de Presencia Nacional
8. Los Consejos de Facultad
9. Los Decanos
10. Los Directores de Instituto de Investigación y de Centro.
11. Los Directores de Departamento, los Directores de Programas Curriculares y las demás autoridades, cuerpos y formas de organización que se establezcan de acuerdo con lo previsto en este Estatuto.

⁹ Consultada el 21 de abril de 2010 en <http://www.ing.unal.edu.co/site/htm/facultad/mision.html>

¹⁰ Consultada el 21 de abril de 2010 en <http://www.ing.unal.edu.co/site/htm/facultad/mision.html>

¹¹ Consultar en <http://www.unal.edu.co/estatutos/egeneral/egeca03.html>

A su vez, el Artículo 12 del Estatuto General¹² establece los niveles de dirección y organización académica y administrativa, de la siguiente manera:

Nivel Nacional

- Consejo Superior Universitario
- Rectoría
- Consejo Académico
- Vicerrectorías Académica, General, de Investigación, y sus dependencias
- Gerencia Nacional Financiera y Administrativa y sus dependencias
- Secretaría General y sus dependencias
- Comité de Vicerrectores.

En la figura 3 se presenta un organigrama simplificado del nivel Nacional de la Universidad.

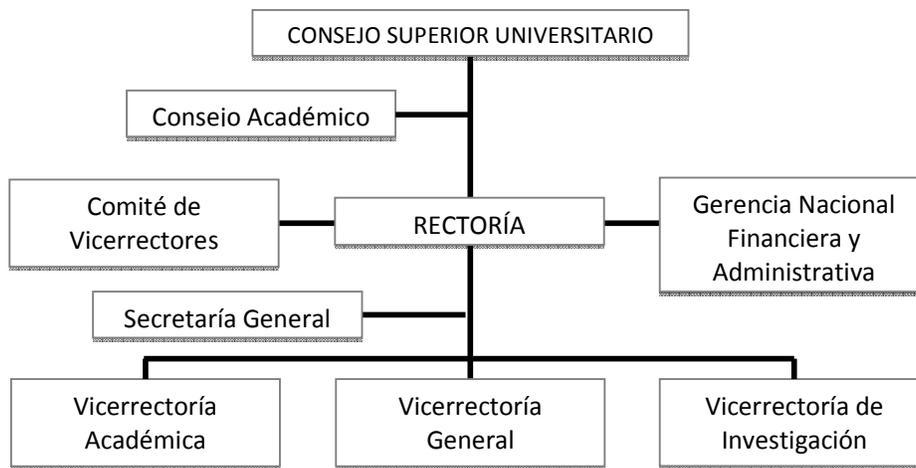


Figura 3 Organigrama simplificado de la Universidad Nacional de Colombia, nivel nacional

Nivel de Sede

- Consejo de Sede
- Vicerrectoría de Sede y sus dependencias
- Secretaría de Sede y sus dependencias
- Institutos de Investigación de Sede
- Centros de Sede
- Comité Académico Administrativo de Sede de Presencia Nacional
- Dirección de Sede de Presencia Nacional

¹² Ibíd.

El organigrama simplificado de la Universidad en el nivel de Sede se presenta en la figura 4; en la figura 5 el del nivel de Facultad.

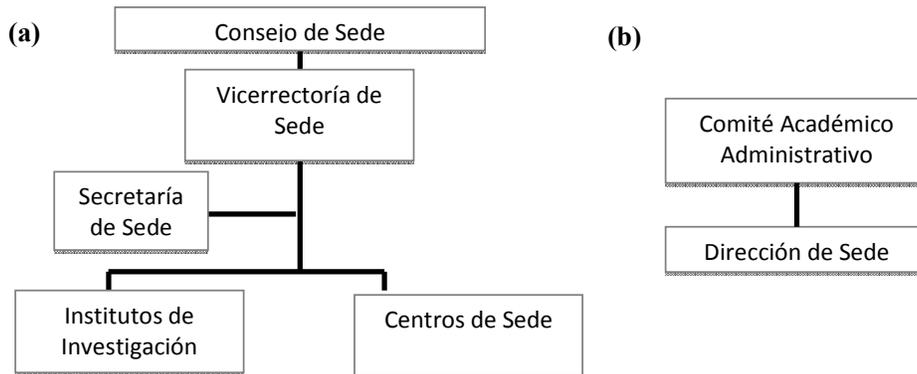


Figura 4 Organigrama simplificado de la Universidad Nacional de Colombia. (a) Nivel de sede
(b) Nivel de sede de presencia nacional

El Área Curricular de Ingeniería Química y Ambiental tiene la siguiente estructura administrativa:

- Director de Área
- Comité Asesor de Programa
- Coordinadores de Programas (Ingeniería Química, Posgrados de Ingeniería Química y Posgrados de Ingeniería Ambiental).

