



**ACOFI**

Asociación Colombiana  
de Facultades de Ingeniería



# Acciones y cambios en las facultades de ingeniería

**Foros académicos  
Reunión Nacional ACOFI 2011**







# Acciones y cambios en las facultades de ingeniería

Foros Académicos  
Reunión Nacional ACOFI 2011

Edición  
Vicente Albéniz Laclaustra  
*Escuela Colombiana de Ingeniería*

Luis Alberto González Araujo  
*Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería*

## **ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE INGENIERÍA**

Carrera 68D Núm. 25B – 86 oficina 205  
Edificio Torre Central, Bogotá D.C., Colombia, Suramérica  
PBX: + 57(1) 427 3065  
acofi@acofi.edu.co www.acofi.edu.co

### **CONSEJO DIRECTIVO DE ACOFI**

#### **Presidente**

Luis David Prieto Martínez

Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá

#### **Vicepresidente**

John Willian Branch Bedoya

Universidad Nacional de Colombia, Medellín

#### **Consejeros**

Carlos Alberto Palacio Tobón

Universidad de Antioquia, Medellín

Ramón Torres Ortega

Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias

Gloria Piedad Barreto Bonilla

Universidad de Ibagué

Carlos Costa Posada

Universidad de La Salle, Bogotá

Carlos López Bermeo

Universidad de Medellín

Javier Páez Saavedra

Universidad del Norte, Barranquilla

Edgar Quiroga Rubiano

Universidad del Valle, Santiago de Cali

Gerardo Latorre Bayona

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga

Alberto Ocampo Valencia

Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira

#### **Director Ejecutivo**

Luis Alberto González Araujo

Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá

#### **Revisora Fiscal**

Luz Mery Cuervo Garzón

### **ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA**

Asistente Administrativa

Arley Palacios Chavarro

Contador

Ariel Palomino Ulloa

Asistentes de Proyectos

José Miguel Solano Araujo

Simón Andrés De León Novoa

Secretaria de Dirección

Janeth Pineda Molina

Auxiliares de Oficina

Marcela Castiblanco

Hernán Reyes Díaz

ISBN: 978-958-680-072-3

Septiembre 2012

Impreso en Colombia

Diseño e impresión

Opciones Gráficas Editores Ltda.

www.opcionesgraficas.com

Las opiniones expresadas en este libro no son necesariamente las de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

# Presentación

---



**D**esde el año 2006 se ha venido presentando el tema central de las deliberaciones anuales de los miembros de ACOFI. Además de hacerlo por los medios digitales y otros impresos, se elabora en la estructura formal de un libro. Este es el sexto, correspondiente al año 2011 y está relacionado con el tema “Acciones y cambios en las facultades de ingeniería”

Como en todos los libros anteriores, la edición ha estado a cargo del profesor Vicente Albéniz Laclaustra con la colaboración del ingeniero Luis Alberto González Araujo. Para esta ocasión, la comunicadora social Marisol Manrique Morales, apoyó el diseño y construcción de los diálogos de pares de la Reunión Nacional. Las cinco o seis revisiones y correcciones a los textos han significado un arduo trabajo para poder entregar un libro de referencia para todas las facultades de ingeniería del país.

Nada más grato que tener la oportunidad de presentar esta obra a la comunidad académica de ingeniería y de agradecer al equipo editor todo su esfuerzo.

Bogotá, D.C., junio de 2012

**Eduardo Silva Sánchez**

Director Ejecutivo



# Introducción

---



La publicación que el lector tiene en sus manos está estructurada de acuerdo con los ejes temáticos desarrollados a lo largo del año 2011, en los trabajos elaborados por los diversos profesores que participaron, tanto en los Foros Preparatorios como en la Reunión Nacional, en su condición de conferencistas, panelistas y miembros de las mesas de diálogo y de trabajo.

Los ejes temáticos que articularon la reflexión y el debate acerca de las “Acciones y Cambios en las Facultades de Ingeniería” fueron los siguientes:

- El proceso de formación
- El desarrollo de la investigación
- La gestión en las Facultades de Ingeniería
- El impacto de las Facultades de Ingeniería en el desarrollo local

El texto se ha organizado en cinco capítulos. Los cuatro primeros están dedicados a los ejes temáticos y el quinto contiene las reflexiones del Viceministro de Educación Superior acerca de las acciones y cambios que deben desarrollar las Facultades de Ingeniería.

Los ejes temáticos correspondientes al proceso de formación, al desarrollo de la investigación y a la gestión se trataron inicialmente en los respectivos Foros y posteriormente en la Reunión Nacional. El cuarto eje, relativo al impacto de las Facultades de Ingeniería en el desarrollo local, se trató únicamente en la Reunión Nacional, en la conferencia del profesor Fernando Broncano.

El desarrollo de cada uno de los tres primeros ejes en la Reunión Nacional se llevó a cabo mediante una conferencia magistral, seguida de un diálogo de pares que ayudó a profundizar en los conceptos expuestos y a llegar a recomendaciones para la acción y el cambio en las Facultades de Ingeniería de Colombia. Además, los profesores participantes en la Reunión Nacional, tuvieron la oportunidad de tomar parte en las Mesas de Trabajo, para hacer sus análisis y propuestas respecto a los temas planteados.

Por otra parte, los profesores de las Facultades de Ingeniería presentaron en la Reunión Nacional ponencias orales y pósteres en los que aportaron sus experiencias alrededor de los cuatro ejes propuestos.

Dado el carácter de los Foros y de la Reunión Nacional, en la mayor parte de los textos se conserva el lenguaje espontáneo propio de la comunicación verbal.



# Contenido



Presentación	5
Introducción	7
<b>Capítulo 1. Proceso de formación</b>	<b>11</b>
Panel	15
Conferencia	
Cómo se forma un ingeniero, papeles de la escuela y de la práctica	
<i>Daniel Reséndiz Núñez</i>	42
Diálogo de pares	
Proceso de formación	55
Mesa de trabajo	
Proceso de formación	67
<b>Capítulo 2. Desarrollo de la investigación</b>	<b>83</b>
Panel	87
Conferencia	
Inversión pública y privada en Ciencia, Tecnología e Innovación en Brasil:	
“El Modelo de Interacción PETROBRAS con las Universidades”	
<i>Ernesto Urquieta González, Universidad Federal de San Carlos</i>	97
Diálogo de pares	
Desarrollo de la investigación	118
Mesa de trabajo	
Desarrollo de la investigación	131
<b>Capítulo 3. Gestión en las facultades de ingeniería</b>	<b>145</b>
Panel	149
Conferencia	
La gestión de los recursos en las facultades de ingeniería	
<i>Jose Carlos Quadrado</i>	173
Conferencia	
Experiencia de la creación de la Escuela de Ingeniería	
en la Universidad de California Merced, UC Merced	
<i>German Gavilán, Universidad de California Merced</i>	197
Diálogo de pares	
Gestión en las facultades de ingeniería	215
Mesa de trabajo	
Gestión en las facultades de ingeniería	232

<b>Capítulo 4. Impacto de las facultades de Ingeniería en el desarrollo social</b>	245
Conferencia	
La ingeniería como una disciplina humanística. El ingeniero como intérprete de los artefactos	
<i>Fernando Broncano, Universidad Carlos III de Madrid</i>	249
<b>Capítulo 5. Planteamiento del Ministerio de Educación Nacional</b>	267
Conferencia	
Acciones y cambios en las facultades de ingeniería	
<i>Javier Botero Álvarez, Viceministro de Educación Superior</i>	271
<b>Anexo. Asistentes a los Foros Académicos y a la Reunión Nacional ACOFI 2011</b>	291



# *Capítulo I*

## **Proceso de Formación**





**E**l eje correspondiente al *Proceso de formación* tuvo por objetivo analizar el perfil del estudiante de ingeniería a lo largo de sus estudios y las propuestas formativas que ofrecen las instituciones teniendo en cuenta dicho perfil, con el propósito de estimular la renovación del quehacer académico de las facultades de ingeniería, en el ámbito de las actividades de formación.

Para el desarrollo de este eje se realizó un *Foro preparatorio*, que tuvo lugar en la ciudad de Bogotá el 18 de febrero de 2012, y que contó con la participación de los siguientes expositores:

- Luis Fabián Hidalgo, coordinador del proyecto de investigación sobre el sistema de seguimiento estudiantil como elemento clave en la formación profesional, en la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Sandra Patricia Jarro Sanabria, directora de la Carrera de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana.
- José Luis Herrera Escorcia, coordinador de Autoevaluación y Acreditación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Gerardo Rodríguez Niño, vicedecano académico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Durante la *Reunión Nacional*, alrededor del eje *Proceso de formación*, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- La *conferencia magistral* que, con el título “Cómo se forma un ingeniero, papeles de la escuela y de la práctica”, dictó el doctor Daniel Reséndiz Núñez, ingeniero civil, investigador emérito de la UNAM y miembro del Comité Asesor en Seguridad Estructural del Gobierno del Distrito Federal de México. En su disertación explicó el papel que, para la formación, desempeñan tanto las escuelas de ingeniería como la práctica profesional que se lleva a cabo durante los años inmediatamente siguientes al egreso de la escuela.

- El *diálogo de pares*, que se desarrolló teniendo en cuenta los objetivos del eje y la conferencia magistral del ingeniero Reséndiz. En el diálogo participaron los ingenieros Julio César Cañón Rodríguez, profesor asociado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia y Mauricio Duque Escobar, profesor asociado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. La moderación estuvo a cargo de Alberto Ocampo Valencia, director de pregrado y maestría en ingeniería eléctrica de la Universidad Tecnológica de Pereira.
- La *mesa de trabajo*, en la que, con la coordinación del profesor Miguel Corchuelo de la Universidad del Cauca, participaron 23 profesores procedentes de 20 universidades.
- La presentación de los trabajos de los profesores: 21 *comunicaciones orales* y 32 trabajos en forma de *póster*, los cuales se pueden encontrar en las memorias de la Reunión Nacional “Acciones y cambios en las facultades de ingeniería” (ISBN 978-958-680-069-3)

En este primer capítulo se presenta la documentación que, en las diversas actividades reseñadas, se elaboró para desarrollar el eje correspondiente al *Proceso de formación*.

## Panel

### **Reflexiones sobre el perfil del estudiante y las respuestas institucionales en las facultades de ingeniería**

#### ***1. Perfiles de los estudiantes de la facultad de ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas***

*José Luis Herrera Escorcía, Universidad Distrital Francisco José de Caldas*

#### **Contexto institucional**

La Universidad Distrital fue fundada en 1948 por iniciativa del presbítero Daniel de Caicedo, quien además fue su primer rector, con el propósito de ofrecer educación a los jóvenes de los sectores menos favorecidos de la ciudad.