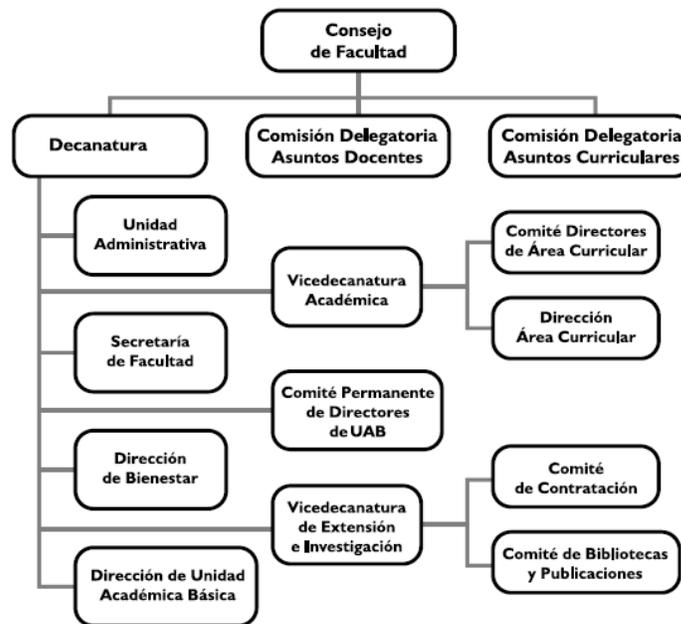


Figura 5 Organigrama simplificado de la Universidad Nacional de Colombia, nivel de facultad

15. Recursos para el desarrollo del programa

La Universidad Nacional de Colombia es la institución de educación superior del país con la planta física más grande, cerca de 2.5 millones de m², distribuidos en sus siete sedes¹³. De los 606,241 m² construidos para actividades académicas, 398,173 (67.7%) están ubicados en la sede Bogotá. Posee excelentes sistemas de apoyo académico, como bibliotecas, laboratorios y recursos informáticos¹⁴.

Cuenta con una colección bibliográfica constituida por cerca de 1,500,000 volúmenes, 1,119,552 de los cuales corresponde a la sede Bogotá. Para brindar atención adecuada a todos los estudiantes y profesores de la Universidad Nacional en sus diferentes sedes, el Sistema Nacional de Bibliotecas (Sinab) cuenta con veintidós (22) bibliotecas plenamente dotadas, de las cuales nueve (9) funcionan en edificios exclusivos, mientras que las demás están ubicadas en las diferentes Facultades e Institutos¹⁵.

La Universidad Nacional cuenta, además, con 646 laboratorios, 480 de los cuales están ubicados en la Sede Bogotá y 72 en la Facultad de Ingeniería¹⁶. En la sede Bogotá, a las funciones de docencia, investigación y extensión corresponde, respectivamente, 49, 38 y 13% del tiempo de utilización de los laboratorios¹⁷.

Tiene 13,092 computadores, 6,959 en la sede Bogotá. De ellos, 2,393 son para uso exclusivo de estudiantes, 1,749 para uso exclusivo de docentes y 2,817 para el personal administrativo¹⁸. Así mismo, tiene 38,993 puntos de red para acceso a Internet, 29,698 en la sede Bogotá¹⁹.

Para el desarrollo del PEP, el Programa de Doctorado en Ingeniería - Ingeniería Química de la Sede Bogotá cuenta, específicamente, con los siguientes recursos:

¹³ Universidad Nacional de Colombia, Informe de autoevaluación con fines de Acreditación Institucional, septiembre de 2008, consultado el 17 de marzo de 2010, disponible en http://www.unal.edu.co/diralpre/paginas/autoevaluacion/paginas/documentos_apoyo.htm

¹⁴ Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional de Colombia, Oficina Nacional de Planeación, Revista 15.