Su primera denominación fue la de Colegio Municipal de Bogotá, según Acuerdo N°. 10 del 5 de Febrero de 1948. En ese mismo año, según Acuerdo No. 51 del 7 de Julio, el Concejo de Bogotá cambió su nombre por el de Colegio Municipal Jorge Eliécer Gaitán, en homenaje al caudillo liberal. En el año de 1950, mediante la resolución 139 del Ministerio de Defensa, la Universidad recibió el nombre de Universidad Municipal “Francisco José de Caldas”. Posteriormente, al erigirse la ciudad de Bogotá como Distrito Especial, recibió el nombre de Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

La Universidad Distrital, en sus 63 años de existencia, ha generado impactos en diversos campos de conocimiento y acción relacionados con sus diferentes programas académicos. Como característica esencial se destaca la orientación de sus programas hacia la solución de los problemas más sentidos de la ciudad-región de Bogotá y del país<sup>1</sup>.

Desde sus inicios, la Universidad Distrital ha sido fiel a los principios del prócer Francisco José de Caldas, relacionados con la necesidad de una educación pública, gratuita e igualitaria. Esto se ve reflejado en las políticas, sostenidas por varias décadas, de ofrecer cupos con los valores más bajos de matrículas de universidad pública en la capital y prefiriendo los estudiantes con mejores puntajes en la prueba de Estado ICFES.

---

<sup>1</sup> Universidad Distrital FJ.C. Plan Estratégico de Desarrollo 2007-2016. 12 octubre de 2007. Bogotá D.C. Colombia.

## Condiciones de ingreso en la facultad de ingeniería

De acuerdo con la política institucional, para la inscripción como aspirante, la facultad de ingeniería exige como puntaje mínimo de la prueba realizada por el ICFES, 350 puntos en la sumatoria del núcleo común, sin contar con las áreas del idioma extranjero e interdisciplinar. Así, desde un principio, se cualifica y caracteriza el perfil de ingreso de los aspirantes, lo que repercutirá indudablemente en el perfil de los admitidos.

Además, para confirmar las expectativas de los consejos de carrera y del consejo de facultad respecto a los perfiles de los admitidos, se ponderan los puntajes de los aspirantes, de acuerdo con cada una de las áreas del núcleo básico evaluadas en la prueba ICFES: matemáticas, física, química, geografía, lenguaje, historia, biología y filosofía, según la siguiente tabla:

Área	Coefficientes de Ponderación
Matemáticas	25%
Física	30% ICG 25%
Química	10%
Ciencias Sociales	10% ICG 15%
Lenguaje	15%
Biología	5%
Filosofía	5%

Tabla 1. Coeficientes de ponderación para todas las carreras de pregrado de la facultad de ingeniería<sup>2</sup>. Solamente existen dos excepciones para realizar la ponderación en Ingeniería catastral y geodesia, ICG.

Como se observa en la tabla 1, en el perfil de ingreso se les da mayor peso, del 50% al 55%, a las áreas de matemáticas y física; le siguen lenguaje y filosofía con un 20%; biología y química con un 15%; y ciencias sociales entre el 10% al 15%. Esto permite seleccionar a los aspirantes que tengan el mejor perfil de acuerdo a la prueba del ICFES, que en teoría deberían tener pro-eficiencia con los programas de estudios aprobados por los consejos de facultad y académico, y por el Ministerio de Educación Nacional.

El consejo académico asignó por cada cuarenta estudiantes admitidos, cinco cupos especiales, los cuales se distribuyen de la siguiente manera: uno para comunidades negras, uno para desplazados, uno para indígenas, dos para los mejores bachilleres de colegios distritales oficiales de Bogotá. Los cupos para estas modalidades se asignan

<sup>2</sup> Ponderación aprobada por el Consejo de Facultad de Ingeniería y publicado en el Instructivo para el proceso de Inscripciones programas de pregrado, primer periodo académico 2012.

en estricto orden descendente, luego de ser valorada la totalidad de requisitos exigidos. Los aspirantes en modalidad de cupos especiales deben cumplir la todos los requisitos exigidos por cada facultad.

### **Perfiles de formación**

Los planes de estudios presentados por la universidad y aprobados por el Ministerio de Educación, son fruto de un trabajo sistemático, continuo y participativo, liderado inicialmente por los comités de autoevaluación y acreditación de cada una de las carreras, y en estos momentos guiados por los comités de currículo institucional y de cada una de las facultades.

En el caso de la facultad de ingeniería, se han tenido en cuenta, como referentes obligatorios para la formación integral de sus estudiantes, las áreas propuestas por el Ministerio de Educación y los lineamientos dados por la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI, utilizando en la revisión y aprobación de los planes de estudio los porcentajes nacionales propuestos en ciencias básicas, básicas de ingeniería, ingeniería aplicada y formación complementaria, ofreciendo una formación apropiada para el contexto colombiano, pero teniendo en cuenta el contexto distrital, el cual es asumido por la Universidad Distrital en su misión:

*“Es la democratización del acceso al conocimiento para garantizar, a nombre de la sociedad y con participación de Estado, el derecho social a una Educación Superior con criterio de excelencia, equidad y competitividad mediante la generación y difusión de saberes y conocimientos con autonomía y vocación hacia el desarrollo sociocultural para contribuir fundamentalmente al progreso de la Ciudad – Región de Bogotá y el país”*

Los perfiles de formación en la Universidad Distrital son influenciados por los contextos nacional, regional y por supuesto distrital, lo que se ve reflejado en los perfiles de los egresados, en este caso de la facultad de ingeniería.

No es objetivo de este panel, reflexionar acerca de cada uno de los perfiles de los egresados de las ingenierías que forman parte de la facultad (electrónica, catastral y geodesia, sistemas, industrial y eléctrica), sino advertir la coherencia de los perfiles desde el momento de admitir a un aspirante hasta que se gradúa y aplica sus conocimientos en ingeniería, aportando al desarrollo del distrito capital que es a la vez nacional. Por tal motivo sólo se presenta el perfil del egresado de una de nuestras ingenierías, la ingeniería electrónica, en donde se ha tenido en cuenta no solamente la experticia propia del área del conocimiento, sino el contexto en el cual se va a desempeñar este profesional:

*“ El Ingeniero Electrónico egresado de la Universidad Distrital es una persona con sólidos conocimientos en ciencia, tecnología e investigación, consciente de su entorno social, cívico y ambiental, preparados para liderar y brindar soluciones con sentido creativo, crítico, innovador; como ser social es recursivo y proactivo; formado en diversos campos, con conocimientos fundamentados en los últimos avances teóricos y tecnológicos de las disciplinas soporte de su formación y en los últimos avances metodológicos en TIC que ha adquirido y aprehendido en el transcurso de su vida universitaria ”<sup>3</sup>*

### **Mecanismos institucionales**

Uno de los principales mecanismos de respuesta institucional para la revisión, análisis y modificación de los perfiles, han sido precisamente los procesos de autoevaluación y acreditación, los cuales son realizados por cada uno de los proyectos curriculares o carreras. Se llevan a cabo con la ayuda y cooperación del comité institucional de acreditación, los comités de facultades y los comités de carrera, estructura creada hace ya más de diez años para generar y consolidar una cultura de autoevaluación en vista al mejoramiento de la calidad de todos los procesos de la vida universitaria.

En el caso de la facultad de ingeniería, los resultados de estos mecanismos han permitido obtener reconocimiento de alta calidad para las carreras de ingeniería de sistemas, electrónica, industrial y catastral y geodesia, faltando por obtener este reconocimiento a ingeniería eléctrica, ya que no cuenta con el número exigido de promociones de egresados, porque es una de las ingenierías que se ofrece más recientemente (inició en el año 2009).

La autoevaluación que se realiza institucionalmente<sup>4</sup>, así como la de cada programa o proyecto curricular, permiten establecer acciones de mejoramiento que redundan en las reuniones generales de profesores del programa donde se discuten temas propios del currículo en yuxtaposición con los problemas que tienen los estudiantes al enfrentarse al mundo laboral y profesional; también permiten realizar frecuentes reuniones con los egresados para obtener opiniones acerca de los planes de estudios ofrecidos.

Otro mecanismo utilizado más recientemente para el análisis de los perfiles, es la revisión formal del currículo, realizada por los comités definidos para cada carrera, para cada facultad y del orden institucional, los cuales se han venido consolidando de acuerdo a disposiciones y directivas administrativas emanadas del consejo

<sup>3</sup> Tomado del documento de Reacreditación presentado al CNA, aprobado el 21 de febrero de 2011.

<sup>4</sup> Al respecto, se puede conocer acerca del proceso en: [acreditacion.udistrital.edu.co](http://acreditacion.udistrital.edu.co)

académico, para formalizar los planes de estudio en créditos académicos y garantizar la transversalidad e interdisciplinariedad de todos los currículos de la Universidad.

Una estrategia que tiene la misma finalidad está relacionada con las prácticas académicas y laborales que se efectúan en cada carrera, ya que demuestran los nuevos aportes en las actividades de docencia que se realizan con los estudiantes en el aula, reflejando las necesidades del ambiente laboral y ubicando al estudiante en sincronía con el medio.

Un ejemplo claro de los mecanismos aquí mencionados está relacionado con las estrategias que utilizan los proyectos curriculares, propuestas en los planes de mejoramiento entregados a los pares que realizan las visitas de reacreditación. En el caso concreto del programa de ingeniería catastral y geodesia, en el proceso que permitió la reacreditación el pasado mes de febrero de 2011, se plantearon las siguientes estrategias:

- Determinación de un perfil profesional adecuado a las necesidades y expectativas del profesional egresado, haciendo énfasis en las características científicas y académicas, herramientas a utilizar en la toma de decisiones que generen valor agregado en las organizaciones, y en las competencias necesarias para el desempeño profesional.
- Consecución de contenidos programáticos vinculados y vinculantes con la realidad del país y del distrito capital.

Las actividades propuestas en estas estrategias, tienden a ejercer un impacto sobre el medio, están focalizadas en los proyectos de investigación y en los trabajos de grado de los estudiantes próximos a terminar sus estudios, incluyendo pasantías y tesis.

### **Conclusión**

En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, los procesos de autoevaluación y acreditación han estimulado el perfeccionamiento, no solamente de los mecanismos institucionales para la reflexión y análisis de los perfiles de ingreso y formación de los estudiantes y de los egresados, sino también de todos mecanismos relacionados con el aseguramiento de la calidad de la educación que se imparte en la institución. Como síntesis de estos procesos de autoevaluación, se creó en el 2006 el comité institucional de currículo, el cual, y a la par de los comités de autoevaluación y acreditación, ha permitido tener en cuenta factores no solamente relacionados con los estudiantes, sino otros muy importantes tales como: la misión institucional

y la de las facultades, los profesores, los procesos académicos, el bienestar institucional, los egresados, el impacto sobre el medio, la administración, la gestión y los recursos físicos y financieros, que permiten que los perfiles propuestos sean viables y sustentables.

## **2. Análisis del perfil del estudiante de ingeniería en la Universidad Javeriana**

*Sandra Patricia Jarro Sanabria, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá*

### **Introducción**

Como lo menciona (Granados, 2011), el Paradigma Pedagógico Ignaciano (PPI) es un proceso, consciente y dinámico, que no se refiere exclusivamente al aula de clase y a la relación educador – educando, sino que es necesario aplicarlo también a todo el entorno institucional que lo soporta. El no cumplimiento de esta condición podría llevar a contradecir institucionalmente lo que se quiere lograr.

En este sentido, y como fundamento de esta filosofía institucional, se ha seguido una estrategia que pone énfasis en la interacción continua entre la experiencia, la reflexión y la acción, como medio de autoevaluación del perfil de los estudiantes de los primeros semestres de las carreras de ingeniería civil, electrónica, industrial y de sistemas y del conjunto de actividades institucionales que adelanta la facultad de ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) para dar respuesta a los principales rasgos de dicho perfil.

A partir de esta misma estrategia, el presente trabajo muestra una reseña de los principales atributos del perfil de los estudiantes de los primeros semestres de ingeniería y las respuestas institucionales de acuerdo al mismo, enmarcadas en las cinco etapas del Paradigma Pedagógico Ignaciano: situar la realidad en su contexto, experimentar vivencialmente, reflexionar sobre la experiencia, actuar consecuentemente y evaluar la acción y el proceso seguido.

El texto de esta comunicación está organizado de acuerdo con cada una de estas etapas, para terminar con unas consideraciones acerca de la experiencia y del trabajo futuro en esta temática.

### **Situar la realidad en su contexto**

Esta primera fase muestra el contexto general asociado con los estudiantes que ingresan a la facultad de ingeniería, el proceso de admisión que deben seguir, su género y procedencia, y un análisis de algunas de las pruebas iniciales de conocimiento

que son pertinentes para definir las primeras asignaturas que deben inscribir en el área de matemáticas, física e inglés.

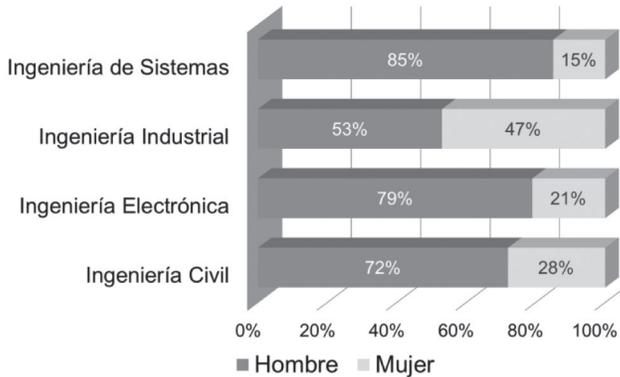
Cuando un aspirante se inscribe para el proceso de admisiones en cualquiera de los programas de la facultad de ingeniería, el principal análisis para identificar si continúa o no en dicho proceso es el resultado de la prueba Saber 11 (anterior ICFES), en particular los resultados en las áreas de matemáticas, física y lenguaje. A partir de este resultado, se identifica si el aspirante es admitido preferencialmente (directamente), si es llamado a entrevista o si la solicitud es denegada por sus bajos resultados en este examen de estado. Una vez pasa el proceso de entrevista, de acuerdo a los resultados de la misma se identifica a quiénes se admite y quiénes no son admitidos.

Luego de la admisión, dentro de los diferentes análisis realizados por la facultad de ingeniería a través de las direcciones de carrera (civil, electrónica, industrial y sistemas), se han podido caracterizar los principales aspectos del perfil de ingreso de los estudiantes de la facultad. Como una muestra de este análisis, a continuación se presentan algunos datos relacionados con el género, la procedencia, el nivel de conocimientos en matemáticas, física y en una segunda lengua (particularmente en inglés) de los estudiantes admitidos como neojaverianos (término utilizado en la PUJ para los estudiantes que ingresan a primer semestre) en los periodos académicos 2010-3 y 2011-1, los cuales corresponden a la siguiente población:

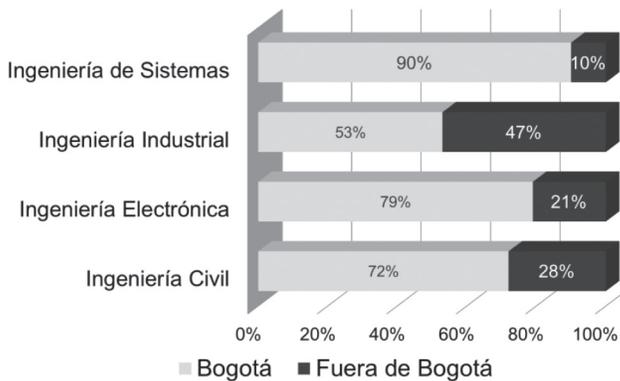
Programa	Estudiantes neojaverianos
Ingeniería Civil	162
Ingeniería Electrónica	142
Ingeniería Industrial	341
Ingeniería de Sistemas	88

Tabla 1. Número de estudiantes neojaverianos matriculados por carrera (2010-3 y 2011-1)

En cuanto a los aspectos socio-demográficos y al género de los estudiantes neojaverianos, la población tiende a ser mayoritariamente masculina; sólo en el programa de ingeniería industrial, se puede observar que se acerca a un balance de género (ver gráfica 1). Por otro lado, en términos de procedencia (ver gráfica 2), se puede identificar que el programa con menor proporción de estudiantes procedentes de otras ciudades fuera de Bogotá es ingeniería de sistemas (11%); en los otros programas, se guarda una proporción cercana al 25% de procedencia externa a Bogotá, siendo la mayor procedencia de zonas del pacífico y el atlántico colombiano, los santanderes, el eje cafetero y algunos departamentos cercanos a Bogotá.



Gráfica 1. Distribución de neojaverianos por género, por programa de ingeniería. (2010-3 y 2011-I)

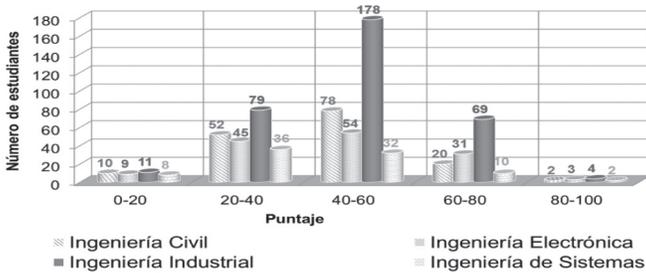


Gráfica 2. Procedencia de neojaverianos por programa de ingeniería

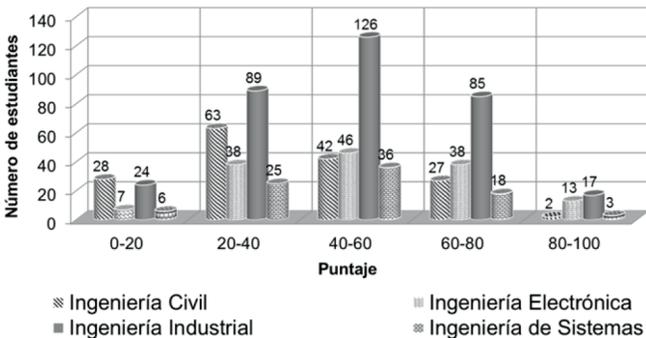
En el proceso de inducción a la universidad, que tiene una duración aproximada de una semana y se realiza de forma previa a la primera semana de clases, a los estudiantes se les aplica una prueba específica de matemáticas y otra de física, cuyos resultados (ver gráficas 3 y 4 respectivamente), muestran el nivel de conocimientos que traen los estudiantes neojaverianos en estas áreas básicas de la ingeniería, en una escala de 0 a 100.

Como se puede observar en la gráfica 3, en promedio el 38% de los estudiantes obtiene un nivel inferior a los 40 puntos; mientras que sólo el 18% obtiene resultados superiores o iguales a 60 puntos. Por otro lado, en cuanto al área de física (ver gráfica 4), en promedio el 39% de los estudiantes obtiene un nivel inferior a los 40 puntos; mientras que sólo el 27% obtiene resultados superiores o iguales a 60 puntos. Asimismo, comparando estas dos áreas del conocimiento se puede concluir

que los mejores resultados se encuentran en conocimientos de física, mientras que en matemáticas, una mayor proporción de estudiantes se encuentra en un nivel medio de resultados. Es importante anotar que estos resultados pertenecen a estudiantes que han sido admitidos con muy buenos resultados en la prueba de estado Saber II.



Gráfica 3. Resultados en matemáticas por programa de ingeniería



Gráfica 4. Resultados en física por programa de ingeniería

Para mitigar estos resultados, la facultad de ingeniería, junto con los departamentos de física y matemáticas, ha establecido una mesa de trabajo para hacer seguimiento al tema y ofrecer alternativas de apoyo a los estudiantes. Dentro de estas alternativas se han lanzado programas para reforzar las bases conceptuales de los estudiantes, ampliando la oferta de cursos “nivelatorios” de tipo electivo, a los que se les sugiere inscribirse, de acuerdo con los resultados obtenidos en estas pruebas.

En cuanto a los resultados de los exámenes clasificatorios en el dominio de una segunda lengua, específicamente inglés, sólo el 4 % alcanza la clasificación de

nivel “B2”, y el 58% se encuentran entre los niveles “A1” y “A2”. Este resultado hace que la mayoría de estudiantes tengan que reforzar sus conocimientos en el idioma anteriormente mencionado, de forma paralela a sus planes de estudio en los programas respectivos.

De forma adicional, dentro del proceso de vinculación a la universidad, se han implementado reuniones con los padres de familia o acudientes de los estudiantes, al inicio del primer semestre, para concientizarlos del rol que cada uno juega en el proceso de crecimiento y aprendizaje, no sólo a nivel académico, sino también a nivel personal, lo que se espera contribuya a la promoción de unas relaciones familiares sanas, en las cuales la confianza y la comunicación son indispensables.

### ***Experimentar vivencialmente***

La segunda fase del PPI consiste en experimentar vivencialmente. Se trata de una experiencia de apertura radical del sujeto como individuo y comunidad a toda la realidad (Granados, 2011). Para ello, la facultad de ingeniería tiene una variedad de procesos asociados a cada una de las carreras y a las dos modalidades de admisión: los estudiantes admitidos de manera preferencial por sus excelentes resultados en la prueba Saber 11 y los estudiantes admitidos luego de aprobar un proceso de entrevistas.

Debido a que los aspirantes realizan su inscripción a través de internet, se han definido diferentes actividades y espacios complementarios en los cuales los directores de carrera y profesores puedan conocerlos; ello permite no limitar el contacto personal con ellos e incluso subsanar el hecho que no visiten inicialmente la Universidad. En ingeniería civil, electrónica y de sistemas se realizan reuniones con los admitidos preferenciales, permitiendo que se generen espacios para que conozcan aspectos adicionales de la Universidad, de la carrera y de la profesión así como a algunos docentes y a los directores de carrera.

Las entrevistas, aunque con algunas diferencias en cada una de las carreras, tratan de evaluar, ante todo, la vocación profesional de los aspirantes, su proyección, el gusto por las matemáticas, la física y la resolución de problemas, así como identificar algunas características de personalidad, habilidades de comunicación, trabajo en equipo y sensibilidad social.