¹⁵ SINAB, Informe de Recursos y Servicios Bibliográficos, Programa de Ingeniería Química, abril de 2010.

¹⁶ Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional de Colombia, Oficina Nacional de Planeación, Revista 15.

¹⁷ Universidad Nacional de Colombia, Informe de autoevaluación con fines de Acreditación Institucional, septiembre de 2008, consultado el 17 de marzo de 2010, disponible en http://www.unal.edu.co/diralpre/paginas/autoevaluacion/paginas/documentos_apoyo.htm.

¹⁸ Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional de Colombia, Oficina Nacional de Planeación, Revista 15.

¹⁹ *Ibidem*.

a) Docentes

Se refiere al personal docente adscrito al Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, que tiene título de doctor, además de los profesores de los cinco departamentos de la Facultad de Ingeniería, de los Departamentos de Matemáticas, Estadística, Química, Biología y Física de la Facultad de Ciencias, y de los demás Departamentos e Institutos de la Universidad que tienen este título, y todos aquellos que por su conocimiento y experiencia pueden aportar en el desarrollo de las tesis. La tabla 4 presenta el listado de profesores directamente vinculados al programa.

Tabla 4. Profesores del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental vinculados al Programa de Doctorado en Ingeniería – Ingeniería Química

Docente	Formación	Categoría	Dedicación
Belalcázar Cerón Luis Carlos	I. Q., MSc., PhD	Prof. Asociado	Exclusiva
Cadavid Estrada Juan Guillermo	I. Q., M. Ing., Dr. Ing.	Prof. Asistente	Exclusiva
Córdoba Castrillón Luis Fernando	I. Q., M. Ing., Dr. Ing.	Prof. Asociado	Exclusiva
Galindo Valbuena Hugo Martín	I. Q., M. Ing., Ph D	Prof. Asistente	Exclusiva
Godoy Silva Rubén Darío	I. Q., MSc., PhD	Prof. Asistente	Exclusiva
Jiménez Pizarro Rodrigo	I. Q., MSc, PhD	Prof. Asociado	Exclusiva
Martínez Riascos Carlos Arturo	I. Q., MSc., PhD	Prof. Asistente	Exclusiva
Narváez Rincón Paulo César	I. Q., M. Ing., Dr. Ing.	Prof. Asociado	Exclusiva
Orjuela Londoño Álvaro	I. Q., M. Ing., PhD	Prof. Asistente	Tiempo completo
Perilla Perilla Jairo Ernesto	I. Q., M. Ing., PhD	Prof. Asociado	Exclusiva
Ramírez Franco José Herney	I. Q., MSc., PhD	Prof. Asistente	Exclusiva
Rodríguez Niño Gerardo	I. Q., M. Ing., Dr. Ing.	Prof. Asociado	Exclusiva
Rojas Roa Néstor Yezid	I. Q., MSc., PhD	Prof. Asociado	Exclusiva
Santos Barbosa Dolly	I. Q., M. Ing, PhD	Prof. Asistente	Exclusiva
Serrato Bermúdez Juan Carlos	I. Q., M. Ing., Dr. Ing.	Prof. Auxiliar	Exclusiva
Vargas Sáenz Julio César	I. Q., M. Ing., Dr. Ing.	Prof. Asistente	Exclusiva
Velásquez Lozano Mario Enrique	I. Q., M. Ing., Dr. Ing.	Prof. Asistente	Exclusiva
Zea Ramírez Hugo Ricardo	I. Q., M. Ing., PhD	Prof. Asociado	Exclusiva

Además de estos profesores, como lo establece el Acuerdo 033 de 2008 del CSU, podrán dirigir tesis de doctorado profesores o investigadores de otra institución reconocida que tengan título de doctor. Dentro de estos se destacan muy especialmente, los profesores de las escuelas o departamentos relacionados con la ingeniería química en las sedes Medellín, Manizales y Palmira de la Universidad.

b) Grupos de investigación vinculados

La tabla 5 presenta la lista de grupos de investigación vinculados al Programa.