Dentro de esas diferencias en el espacio de experiencia de las entrevistas, se puede anotar que, en ingeniería electrónica, se forman grupos de ocho a diez estudiantes que desarrollan ciertas actividades y dinámicas con el fin de conocer la respuesta de los aspirantes y verificar que su perfil académico y su motivación

son los esperados por el programa. En ingeniería de sistemas, aunque se definen grupos más pequeños, de tres personas, se fortalece, de igual manera, el tipo de dinámicas desarrolladas dentro de la entrevista para obtener el mismo fin de verificar la motivación y la vocación del estudiante, además de los aspectos generales mencionados anteriormente. En ingeniería civil e ingeniería industrial, las entrevistas se realizan en grupos de tres aspirantes y son orientadas por un profesor de la disciplina correspondiente y una psicóloga. Durante períodos que oscilan entre cuarenta y cinco minutos y una hora, los entrevistadores generan espacios de trabajo en grupo y discusión de temas específicos de la disciplina que permitan evaluar ciertas habilidades de los aspirantes, importantes para quienes sean estudiantes de la PUJ.

Una vez los estudiantes de las distintas carreras son admitidos y conscientes de la serie de cambios que enfrentan al iniciar sus estudios universitarios, la PUJ dedica una semana, previa al inicio de clases, a la inducción de neojaverianos de todos los programas de la universidad. Esa semana de inducción, en el caso de la facultad de ingeniería, está coordinada por la decanatura del medio universitario, y quienes están más tiempo en contacto con los neojaverianos son estudiantes de semestres superiores. En este punto es importante resaltar que los estudiantes de los semestres superiores, que apoyan la semana de inducción, deciden de manera voluntaria dedicar su tiempo a orientar y ayudar a los neojaverianos en su proceso de conocimiento del campus, de sus nuevos compañeros, de sus profesores y del funcionamiento de la Universidad. En ingeniería, la programación de esos días incluye diversas actividades y dinámicas en salones de clase, auditorios, salas de cómputo, que finalizan con un trabajo físico en la cancha de fútbol, lo que les permite no sólo conocer y aprovechar el campus de diferentes maneras, sino también familiarizarse con sus nuevos espacios y con las personas que les pueden brindar colaboración y guía.

### ***Reflexionar sobre la experiencia***

En esta tercera fase del PPI es vital preguntarse por los resultados y la experiencia obtenida como respuesta a estas primeras actividades y espacios brindados por la institución ante el perfil de nuestros estudiantes de ingeniería.

Inicialmente, y de manera general en ingeniería, se observa que, durante los primeros periodos académicos, los estudiantes buscan “encajar” dentro de su nuevo grupo de compañeros, para lo cual muchas veces se sienten forzados a actuar de maneras diferentes a las que anteriormente venían actuando. Por esta razón, durante los primeros semestres (generalmente los cuatro primeros), los rendimientos académicos de los estudiantes son muy fluctuantes y allí es donde se

presenta mayor nivel de deserción y de pruebas académicas. Adicionalmente, los estudiantes están pasando por cambios sociales y personales que los hacen mucho más sensibles a las situaciones del entorno.

En ese contexto, a pesar de las diversas actividades realizadas por las distintas carreras de la facultad en el proceso de admisión y de inicio a la vida universitaria, de acuerdo con los rasgos del perfil del estudiante de los primeros semestres, algunas observaciones han permitido encontrar que aun con los esfuerzos realizados sigue existiendo una serie de circunstancias y resultados como los siguientes:

- Alto número de retiros en asignaturas nivelatorias en primer semestre
- 50% de los neojaverianos (estudiantes de primer semestre) quedan en primera prueba académica
- Baja asistencia a consejería académica
- Poca asistencia a actividades académicas no curriculares.
- Niveles de deserción que se mantienen en un rango del 30% al 33%
- No continuidad en procesos de asesoría psicológica iniciados voluntariamente por los estudiantes.
- Muy pobre comunicación entre estudiantes con problemas académicos y sus padres.

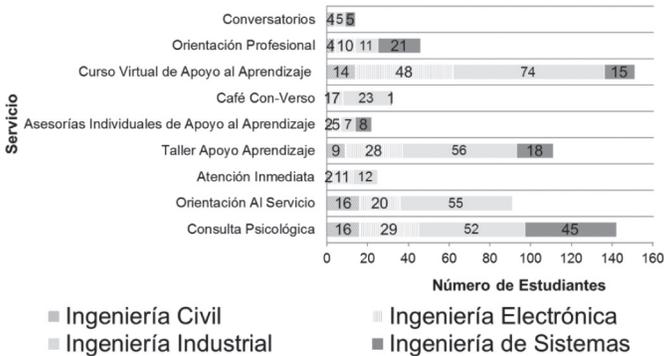
### ***Actuar consecuentemente***

Como medida para corregir estas situaciones, de acuerdo con la cuarta fase del PPI, se han desarrollado, en conjunto con la vicerrectoría del medio universitario, actividades como las jornadas de transición con neojaverianos, programas de consejería académica, consulta psicológica, conversatorios, ciclos de apoyo al aprendizaje, programa de “tómate el control” (para temas de consumo de alcohol), cafés con-verso (programa dirigido especialmente a estudiantes que proceden de fuera de Bogotá), cursos de orientación profesional, en las cuales la facultad de ingeniería y sus estudiantes han demostrado una alta participación, como se puede observar en la gráfica 5.

Así mismo, se han implementado las siguientes actividades: reunión con acudientes y estudiantes en prueba académica, reuniones periódicas de análisis de resultados con los departamentos de física y matemáticas, cursos de docencia para los profesores, entre otros.

En este punto vuelve a ser clave la experimentación vivencial que para la vida universitaria en la PUJ involucra el desarrollo del ser humano en sus diferentes dimensiones: ética, espiritual, cognitiva, afectiva, comunicativa, estética, corporal

y socio-política<sup>5</sup>; de tal forma que el estudiante no se limite a ser un ingeniero, sino que pueda sentirse plenamente impulsado en sus intereses particulares.



Gráfica 5. Número de estudiantes que han utilizado los servicios de asesoría psicológica por programa de ingeniería (2008, 2009, 2010)

Como actividades adicionales, asociadas a dicha experimentación vivencial y teniendo en cuenta las 18 facultades de la Universidad, de manera permanente se promueve el deporte, a través de la organización de diversos torneos durante el primer semestre y el desarrollo de unas olimpiadas oficiales en el segundo semestre de cada año. Los estudiantes de la facultad de ingeniería han sido campeones generales de las olimpiadas durante diez años, hasta el 2009; en el 2010 la facultad resultó subcampeona. Dentro del perfil de los estudiantes de ingeniería se resaltan todas aquellas cualidades no sólo deportivas sino también artísticas que se intentan favorecer. Los grupos artísticos organizados por la Vicerrectoría del Medio Académico tienen convocatorias semestrales que permiten a los estudiantes participar activamente como protagonistas o espectadores en presentaciones culturales y artísticas. Todos estos eventos son de libre acceso y se llevan a cabo en los diversos espacios y auditorios de la Universidad.

Otras posibilidades que brinda la Universidad a todos sus estudiantes son los espacios de trabajo y estudio. La biblioteca de la Universidad está acondicionada para brindar durante varias temporadas en el semestre un servicio a lo largo de las 24 horas del día, de lunes a viernes, y en jornadas especiales los fines de semana. La apertura de salas de trabajo individual y grupal permite, precisamente, generar espacios adecuados al estudiante para su desarrollo académico.

<sup>5</sup> Asociación de Colegios Jesuitas de Colombia (ACODESI)(2003), *La formación integral y sus dimensiones*, Bogotá, Kimpres LTDA. Tercera edición.

Desde el punto de vista del plan de estudios, una respuesta al perfil de los estudiantes, de las nuevas generaciones, y no sólo de ingeniería, tiene que ver con la flexibilidad curricular. El 10% de los créditos académicos está diseñado para tomar asignaturas de cualquier otra disciplina diferente a la principal, teniendo un catálogo superior a 700 alternativas. Un 20% entre asignaturas de complemento de la formación de los estudiantes y de profundización en su área principal, facilitan una selección acorde con los gustos e intereses particulares de cada uno de los estudiantes. Estos espacios académicos evaluados como cualquier asignatura del núcleo de formación fundamental, permiten intercambios y diálogos interdisciplinarios orientados por profesionales. Estas opciones de selección requieren que los estudiantes estén siempre asesorados por un consejero académico que es asignado a cada estudiante desde su ingreso. Esta persona se constituye además en otro colaborador del proceso de formación del estudiante. Por otro lado, si bien los estudiantes tienen dichos consejeros académicos asignados, el director de la carrera se convierte en un consejero de apoyo en casos especiales, de cada entorno y de cada circunstancia de los estudiantes vulnerables, que aparentan fortaleza por ser ya, algunos, mayores de edad, pero continúan siendo vulnerables. Un muy alto porcentaje del tiempo de los directores de carrera está dedicado a la atención de estudiantes, aunque en ocasiones sea necesario remitirlos a los programas o espacios especiales de apoyo tales como la asesoría psicológica, pues los problemas académicos frecuentemente están asociados a situaciones emocionales que les afectan.

### ***Evaluar la acción y el proceso seguido***

Como última fase del PPI, se hace un análisis de todo el proceso desplegado en los últimos años para brindar a los estudiantes las bases y el apoyo necesarios para que desarrollen con éxito sus metas tanto personales como académicas y que nos permiten cumplir con nuestros objetivos de formación en la PUJ.

Una manera de evaluar estas acciones y el proceso seguido es relacionarlos con la formación integral, que, aunque es un término ambiguamente definido, puede resumirse en 4 dimensiones –las cuales pueden englobar las más de 12 existentes– siguiendo, en parte, los principios elaborados por Ned Herman en su teoría *Whole brain thinking*<sup>6</sup>.

- a. La racional, demostrada por datos y hechos, evidenciada en la buena retroalimentación y aceptación de los empleadores y recepción por parte de programas de posgrado a nivel mundial. Lo anterior se muestra con datos concretos, por ejemplo:

---

<sup>6</sup> Para mayor referencia, el lector puede revisar [www.herrmann.com.au](http://www.herrmann.com.au)

- En la prueba Saber Pro (ECAES: examen de calidad de la educación superior), compilando resultados del 2006 al 2010, 33 estudiantes de la facultad de ingeniería javeriana han aparecido entre los diez primeros lugares. Destaca ingeniería electrónica con 21 estudiantes.
  - El reconocimiento internacional otorgado a la facultad de ingeniería, como coordinador de la región Latinoamérica para la iniciativa CDIO7 liderada por la facultad de ingeniería aeroespacial del MIT.
- b. La formal, orientada al reconocimiento de reglas y límites, y las razones para respetarlas, que han generado cada vez mayor claridad en procedimientos y directrices para el mejoramiento de la convivencia de los diferentes actores universitarios. Muchos de los espacios y actividades generadas han permitido reconocer las inquietudes de los estudiantes y arrojan luces sobre qué aspectos cambiar en las políticas de facultad y en la relación con los profesores.
- c. La social o relacional, en donde las acciones estuvieron encaminadas al fortalecimiento del trabajo en equipo y la adaptabilidad a grupos humanos cuyo objetivo es la realización de proyectos. Así mismo, se enfocaron a generar espacios donde los estudiantes reconozcan en el otro la validez de sus ideas y pensamientos; en otras palabras, la generación de conciencia individual y colectiva.
- d. La proyectiva, orientada a que los estudiantes den un sentido y una aplicación a todo lo que están realizando. Se evidencia en la cada vez mayor vinculación laboral de los egresados, en el aumento en las opciones de práctica profesional, en el acercamiento con las empresas y en la inversión en tiempo y dinero que éstas hacen en la facultad, en el incremento en el número de egresados con posgrados en ingeniería y otras áreas afines.

Finalmente, a manera de conclusión, también, se pueden mencionar tres aspectos importantes:

- Hay un sentir de que los procedimientos realizados han logrado mantener estables los índices de deserción y abandono, y el número de estudiantes con resultados académicos bajos.
- El conocimiento de la cultura juvenil ha permitido entender las particularidades de dicha cultura que hacen pensar en procesos de acompañamiento más robustos y que involucran más integralmente a la persona.

---

<sup>7</sup> Más información en [www.cdio.org](http://www.cdio.org). CDIO se refiere a las siglas de Concebir, Diseñar, Implementar y Operar, y resume un nuevo paradigma en la enseñanza de ingeniería y su orientación a las competencias.

- Es claro que la universidad potencia los talentos y los principios de las personas; pero la motivación, la actitud y los valores tienen raíces anteriores a la universidad.

Sin embargo, y aunque en ingeniería se espera que los procesos sean medibles, no todos los beneficios y falencias generadas por la realización de las actividades mencionadas en esta comunicación pueden ser observables y, por ende, medibles. Por ejemplo, influir en las relaciones afectivas entre los estudiantes y su familia, cómo se mejora o empeora el diálogo intrafamiliar, qué aspectos de todos los propuestos finalmente despiertan la motivación de un estudiante... En todo caso, la facultad de ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, hace unas apuestas creyendo en unos principios y con una intención loable que, de acuerdo con las conversaciones con estudiantes, egresados y empleadores, nos permite dar fe de que la orientación a la excelencia está presente y queda en las mentes y corazones de quienes pasan por el medio universitario de la ingeniería javeriana.

## **Referencias**

### *Libros*

- Asociación de Colegios Jesuitas de Colombia ACODESI (2003), *La formación integral y sus dimensiones*. Bogotá, Kimpres LTDA. Tercera edición.
- Herrmann, Ned. (1996). *The whole brain business book*. McGraw Hill, New York.

### *Fuentes electrónicas*

- Granados, L. F. (2011). Reflexiones educativas y pedagógicas con inspiración ignaciana PARADIGMA PEDAGÓGICO IGNACIANO P. Consultado el 14 de abril de 2011.
- <http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Educacion/08/docs-generales/REFL-PED-IGN.pdf>
- The CDIO™ INITIATIVE. Innovative educational framework for producing the next generation of engineers. Consultado el 30 de mayo de 2011. <http://www.cdio.org/>
- Herrmann International, Asia. Consultado el 30 de mayo de 2011. [www.herrmann.com.au](http://www.herrmann.com.au)

### **3. Sistema de seguimiento estudiantil: elemento clave en el proceso de formación del estudiante del programa de ingeniería de sistemas y tecnología en informática de Uniminuto**

*Elkin Leandro Velásquez Pesca, Luis Fabián Hidalgo Muñoz, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Uniminuto*

#### **Resumen**

La educación superior, entendida como la articulación institucional y los procesos de aprendizaje de los estudiantes luego de culminar el proceso de educación secundaria, se ha convertido en una preocupación general a nivel gubernamental y de los padres de familia y tutores, que ven cada vez más la necesidad de instruir y educar para la vida a sus representados. Esta educación se lleva a cabo en instituciones de educación superior y centros de formación avalados por el Ministerio de Educación Nacional. Sin embargo muchos de ellos no proponen una relación directa entre lo que enseñan, el modelo de desarrollo y lo que realmente se plantean lograr a lo largo de un determinado tiempo de formación. Con el fin de lograr una articulación entre estos tres aspectos, el programa de ingeniería de sistemas y tecnología en informática de Uniminuto, se ha propuesto la construcción de un sistema de seguimiento estudiantil que permita conocer las fortalezas, debilidades y necesidades de apoyo de los estudiantes, a nivel académico y personal, con el fin de proyectar acciones concretas de mejoramiento, así como verificar la coherencia del modelo de enseñanza del programa y de la institución en general. El desarrollo de este trabajo se basa en el modelo praxeológico de nuestra corporación universitaria, que propende por el aprender haciendo, orientando los resultados a una formación integral de nuestros estudiantes, libres, creativos y felices, con una fuerte responsabilidad social.

#### **Marco referencial**

##### *Programas de Pregrado en Uniminuto*

- Ingeniería civil
- Ingeniería agroecológica
- Ingeniería industrial (en convenio con la Universidad de Ibagué)
- Ingeniería de sistemas
- Tecnología en logística
- Tecnología en electrónica (en proceso de acreditación)
- Tecnología en informática (con acreditación de alta calidad)
- Tecnología en redes y seguridad informática

## Caracterización de los estudiantes de Uniminuto

Género		Estratos		Horario	
Mujeres	53%	Estrato 1	6%	Noche	50%
Hombres	47%	Estrato 2	51%	Tarde	5%
		Estrato 3	41%	Mañana	45%

Uniminuto, como corporación universitaria que trabaja en bien de las comunidades más vulnerables de nuestra región, ha estipulado en su misión institucional ofrecer educación superior de alta calidad, de fácil acceso, integral y flexible, para formar profesionales altamente competentes, éticamente responsables, líderes de procesos de transformación social para construir un país justo, reconciliado, fraternal y en paz<sup>8</sup>. Nuestra institución se proyecta bajo la premisa “educación de calidad para todos”, dando la posibilidad a aquellos que por diversas razones no han podido acceder a la educación superior, de formar parte del selecto grupo de personas que, en periodos de tres y cinco años, pueden convertirse en los actores de los cambios que necesitan Colombia y el mundo. Para ofrecer la posibilidad de cambio y de formación integral que propone nuestra visión institucional, el programa de ingeniería de sistemas se ha propuesto identificar las características de personalidad, intereses y competencias de los aspirantes, con el fin de orientar sus acciones a un mejor desempeño académico y una adecuada orientación Individual.

El proceso de identificación del perfil de los estudiantes de ingeniería ha sido una labor muy pocas veces abordada por instituciones de educación superior. En muchas ocasiones lo que se pretende es intensificar los procesos de selección de los mejores para el ingreso o la estructuración de exámenes de admisión para filtrar las opciones de acceso. Muy pocas entidades privadas y oficiales ofrecen procesos de seguimiento y evaluación que puedan servir de base para el mejor desempeño de hombres y mujeres en su vida laboral, familiar, intelectual y social, como parte indispensable para el desarrollo nuestro país. Un punto fundamental de trabajo ha sido la búsqueda de la coherencia entre nuestro modelo educativo y las necesidades reales de nuestro contexto.

### Metodología de trabajo

Este proyecto se ha estructurado en cuatro ítems de desarrollo, con el objeto de abordarlo con un enfoque deductivo y sistémico. La primera etapa del macro

<sup>8</sup> Misión Institucional UNIMINUTO

proyecto genera en sí un nuevo proceso de investigación, el “modelo funcional de seguimiento estudiantil”, el cual se desglosa y amplía en líneas subsiguientes. Sin embargo, el mapa global deja ver otros componentes como son la apropiación del modelo praxeológico por parte de la comunidad educativa del programa, la apropiación de las competencias en el proceso de aprendizaje y la correlación del perfil del matriculado en primer semestre con el del egresado.

El sumario de evaluación debe ser precedido, si se desea alcanzar el objetivo propuesto, por un proceso de seguimiento de los estudiantes en el que se proceda a evaluar si las condiciones de enseñanza - aprendizaje de los estudiantes están acordes con las políticas de la institución, el currículo formal propuesto, las necesidades de organizaciones empresariales y del país. Se hace necesario iniciar un trabajo continuo, contante y efectivo sobre el perfil del estudiante que comienza una carrera universitaria. En el caso de la tecnología en informática (programa acreditado de alta calidad) y de ingeniería de sistemas, se ha establecido la aplicación de instrumentos psicotécnicos (pruebas sistematizadas y estandarizadas) que permitan analizar los intereses, personalidad y competencias (académicas y laborales) de las personas que inician la carrera, posibilitando una información clara para relacionar con mediciones hacia la mitad del proceso de formación y con evaluaciones a egresados o próximos a graduarse. Este proceso estará acompañado de entrevistas individuales que permitan ampliar y corroborar diferentes aspectos.

Para lograrlo se pretende aplicar tres tipos de pruebas: la CIPSA que mide intereses vocacionales; la I6 PF-5 que permite obtener información sobre rasgos de personalidad; y la BIP sobre competencias profesionales. Además nos apoyamos en datos obtenidos por el proceso de trabajo que desarrolla el departamento de asuntos estudiantiles, con relación a: apoyo académico, orientación vocacional y profesional, y apoyo psicológico. Este proceso permitirá identificar si los gustos por el área de informática o de las ciencias exactas al iniciar la carrera tecnológica o profesional, se relacionan con el buen desempeño del estudiante a lo largo de su formación y si las características de personalidad favorecen un mejor aprendizaje. Además se podrá vislumbrar la mejor manera de orientar la enseñanza de competencias de acuerdo con en estos resultados. Una segunda fase nos llevará a correlacionar los procesos de aprendizaje con base en competencias y evaluar si estos hechos están acordes con el modelo pedagógico propuesto y con las acciones que nuestros docentes ejecutan en su labor como maestros. El fin primordial es conocer el desempeño académico del estudiante desde su integralidad, para determinar las falencias, debilidades y fortalezas que puedan afectar el cumplimiento del objetivo del programa, haciendo buen uso de los recursos que la misma institución les brinda y que tiene como fundamento el cumplimiento del modelo praxeológico. Pero, ¿en qué consisten, el quehacer y la función del maestro? ¿Qué nivel de responsabilidad

y autonomía tienen en el proyecto educativo que desarrolla una institución de educación? ¿Qué cambios en el proceso de aprendizaje y enseñanza son posibles desde su quehacer profesional?<sup>9</sup> Estos son los interrogantes que se plantean en la búsqueda de coherencia entre lo que se pretende que el estudiante aprenda y lo que ofrece la universidad, es decir, nos permiten entrar en el proceso praxeológico e inacabado, de la construcción del conocimiento pedagógico.<sup>10</sup>

### ***Análisis de la experiencia***

Diferentes unidades de trabajo en Uniminuto, han venido aplicando una serie de estrategias para optimizar la formación y minimizar la deserción estudiantil. Aunque es destacable la importancia de dicha labor, sin embargo se ha identificado que los esfuerzos en ese sentido se han efectuado de manera aislada e independiente, lo que ha generado redundancia en algunas de las funciones y poca uniformidad en los criterios para la consecución de sus objetivos. Por lo anterior, se propone desarrollar en el programa de tecnología en informática e ingeniería de sistemas, como punto de partida para extrapolar luego a toda la facultad, un modelo que incluya de forma sistémica, es decir, organizada y consecuente, todas aquellas estrategias que lleven a optimizar el desempeño académico y en general la formación integral del estudiante. En el sistema de seguimiento se perciben claramente varias ramas que se desprenden del macroproyecto. Entre ellas se pueden citar la orientación profesional de los estudiantes, el desarrollo de la prospectiva del programa, la actualización permanente del perfil profesional del estudiante y, por supuesto, el seguimiento al desempeño académico de los estudiantes, ajustado a los lineamientos promulgados por el programa y la institución.