Tabla 5. Grupos de investigación en los que participan los estudiantes y profesores del Doctorado en Ingeniería – Ingeniería Química

Grupo de Investigación	Categoría Colciencias²⁰	Unidad a la que está adscrito
Procesos Químicos y Bioquímicos	A1	Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
Calidad del Aire	D	Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
Materiales, Catálisis y Medio Ambiente	C	Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
Ingeniería de Sistemas de Proceso	Registrado	Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
Ingeniería de Biomateriales	Registrado	Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
Laboratorio de Investigación en Combustibles y Energía	A	Departamento de Química

c) Infraestructura física

La infraestructura física de la sede Bogotá está conformada por la Ciudad Universitaria, el Centro Gaitán, el Claustro de San Agustín y la Finca de Marengo. La Ciudad Universitaria, cuya construcción inició en 1936, tiene 125 edificaciones, 17 declaradas como Patrimonio Cultural de la Nación.

La infraestructura física de la Facultad de Ingeniería de la Sede Bogotá destinada a las actividades académicas corresponde a los siguientes edificios:

- 401: Edificio de Ingeniería
- 406: Instituto de Extensión en Investigación, IEI
- 407: Edificio de Posgrado en Materiales
- 409: Laboratorio de Hidráulica
- 410: Laboratorio de Ensayos Hidráulicos
- 411: Laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Mecánica
- 412: Laboratorio de Ingeniería Química
- 421: Bloque 5, Edificios Camilo Torres
- 453: Edificio Aulas de Ingeniería
- 454: Edificio de Ciencia y Tecnología

Las aulas, auditorios y laboratorios en los que se desarrollan las asignaturas y demás actividades del Programa de Ingeniería Química están ubicados principalmente en los Edificios de

²⁰ Tomado de http://www.ing.unal.edu.co/admfac/vcd_investigacion/html/grupos/grupos.html, consultado el 15 de abril de 2010

Ingeniería, Aulas de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, Química, Laboratorio de Hidráulica, Laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Mecánica y Laboratorio de Ingeniería Química.

El Departamento de Ingeniería Química y Ambiental tiene a su disposición, para uso exclusivo:

- Cinco aulas de clase en el edificio 453, de 40 m² cada una, para un total de 200 m².
- Un salón de 12.9 m², para 10 estudiantes, en el edificio 412 y, en el mismo edificio, un salón de 21.5 m², para 15 estudiantes.

A continuación se hace una breve descripción de los edificios en donde se realiza el mayor porcentaje de las actividades académicas del Programa:

Edificio de Ingeniería

Este edificio, con tres niveles, cuenta con 19 aulas de clase; 2 salas de cómputo, con 40 y 35 puestos de trabajo, para usos diversos; dos salas para diseño asistido por computador (software AutoCAD), con 24 y 21 puestos de trabajo; una sala para simulación (software Arena), con 30 puestos de trabajo; una sala de estudios de 100 m² y un aula máxima para 150 personas.

En este edificio están localizadas las oficinas de la dirección de la Facultad de Ingeniería: Decanato, Vicedecanato Académico, Vicedecanato de Investigación y Extensión y Dirección de Bienestar.

Edificio Aulas de Ingeniería

El edificio 453, con cuatro niveles, está destinado principalmente a oficinas para docentes y aulas. Tiene 32 aulas de clase y tres aulas máximas: una con capacidad para 160 asistentes y las otras dos para 150.

Seis aulas de este edificio se emplean para programar la mayoría de cursos de Ingeniería Química; cuatro de ellas cuentan con medios audiovisuales, una con tablero interactivo y una con cámara web para captura de la información del tablero. Además, están las oficinas de las cinco Direcciones de Departamento de la Facultad.

Edificio de Ciencia y Tecnología

El edificio 454, inaugurado en 2008, tiene cuatro pisos y en la terraza, con espacios para disfrute de estudiantes y profesores, opera un restaurante. Una de las tres alas que conforman el edificio, destinada a aulas, cuenta con 14 salones de clase para 20 estudiantes cada uno, dotados con retroproyector y tablero interactivo; dos salones de videoconferencia, con capacidad para 20

personas y cuatro aulas de clase, cada una con 45 computadores. El auditorio de este edificio tiene capacidad para 247 asistentes.

Laboratorio de Ingeniería Química

El Laboratorio de Ingeniería Química (LIQ), edificio 412, tiene un área construida de 3,200 m², sobre un terreno de 2,030 m². En el primer piso se encuentran los laboratorios especializados Planta Piloto (1,000 m²), Catálisis (184 m²), Lubricantes (55 m²), Instrumentación (66 m²), Polímeros (44 m²), Termodinámica (102 m²) y Bio-procesos (30 m²), ampliado con un *mezanine* (72 m²), así como la Sala de Computadores (46 m²), dos cuartos de reactivos y materiales, dos baterías de baños y un cuarto de servicios generales. En el segundo, además de la jefatura del LIQ (que incluye oficina de la secretaría, mesa de reuniones y oficina para monitores), hay siete oficinas para docentes, una sala de computadores, dos aulas de clase, una sala para estudiantes de maestría (43 m²), una cocina y dos cuartos de baño, como también dos terrazas, con áreas de 232 m² y 76 m². En el tercer nivel hay otra terraza de 435 m².

Al costado norte se encuentran las áreas de Servicios Industriales, constituidas por: patio general (145 m²), en donde se localiza el tanque subterráneo de agua potable y sus sistemas de bombeo; un cuarto de calderas (78 m²) y un cuarto de almacenamiento de materiales para el mantenimiento, en donde se hallan los sistemas de aire comprimido (16 m²). Finalmente, entre la planta piloto y el cuarto de calderas está la oficina de los operarios de planta y el cuarto de herramientas, espacios sobre los cuales hay una terraza de 55 m².

En cuanto a Laboratorios para investigación y docencia, otro recurso importante es el Sistema Nacional de Laboratorios de la Universidad. Los Laboratorios Interfacultades que hacen parte de este sistema son:

- Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X
- Laboratorio de Microscopía Electrónica
- Laboratorio de Microscopía Óptica
- Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear
- Laboratorio de Ensayos Mecánicos
- Laboratorio de Cromatografía Líquida
- Laboratorio de Difractometría de Rayos X

d) Apoyo a la labor docente

Para el desarrollo del PEP, los profesores y estudiantes pueden usar los servicios de la Dirección Nacional de Servicios Académicos Virtuales para el diseño e implantación de estrategias virtuales para la educación, capacitación, extensión e investigación, que incluyen entre otros:

- Aulas Virtuales: consisten en dos Sistemas de Administración de Aprendizaje (LMS, por sus siglas en inglés) para la gestión y administración de cursos virtuales: Blackboard y Moodle, a través de los cuales es posible gestionar contenidos, evaluaciones, actividades y seguimiento, en un ambiente interactivo.
- Apoyo a cursos presenciales: ofrece a los docentes un paquete de ayudas informáticas y computacionales que apoyan la realización de cursos presenciales.
- Montaje de cursos virtuales: ofrece a los docentes el soporte y acompañamiento de principio a fin, en el diseño, construcción, implantación y realización de cursos virtuales.
- Montaje de programas virtuales: ofrece a docentes y directores de las UBGAA, acompañamiento completo en el diseño, montaje y realización de programas académicos (pregrado y posgrado) y de capacitación virtual.
- Soluciones educativas virtuales a la medida: son un paquete de servicios de acompañamiento integral a entidades educativas y empresas públicas y privadas, que van desde la identificación de las necesidades de formación, hasta el montaje y realización de los cursos virtuales, pasando por el diseño de la instrucción.
- Aulas de videochat: espacios de encuentro virtual para apoyar seminarios, congresos, eventos, reuniones de carácter administrativo, etc.
- Capacitación y entrenamiento en el manejo de herramientas de educación virtual: ofrece a los docentes entrenamiento y capacitación a fin de que adquieran las competencias requeridas para realizar y administrar eventos de capacitación y formación virtuales.
- Producción de contenidos: está en capacidad de recibir contenidos presentados en cualquier forma, física o digital, y convertirlos en cursos de educación virtual. Estos cursos pueden ser adaptados a formatos como HTML, XML y SWF.

- Integración de Contenidos: gracias a que Univirtual trabaja sobre estándares de e-learning como Socorm, AICC e IMS, los contenidos que produce pueden ser integrados a distintos LMS.
- Hospedaje de Contenidos: además de producir contenidos con metodología y políticas claras de diseño de la instrucción, Univirtual ofrece el alojamiento y administración de cursos virtuales, todo soportado sobre un esquema de servicio y atención a docentes y estudiantes.
- Servicio de Páginas Web para los docentes: permite publicar sus datos de contacto, hoja de vida, producción académica, enlaces recomendados e información sobre sus asignaturas en el formato institucional. Actualmente se ofrece en las sedes Bogotá, Amazonia, Caribe y Orinoquia.