### ***Logros***

Mediante su implementación, se visualizan los siguientes logros que respaldarán la gestión del programa:

- Contar con una herramienta que permita de manera sistemática conocer el progreso del estudiante.
- Lograr anticipar el flujo de futuros egresados y acelerar los procesos de egreso.
- Favorecer el trabajo de las unidades académicas y proporcionar al estudiante la opción de gestión y optimización de su malla curricular.

---

<sup>9</sup> Juliao, Carlos. El imposible pero necesario oficio de ser maestro. Revista Interacción N°. 53 - Sección educación y sociedad. Bogotá, 2011. Disponible en <http://www.cedal.org.co/>

<sup>10</sup> Ibid

- Contar con mayor y mejor calidad de información orientada a los actores involucrados quienes estarán informados en cada etapa del proceso.
- Acompañamiento permanente al estudiante de primer semestre, mediante programas de seguimiento y tutorías por docentes.

#### **4. Experiencia de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá**

*Gerardo Rodríguez Niño, Universidad Nacional de Colombia*

##### **Introducción**

A partir de los estudios de la reforma curricular en ingeniería y la experiencia del programa COMFIE en su componente “articulación con la academia” para la carrera de ingeniería electrónica, se constituyó un equipo interdisciplinario entre ingeniería y psicología en la facultad de ingeniería, que diseñó, implementó y evaluó un proyecto de investigación, direccionado hacia el proceso adaptativo de los estudiantes que ingresan a la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Teniendo en cuenta que el primer año de vida universitaria es determinante para la deserción o permanencia académica y debido a la heterogeneidad con que ingresan los admitidos a la facultad, la adaptación a la vida universitaria juega un papel importante en el desempeño académico.

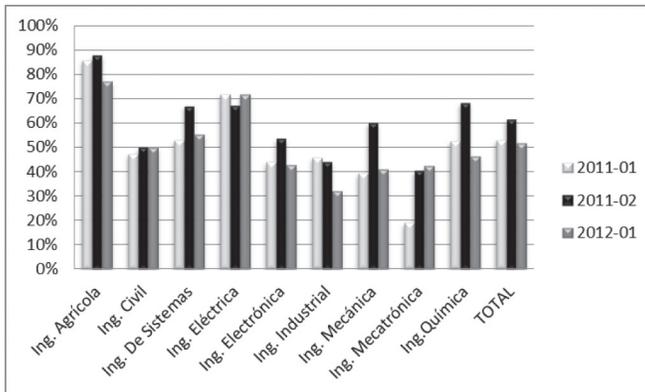
Para trazar estrategias que permitan mejorar la adaptación y reducir los índices de deserción y repitencia de los estudiantes de la facultad en el primer semestre, se realizó una caracterización de los estudiantes que ingresan a la facultad de ingeniería. Esta caracterización de admitidos permite tener una visión general de los nuevos estudiantes que son admitidos a la facultad y de las posibles estrategias a implementar.

##### **Caracterización**

La facultad de ingeniería durante los procesos de admisión comprendidos desde el segundo semestre del año 2008 hasta el primer semestre del 2012, ha recibido en sus nueve programas de pregrado en ingeniería un total de 5755 nuevos estudiantes. Esta gran población tiene un nivel diferenciado de capitales académicos, sociales y culturales, lo que representa un reto de formación para la facultad.

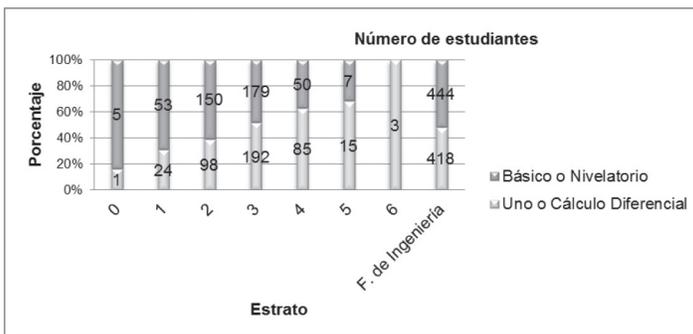
Los programas de ingeniería se caracterizan por su alto contenido en la componente matemática, por lo que es importante conocer el capital académico con que ingresan los estudiantes. La Universidad Nacional ha dispuesto en esta área, como etapa posterior al proceso de admisión, pruebas clasificatorias en inglés y diagnósticas en lectoescritura y matemáticas, para determinar cuáles de los estudiantes admitidos

deben tomar cursos de nivelación en matemáticas o lectoescritura, y definir el nivel de inglés que deben cursar. La gráfica 1 muestra los resultados de las pruebas de clasificación en matemáticas (porcentaje de estudiantes que deben tomar el curso de nivelación) de las tres últimas cohortes de admitidos.



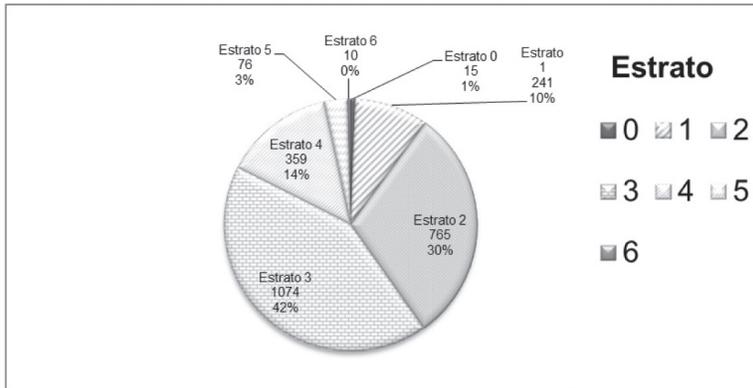
Gráfica 1. Porcentaje de estudiantes admitidos en la facultad de ingeniería en los periodos 2011-01, 2011-02 y 2012-01 que deben tomar el curso de nivelación en matemáticas.

Históricamente, más de la mitad de los estudiantes que ingresan en la facultad, deben tomar el curso de nivelación de matemáticas básicas en el momento de iniciar sus estudios en ingeniería, lo cual plantea un interrogante con respecto al nivel con que las instituciones de educación media secundaria están formando a sus estudiantes en el área de matemáticas. Se encuentran extremos, como el caso de ingeniería agrícola en el que el porcentaje de estudiantes que deben nivelar matemáticas es de alrededor del 80%. Por otro lado, hay una relación entre los resultados de este examen clasificatorio y el nivel socioeconómico de los admitidos, tal como lo ilustra la gráfica 2.



Gráfica 2. Resultado del examen de clasificación en matemáticas para los estudiantes admitidos al periodo académico 2012-01 diferenciado por estrato social.

Se observa que la gran mayoría de los estudiantes que deben tomar el curso de nivelación proceden de los estratos 2 y 3. La distribución de los estudiantes admitidos, diferenciados según su estrato socioeconómico, se ilustra en la gráfica 3, en donde se evidencia que la población que ingresa a la facultad de ingeniería en su mayoría pertenece a los estratos 2 y 3.



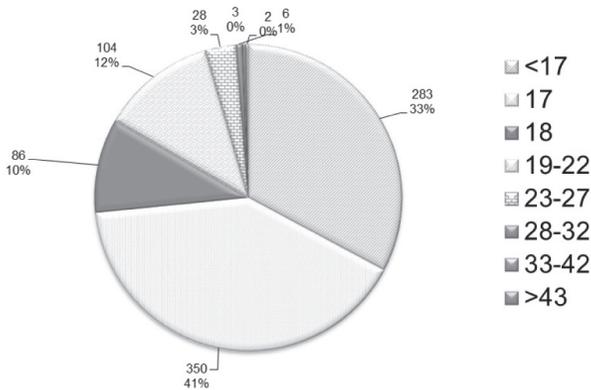
Gráfica 3. Distribución por estrato de los admitidos a la facultad de ingeniería en las cohortes 2011-01, 2011-02 y 2012-01

Al tener más del 70% de los admitidos en la población que presenta los mayores problemas en matemáticas, se hace necesario un plan diferenciado de apoyo que permita, desde el ingreso a la universidad, acortar las brechas y nivelar a los estudiantes desde el punto de vista académico<sup>11</sup>.

Además de la ubicación socioeconómica, es de interés conocer la edad de los estudiantes que ingresan a la facultad. La media de edad de ingreso ha venido disminuyendo. Más del 70% de los admitidos son menores de edad. Por lo tanto, el reto que tiene la facultad para guiar la adaptación de los estudiantes a la vida universitaria es mayor en la medida en que personas más jóvenes entran en la Universidad.

El nivel académico, el estrato social y la edad son tres de las muchas variables que hacen de la población de admitidos un grupo bastante heterogéneo, que, semestre a semestre, presenta necesidades y atención diferenciadas, que obligan a la facultad a establecer estrategias que permitan nivelar a los estudiantes para que su desempeño académico sea el adecuado.

<sup>11</sup> El estrato 0 corresponde a estudiantes que según su procedencia no están clasificados socioeconómicamente, o cuya información no estaba disponible en el momento de hacer la consulta.



Gráfica 4. Distribución por edades de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, admitidos para 2012-01

### Valores de los estudiantes

Mediante un estudio longitudinal con cuatro cohortes y cuatro fases que comprendió evaluación, diagnóstico de la población y diseño de la metodología; aplicación y ejecución; monitoreo y ajustes; y una fase final de evaluación de resultados con una propuesta de plan de acción, iniciamos, a partir del segundo semestre del 2008 un plan piloto para tres carreras. Como un adelanto de lo que será la exposición del diseño y los resultados del estudio que estamos llevando a cabo, a partir del proceso diagnóstico mediante la encuesta Dechema con egresados de ingeniería y del cuestionario a estudiantes primer semestre que diseñamos, se identificaron las competencias que requerían desarrollarse: 47% destacó el temor para hablar en público como una de las necesidades mayores, 42% manifestó problemas de “autoconfianza” y el 32% reportó dificultades para trabajar en equipo e integrarse a grupos.

Al mismo tiempo y con el fin de identificar los valores con los cuales el estudiante ingresa, se llevó a cabo un estudio preliminar, de carácter descriptivo, con una muestra de 432 estudiantes de primer semestre de la facultad de ingeniería, el cual estamos sistematizando en este momento. Como resumen del mismo se puede mencionar que los estudiantes otorgan al respeto el mayor reconocimiento, denominándolo “valor madre”, por cuanto éste se consideró como punto de referencia; la honestidad ocupa un segundo lugar para el 75% de los estudiantes, y la responsabilidad el tercero para el 69%; valores como tolerancia, solidaridad, humildad están en un intervalo de importancia entre el 26% y el 36%.