Para el desarrollo de las labores propias de su función, los profesores de la Universidad Nacional cuentan con el apoyo de personal administrativo, de servicios generales y de vigilancia, así como de operarios para los laboratorios.

Las unidades de nivel nacional o de sede que apoyan las labores docentes, de investigación y de extensión son:

- Dirección nacional de programas de pregrado
- División de investigación de la sede Bogotá, que soporta los trámites de proyectos de investigación financiados por la Universidad, y da apoyo para la participación en convocatorias financiadas por Colciencias y por otros entes externos.
- Dirección nacional de servicios académicos virtuales, que da soporte para el diseño de cursos virtuales y para la implementación de ayudas virtuales en los cursos presenciales. Esta dirección desarrolla anualmente 10 cursos de capacitación para el manejo de la plataforma Blackboard, dirigidos a docentes, monitores y becarios, plataforma que, como se planteó, permite la interacción virtual entre docentes y alumnos, mediante el intercambio de información, el desarrollo de foros de discusión, la realización de evaluaciones, etc.
- Sección de Transportes, que facilita actividades académicas externas.
- Mesa de Ayuda, adscrita a la Dirección Nacional de Informática y Comunicaciones (DNIC), que se encarga de la instalación, actualización y mantenimiento de software en equipos de toda la sede, servicio que presta personalmente, o mediante conexión remota, entre 8:00 a. m. y 5:00 p. m.

Las unidades de apoyo a las labores docentes, de investigación y de extensión en la Facultad de Ingeniería son:

- Vicedecanatura Académica
- Vicedecanatura de Investigación y Extensión
- Unidad Administrativa
- Secretaría Académica
- Unidad de Publicaciones

Así mismo, los profesores del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental cuentan con la colaboración de:

- Tres secretarías, en la Dirección del Departamento, en la Coordinación de los Programas y en la Jefatura del Laboratorio de Ingeniería Química, y
- Cinco operarios en el Laboratorio de Ingeniería Química.

e) Bibliotecas

Para el servicio de estudiantes y profesores de la Universidad Nacional en sus diferentes sedes, el Sistema Nacional de Bibliotecas (Sinab) tiene veintidós (22) bibliotecas adecuadamente dotadas, de las cuales nueve (9) funcionan en edificios destinados exclusivamente para tal propósito, mientras que las demás están ubicadas en las diferentes Facultades e Institutos.

El material bibliográfico relacionado con el Programa se encuentra principalmente en las bibliotecas Central, de Ciencia y Tecnología y en la Hemeroteca. Las instalaciones físicas de las tres bibliotecas se describen en las tablas 6, 7 y 8.

El acceso a material bibliográfico físico y virtual, a través de bibliotecas, hemerotecas y bases de datos es fundamental para la formación académica. En la Universidad Nacional, estos recursos se encuentran bajo responsabilidad de la Dirección Nacional de Bibliotecas (DNBB) que desarrolla y coordina el Sinab (<http://www.sinab.unal.edu.co/>) donde se tiene acceso remoto a los catálogos, bases de datos, libros y revistas electrónicos y periódicos en línea, así como a los acervos de otras bibliotecas y otras universidades; en este portal también se puede acceder a servicios bibliográficos (como la obtención de documentos por conmutación bibliográfica), a la Biblioteca Digital de la Universidad y a servicios para egresados.

La Universidad Nacional de Colombia tiene un completo sistema de hemerotecas y, siguiendo la tendencia mundial en cuanto a la transición del papel a los medios electrónicos para el acceso

a la información, cuenta con 74 bases de datos, 198,931 libros electrónicos, 27,959 títulos de publicaciones seriadas electrónicas y 54,467 títulos de publicaciones seriadas, periódicos y otros documentos en paquetes de contenidos electrónicos, disponibles en el portal del Sinab²¹.

Tabla 6 Ficha técnica de la Biblioteca Central después de la remodelación²²

Ítem	Número
Área (m ²)	10,255
Volúmenes	312,843
Puestos de lectura individual	90
Puestos de lectura en mesa	408
Puestos de trabajo en grupo	64
Puesto de trabajo con computador para personas con discapacidad visual	12
Puesto de trabajo individual para personas con discapacidad visual	2
Puesto de trabajo para personas con discapacidad diferente a la visual	12
Computadores para servicio de los usuarios	110
Puestos en sala de capacitación	20
Mediatecas	1
Salas de capacitación	1
Salas de música	1
Casilleros	456

Tabla 7 Ficha técnica de la Biblioteca de Ciencia y Tecnología²³

Ítem	Número
Área (m ²)	2,500
Puestos de lectura	448
Puntos de consulta con computadores al servicio de los usuarios, con acceso a Internet	295
Auditorio	1
Sala de profesores	1
Casilleros	672

Tabla 8 Ficha técnica de la Hemeroteca Nacional Universitaria²⁴

Ítem	Número
Área (m ²)	12,729
Puestos de lectura	88
Puntos de consulta con computadores al servicio de los usuarios, con acceso a Internet	48
Auditorio	1
Hall de exposiciones	1
Sala de eventos	1

²¹ Sinab, Informe Servicios y Recursos Bibliográficos, Programa: Ingeniería Química, abril 2010.

²² *Ibidem*.

²³ *Ibidem*.

²⁴ *Ibidem*.

16. Inserción en el medio

La principal relación del programa con el entorno es a través de los proyectos de investigación que desarrolla la comunidad académica vinculada, los cuales han sido financiados a través de Colciencias y de la Universidad Nacional de Colombia. Uno de ellos contó con el apoyo de la empresa privada, ya que se desarrolló alrededor de una posibilidad de producto para la compañía. Las tesis finalizadas en el programa, como se planteó, guardan relación con los intereses del país, de acuerdo con los temas que se listan a continuación:

Biocombustibles

Producción de ésteres metílicos de ácidos grasos en un reactor de película líquida descendente.

Estudio del proceso de producción de biodiésel mediante extracción reactiva.

Valorización del glicerol por el reformado con vapor para la producción de hidrógeno.

Análisis y minimización de la entropía generada en un proceso de destilación extractiva para la deshidratación de etanol.

Materiales

Producción de alfa sulfo-estearato de metilo en un reactor de película descendente.

Estudio del fenómeno de adhesión a superficies biológicas de películas obtenidas a partir de biopolímeros, para aplicación en el área de la salud.

Efecto de las condiciones de cultivo y purificación sobre las propiedades fisicoquímicas y de transporte de membranas de celulosa bacteriana.

Producción y modelamiento de gliceril-ésteres como plastificantes para PVC.

Catalizadores

Modificación de las características superficiales de un carbón activado y su aplicación como catalizador en la deshidrogenación oxidativa de iso-butano.

Estudio de perovskitas de $\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$ y $\text{LaCo}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$ en la producción de gas de síntesis por reformado de etano.

Óxidos mixtos Ce-Zr-Co como catalizadores en la producción de hidrógeno por reformado de etanol.

Oxidación parcial de metano a formaldehído.

Bioprocesos

Diseño de proceso de cultivos de células y tejidos vegetales de uchuva (*Physalis peruviana L.*) para la obtención de whitanólidos.

Degradación de residuos de floricultura para la obtención de azúcares con hongos lignocelulolíticos.

Establecimiento de cultivos de células en suspensión de *thvetia peruviana* y elicitación de la producción de metabolitos secundarios tipo glicósidos cardiotónicos.

Evaluación de un sistema de biorreacción para la producción de escopolamina por cultivo de raíces de *Brugmansia Cándida*.

Estudios para la reutilización de jarabes provenientes de la deshidratación osmótica de frutas.

Diseño computacional de agentes de extracción para la separación de compuestos orgánicos en corrientes acuosas – aplicación de ácido láctico.

Otra relación con el entorno es el trabajo que desarrollan sus egresados. De los 18 doctores graduados en el programa, 15 son docentes en diferentes universidades del país, lo que representa un aporte positivo a la calidad de la educación.

Así mismo, sus profesores, estudiantes y egresados comunican los resultados de sus investigaciones a través de artículos en revistas científicas nacionales e internacionales, libros, capítulos de libro, presentaciones en eventos académicos especializados, patentes, etc.