Comparando estos valores con los del país, en general los estudiantes afirman que, aunque “se ven cada vez más campañas para mejorar estos valores”, sin embargo “los medios de comunicación tienden a contradecir los valores y hacer creer que sin ellos se puede vivir normalmente”.

## **Programas implementados**

Al ser evidente la heterogeneidad que presentan los estudiantes que ingresan a la facultad de ingeniería en cuanto a su nivel académico y sociocultural, la Universidad Nacional ha implementado programas de Bienestar de Sede para responder a las necesidades de la población estudiantil, entre los cuales está el programa de acompañamiento integral (estudiantil), del cual a su vez depende el programa de acompañamiento académico.

La facultad de ingeniería unió sus estudios del proceso de reforma del año 2007 con los estudios del programa COMFIE y así, interdisciplinariamente, psicología e ingeniería diseñaron una metodología propia para el proceso adaptativo de los estudiantes de primer semestre de la facultad, conservándose la sigla de COMFIE, la cual se desarrolla en la asignatura de Introducción a la ingeniería<sup>12</sup>. En este momento es un programa central de las áreas curriculares que depende directamente de la vicedecanatura académica de la facultad de ingeniería. A partir del primer semestre de 2011, el programa COMFIE se extendió a los nueve programas de pregrado.

A los estudiantes admitidos les fue asignado un profesor consejero, de tal manera que cada profesor tendría entre 5 y 12 estudiantes bajo la figura de aconsejados durante la realización de sus estudios. Apoyados en los programas de acompañamiento diseñados por la Dirección de Bienestar se espera establecer una relación más cercana entre los estudiantes y el cuerpo docente, así como brindar a los estudiantes información de primera mano con respecto a sus planes de estudio y a las rutas académicas de su programa curricular.

Se estableció un programa de monitorías en las asignaturas de matemáticas básicas, cálculo diferencial, álgebra lineal, principios de química y química básica, para cada uno de los programas de pregrado en ingeniería, en las que, estudiantes de las mismas carreras, de semestres avanzados, en conjunto con estudiantes de ciencias (pre y posgrado) adelantan sesiones de resolución de dudas y preparación de problemas con aplicaciones relacionadas con cada uno de los programas de pregrado.

Para apoyar el proceso de adaptación de los estudiantes que ingresan a la facultad, se diseñaron cartillas de presentación de cada uno de los programas curriculares de pregrado, las cuales se entregaron durante la semana de inducción a los admitidos de cada carrera en la reunión con los profesores consejeros. Igualmente, como complemento a las cartillas, se unificaron, diseñaron e imprimieron las mallas curriculares de los programas de pregrado, actualizados a la reforma académica.

---

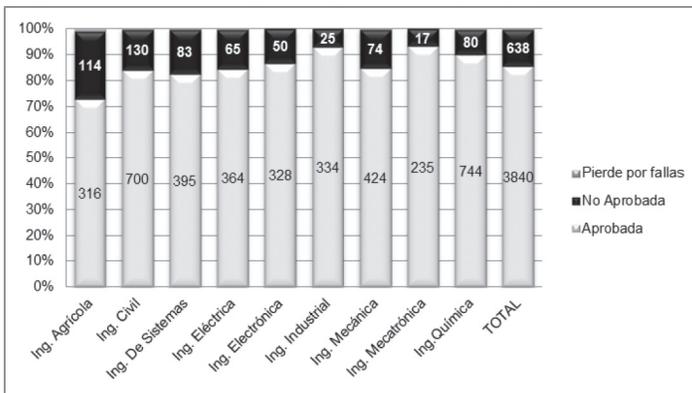
<sup>12</sup> Cada uno de nueve programas de pregrado tiene en su primer semestre la asignatura introducción a la ingeniería diseñada para contextualizar a los estudiantes en sus respectivas carreras.

## Resultados

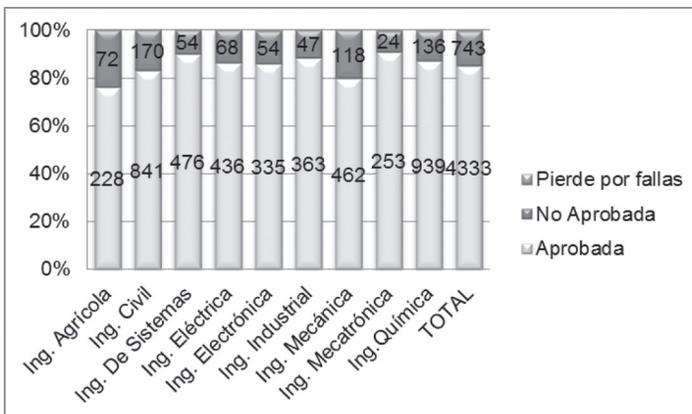
Los resultados de los programas implementados se han medido a través de la deserción y repitencia de los estudiantes de primer semestre, en los nueve programas de pregrado de la Facultad.

### Deserción y repitencia

Se revisó estadísticamente la pérdida de asignaturas de los estudiantes de primer semestre, para lo cual se tomaron todas las asignaturas inscritas por los estudiantes, en las cohortes 2010-02 y 2011-01, discriminadas entre aprobadas, no aprobadas y perdidas por fallas. Las gráficas 5 y 6 muestran los resultados.

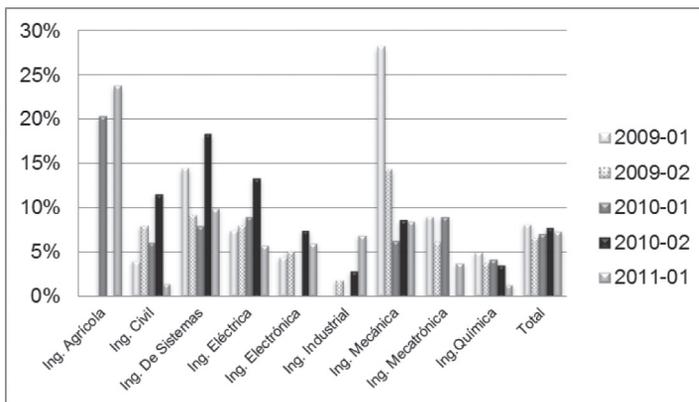


Gráfica 5. Distribución de los resultados de las asignaturas inscritas por los estudiantes de primer semestre en el segundo semestre de 2010



Gráfica 6. Distribución de los resultados de las asignaturas inscritas por los estudiantes de primer semestre, 2011-I

Los comportamientos en las dos cohortes son muy similares: son marginales las asignaturas que se pierden por fallas, y, en términos generales, el rendimiento de los estudiantes es muy bueno, ya que el porcentaje de asignaturas aprobadas por los estudiantes de primer semestre es superior al 80%. El programa de ingeniería agrícola presenta el índice de pérdida de asignaturas más alto (entre el 25% y el 30% en los dos periodos), mientras que en ingeniería mecatrónica el índice de pérdida no llega al 10%, lo que sugiere planes de acompañamiento diferenciados por programa, que traten de disminuir positivamente estas diferencias. Finalmente se revisaron los estudiantes de primer semestre que pierden su calidad por presentar un bajo Promedio Académico Ponderado Acumulado (P.A.P.A. < 30). Los resultados se ilustran en la gráfica 7.



Gráfica 7. Porcentaje de estudiantes de primer semestre de la Facultad de Ingeniería que pierden calidad de estudiantes.

Se ha presentado una mejoría y estabilización en los índices de pérdida de calidad de estudiante. Resaltan los resultados de ingeniería mecánica que pasó de tener un nivel de pérdida de calidad de estudiante cercano al 30% en 2009-01, a valores inferiores al 10% en los últimos semestres. En general, menos del 10% de los estudiantes que ingresan a la facultad pierden la calidad de estudiante en su primer semestre, lo cual representa un resultado positivo en los procesos de seguimiento implementados a los admitidos a la facultad de ingeniería, en el papel que juega la asignatura *Introducción a la ingeniería* en la adaptación de los estudiantes, en el compromiso de los docentes de esta asignatura y en el programa COMFIE.

# Conferencia

## **Cómo se forma un ingeniero, papeles de la escuela y de la práctica**

Daniel Reséndiz Núñez

Después de haber escuchado la conferencia del doctor Fernando Broncano<sup>1</sup>, inicio mis palabras con una reflexión sobre sus planteamientos. Comentaba con él, al término de su brillante presentación, que estaba sorprendido, porque después de muchos años de discutir con muchísima gente sobre estos temas, en particular con filósofos como él, encontraba por primera vez una coincidencia sin necesidad de aproximaciones sucesivas. Fue realmente sorprendente y grato encontrar esa coincidencia. Tengo muchos amigos filósofos, tanto mexicanos como de otras nacionalidades, entre ellos Fernando Savater, y con todos ellos he tenido ocasión de discutir diversos temas, entre otros lo que es la ingeniería, lo que hacen y lo que no hacen los ingenieros, etc. Pues bien, esta es la primera vez que un filósofo, espontáneamente, expresa delante de mí ideas con las que coincido plenamente, lo que ustedes notaran en la presentación que voy a hacer.

### **Cómo se forma un ingeniero**

Esta cuestión obviamente interesa a multitud de personas, como las que estamos aquí, y a otras que no se encuentran hoy en esta sala. Interesa en primer lugar a las escuelas de ingeniería; pero también interesa a las empresas y a las organizaciones en las que laboran los ingenieros, e interesa a los ingenieros en general. La respuesta a esta pregunta no es un enunciado que podamos improvisar. Hay una larga tradición al respecto, una tradición que, por cierto, data de mucho más atrás que las fechas en las que aparecen las escuelas de ingeniería, cuestión que ya señaló el doctor Broncano.

Hay ingenieros desde hace milenios, desde que la humanidad tuvo que comenzar a organizarse de un modo tal que cada individuo no tuviera que responsabilizarse de hacer todo, de producir todo lo que cada quien necesitaba; sino que comenzó cierta especialización. Desde hace al menos tres milenios hay evidencias de que se inició dicha especialización en la cuenca del mediterráneo. La gente comenzó especializarse en producir el vestido, en construir las casas, etc. Podemos decir que, desde entonces, hay evidencias de que hay ingenieros. El famoso código de Hammurabi se refiere justamente a las responsabilidades que le corresponden a alguien que construye casas que se derrumban. Esa es una evidencia documentada

---

<sup>1</sup> Ver la conferencia en la página 249.

de la existencia de profesionales ocupados más o menos en los mismos asuntos de los que hoy nos ocupamos los ingenieros.

Las escuelas de ingeniería, en cambio, datan de fechas mucho más recientes: unos pocos siglos. Por tanto, la ingeniería no nació con las escuelas de ingeniería, sino mucho antes. En el siglo XVIII, después de la fundación del método científico y su formalización por Galileo, los conocimientos en todos los campos comenzaron a crecer explosivamente, lo cual hizo necesario sistematizar la manera de transmitirlos. Entonces comienzan a surgir las escuelas de ingeniería. Antes y durante los milenios anteriores, a los que me he referido, los ingenieros aprendían haciendo, supervisados por quienes ya sabían. Es decir, la famosa relación entre el aprendiz y el maestro que iba haciendo a los nuevos maestros.