Finalmente, aunque no es obligatoria la pasantía internacional, el programa procura que sus estudiantes tengan esta experiencia que contribuye a su formación, enriquece sus trabajos de investigación y estrecha vínculos académicos y de colaboración con otras universidades, grupos de investigación e investigadores. 94% de los egresados ha tenido esta experiencia durante su permanencia en el Programa. Cuatro de ellos han hecho sus tesis en co-tutela con universidades francesas y recibieron el título de las dos instituciones.

17. Egresados

La tabla 9 presenta la lista de graduados a la fecha de publicación de este Proyecto Educativo, incluyendo el título de la tesis realizada.

Tabla 9 Egresados del programa de Doctorado en Ingeniería – Ingeniería Química, hasta el 30 de marzo de 2012

Egresado	Año	Título de la tesis	Director
José de Jesús Díaz Velásquez	2004	Modificación de las características superficiales de un carbón activado y su aplicación como catalizador en la deshidrogenación oxidativa de isobutano	Luis María Carballo Suárez
Mario Enrique Velásquez Lozano	2005	Diseño de proceso de cultivos de células y tejidos vegetales de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) para la obtención de whitanóolidos	Margarita Perea

Gerardo Rodríguez Niño	2004	Estudio de perovskitas de $\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$ y $\text{LaCo}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$ en la producción de gas de síntesis por reformado de etano	Luis María Carballo Suárez
Julio César Vargas Sáenz	2006	Óxidos mixtos Ce-Zr-Co como catalizadores en la producción de hidrógeno por reformado de etanol	Luis María Carballo Suárez
Paulo César Narváez Rincón	2006	Producción de ésteres metílicos de ácidos grasos en un reactor de película líquida descendente	Francisco José Sánchez Castellanos
Carlos Alberto Guerrero Fajardo	2007	Oxidación parcial de metano a formaldehído	Francisco José Sánchez Castellanos
Mario Arias Zabala	2007	Establecimiento de cultivos de células en suspensión de <i>thevetia peruviana</i> y elicitación de la producción de metabolitos secundarios tipo glicósidos cardiotónicos	Luis Alfonso Caicedo Mesa
Jesús Alfonso Torres Ortega	2009	Producción de alfa sulfo-estearato de metilo en un reactor de película descendente	Francisco José Sánchez Castellanos
Ángela María Otálvaro Álvarez	2009	Evaluación de un sistema de biorreacción para la producción de escopolamina por cultivo de raíces de <i>Brugmansia Cándida</i>	Mario Enrique Velásquez Lozano
Ruth Yolanda Ruiz Pardo	2009	Estudios para la reutilización de jarabes provenientes de la deshidratación osmótica de frutas	Luis Alfonso Caicedo Mesa
Juan Carlos Serrato Bermúdez	2009	Diseño computacional de agentes de extracción para la separación de compuestos orgánicos en corrientes acuosas – aplicación al ácido láctico	Luis Alfonso Caicedo Mesa
Bibiana Margarita Rosa Vallejo Díaz	2010	Estudio del fenómeno de adhesión a superficies biológicas de películas obtenidas a partir de biopolímeros, para aplicación en el área de la salud	Jairo Ernesto Perilla Perilla
Luz Dary Carreño Pineda	2011	Efecto de las condiciones de cultivo y purificación sobre las propiedades fisicoquímicas y de transporte de membranas de celulosa bacteriana	Luis Alfonso Caicedo
Diego Fernando Mendoza Muñoz	2011	Análisis y minimización de la entropía generada en un proceso de destilación extractiva para la deshidratación de etanol	Carlos Arturo Martínez Riascos
Óscar Yesid Suárez Palacios	2011	Producción y modelamiento de gliceril-ésteres como plastificantes para PVC	Paulo César Narváez Rincón
Marcia Carolina Araque Marín	2012	Valorización del glicerol por reformado con vapor para la producción de hidrógeno	Julio César Vargas Sáenz
Juan Guillermo Cadavid Estrada	2012	Estudio del proceso de producción de biodiésel mediante extracción reactiva	Paulo César Narváez Rincón
Balkys Esmeralda Quevedo Hidalgo	2012	Degradación de residuos de floricultura para la obtención de azúcares con hongos lignocelulolíticos	Mario Enrique Velásquez Lozano