Surgen las escuelas cuando los conocimientos ya han crecido tanto que es indispensable comenzar a sistematizar su trasmisión. La necesidad de ingenieros se multiplica después de la revolución industrial. La revolución industrial es una evidencia de que la ingeniería no necesariamente va antecedida por la ciencia. La termodinámica, en particular, nació mucho después de que la revolución industrial comenzara a transformar la manera de producción en la Inglaterra del siglo XVII.

Las primeras escuelas de ingeniería se crean en Europa, en el siglo XIII, en Alemania, Francia, España. Curiosamente, muy poco después, aparece la primera escuela de ingeniería en América: el Real Seminario de Minas, fundado en México en 1792. Esta es una evidencia de cuánto hemos retrocedido en México desde aquellas fechas a las actuales. En Estados Unidos, la primera institución formadora de ingenieros el *Rensselaer Polytechnic Institute*, nació en el siglo XIX.

A partir de la fundación de las escuelas de ingeniería, los ingenieros dejan de formarse exclusivamente en la práctica profesional, como se formaban antes. En Latinoamérica en general, aunque desconozco el caso específico de Colombia, la responsabilidad en el cumplimiento de las condiciones que un ingeniero debe asegurar para obtener la licencia profesional se ha transferido indebidamente a las universidades. Aunque bien es cierto que esta situación ha comenzado a cambiar y va a cambiar muy rápidamente en el futuro, según preveo. En los países europeos, que son de más larga tradición desde el nacimiento de las escuelas de ingeniería, la licencia se otorga sólo después de que se han cumplido esas dos etapas a las que me he referido: la escolarizada y la de la práctica profesional supervisada. Después de esa práctica profesional supervisada, los colegios de ingenieros, las agrupaciones en las que están organizados los ingenieros que ya tienen licencia para ejercer, y previo un conjunto de cumplimientos de requisitos, otorgan la licencia para que un nuevo integrante del gremio pueda ejercer su profesión.

Esta segunda etapa, la de la formación en la práctica profesional supervisada, es importantísima porque hay multitud de cuestiones que en ella se aprenden y que solamente en ella se pueden aprender, porque son mucho más difíciles de transmitir que las cosas que se aprenden en la escuela, entre otras cuestiones, porque se trata de conocimientos, habilidades y capacidades que no están sistemáticamente documentadas como las que se enseñan en las escuelas. En esa práctica profesional supervisada se van aprendiendo todas esas cosas no debidamente documentadas que sólo se aprenden haciéndolas, viendo a otros hacerlas, probando el resultado de hacerlas, bajo la responsabilidad de alguien que ya tiene la experiencia para saber qué riesgos correr y qué riesgos no correr. A pesar de la enorme importancia que tiene lo que se aprende en la práctica profesional supervisada y después continuamente en la práctica profesional incluso por quienes ya tienen mucha experiencia, a pesar de eso, las escuelas se han vuelto mucho más visibles en la etapa de formación de ingenieros que en el aprendizaje en la práctica profesional.

Esto tiene una serie de riesgos e induce a una serie de errores, como por ejemplo, el de atribuir a las escuelas a la responsabilidad de que los ingenieros no sepan hacer ciertas cosas que debieran saber hacer. En general no las saben hacer porque no se pueden enseñar en las escuelas, y faltan esos conocimientos, esas capacidades, por el hecho de que han tenido una práctica profesional supervisada defectuosa.

Es muy frecuente oír a los empleadores de ingenieros, como todos ustedes seguramente lo habrán oído, y por cierto esa crítica se ha puesto de moda en la actualidad, quejarse de que los recién egresados de las escuelas de ingeniería carecen de ciertas capacidades que son muy importantes para el trabajo, que carecen de ciertos conocimientos que parecen muy elementales y que sin embargo no tienen, a pesar de haber salido, algunos, con excelentes calificaciones de la escuela. Se critica a las escuelas porque no están formando profesionales con el buen juicio profesional que es indispensable para ser un buen ingeniero; porque no están formando ingenieros con capacidad para trabajar en equipo productivamente; porque no están formando ingenieros con ese conjunto muy diverso y a veces muy sutil de capacidades que son indispensables para trabajar exitosamente en la práctica de la profesión. Esas críticas, por supuesto, son injustas, porque no le corresponde a la escuela enseñar esas cosas, y si se le presiona, como se le está presionando, para que las enseñe, lo que va a ocurrir es que dejará de enseñar otras cosas que sólo la escuela puede enseñar bien y que si no las enseña lastrarán el desarrollo de los futuros profesionales de la ingeniería. Es muy importante que estemos advertidos de estos riesgos y que sepamos que no le podemos echar encima a la escuela la responsabilidad de formar a los ingenieros en lo que deben aprender en la práctica, porque entonces vamos a distraer a las escuelas

y terminaran dando a los futuros ingenieros una formación inapropiada en lo que ellas sí pueden formar eficazmente.

Las habilidades y conocimientos empíricos, la capacidad de trabajo en equipo, el juicio profesional, que son capacidades que los empleadores valoran mucho, con buen tino, sólo se pueden aprender en la práctica profesional; en particular, en esa práctica inicial supervisada por quienes ya tienen tales capacidades.

### **Qué formación da la escuela**

La escuela es una institución especializada en transmitir conocimientos que están ya bien sistematizados, bien establecidos, que están documentados y que se pueden, en consecuencia, estudiar en libros o en documentos. Dan conocimiento y comprensión de las ciencias básicas y cierta capacidad para usarlas a fin de resolver problemas prácticos; dan un conocimiento profundo de ese conjunto enorme de ciencias que se llaman ciencias de la ingeniería, así como de las limitaciones de sus alcances. Estos dos conjuntos de conocimientos, el de las ciencias básicas y el de las ciencias de la ingeniería, constituyen el núcleo duro, central, indispensable, para el ulterior desarrollo de un profesional de la ingeniería, y sólo pueden adquirirse en la escuela. Si por ese fenómeno de inflación del currículo al que se refería también el doctor Broncano en su conferencia, presionamos a la escuela para que incorpore a los saberes que debe transmitir esos otros que se aprenden muy fácilmente en la práctica pero que son muy difíciles de adquirir en la escuela y consumen tiempo, vamos a descuidar la buena formación de las capacidades de los ingenieros en estos dos pilares duros y fundamentales.

Da también la escuela una capacidad individual para actualizar conocimientos y habilidades y para afinar luego esas habilidades de manera autodidacta. Es decir, la escuela enseña a estudiar, enseña a aprender, y enseña a aprender no solamente mediante el estudio de documentos. Enseña a aprender mediante la observación y comienza a enseñar también cómo se aprende de la práctica sistemática o qué se requiere para ser sistemático en la práctica de modo que esa práctica sistematizada dé conocimientos y capacidades.

La escuela, pues, no puede distraerse enseñando lo que se aprende mejor en la práctica, a pesar de la enorme presión que en estos tiempos están ejerciendo los empleadores. Esto hay que explicárselo a los empleadores, porque no tienen por qué saberlo por sí mismos. Es indispensable que los académicos, los educadores, se lo expliquemos, para que no haya esa confusión y ese riesgo de distorsión de la función de la escuela.

## Qué formación da la práctica

La práctica supervisada, como hemos visto inicialmente, da conocimientos extra científicos. La ingeniería sigue siendo un arte en multitud de sus facetas. Hay una enorme diversidad de conocimientos que no son todavía conocimientos científicos, que son conocimientos empíricos, indispensables para practicar la ingeniería y que sólo se pueden transmitir en la práctica, que sólo se pueden aprender haciendo. Esos son los conocimientos, las capacidades, que da la práctica profesional y sólo ella puede dar. En la escuela, cuando se trata de enseñar este tipo de cosas, lo más que se puede lograr es una simulación lejana de ese aprendizaje práctico, porque es sumamente difícil simular en la escuela todas las condiciones que se dan en la práctica profesional, en la que están presentes continuamente una infinidad de variables que es imposible modelar en la escuela.

Por esa razón la escuela no es un buen sitio para aprender lo que se aprende en la práctica, y por eso, a pesar de la mucha mayor visibilidad pública de las escuelas y de lo que las escuelas hacen actualmente, a pesar de la mucha mayor conciencia que hay en el público acerca de la importancia de la escuela, no se hace igual énfasis en algo que es tan importante como la escuela para la formación de ingenieros, que es la práctica profesional.

La práctica, con base en la buena formación teórica que dan las escuelas, permite desarrollar después el juicio profesional. El juicio profesional es una especie de destilado de orden superior basado en la comparación entre lo que la teoría dice y lo que enseña la observación en la práctica. Esta comparación no se puede hacer si no se sabe teoría, porque es la teoría la que permite predecir lo que va a ocurrir con el diseño que un ingeniero hace de cualquier estructura, de cualquier artefacto. La comparación entre lo que se predice y lo que se mide, lo que se observa en la práctica, es lo que va formando el juicio profesional. Quien no tiene y no maneja la teoría, no se acostumbra a hacer predicciones basadas en esas teorías. Por lo tanto, no va a acumular la sensibilidad que le permite comparar las predicciones de la teoría con las observaciones de la práctica y, en consecuencia, no va a ir formando, poco a poco, el juicio profesional.

Finalmente, esa formación en la práctica da lugar a que, después, durante toda su vida, el ingeniero vaya acumulando nuevos conocimientos, nuevas capacidades. Eso que tanto se aprecia en el mundo laboral, en el mundo del trabajo, es algo que se aprende continuamente: no importa cuántos años se tengan de práctica profesional, se sigue aprendiendo.

## Cómo se trabaja en equipo

En un equipo de trabajo en ingeniería, cada quien tiene una responsabilidad bien específica, bien definida, que no puede transferir a otro. Pero todos los integrantes del equipo, como pares, como responsables idénticos del conjunto de las acciones del equipo, tienen la obligación de discutir colectivamente los propósitos, las hipótesis, los hallazgos, las dudas y los resultados del trabajo de todos los miembros del equipo. En eso consiste, simplemente, el trabajo en equipo. Esta participación, por una parte individual en el cumplimiento de una responsabilidad específica, y por otra colectiva, entendiendo todo lo que el equipo está haciendo, verificando las hipótesis en los resultados, discutiendo las propuestas entre todos, va enriqueciendo a todos y cada uno de los integrantes del equipo. Esa es la manera de aprender en la práctica; ese es el modo como el ingeniero se enriquece a medida que trabaja.

Hemos mencionado el juicio profesional. ¿Qué es y cómo se adquiere el juicio profesional? No hay una definición universalmente aceptada, ni mucho menos. Pero justamente interesado, hace mucho tiempo, en tratar de encontrar una definición rigurosa y satisfactoria de ese valor importante en la profesión, encontré leyendo a Locke (1689), en su *Ensayo sobre el entendimiento humano*, la que me pareció una definición muy cercana a lo que mis propias vivencias me enseñaban. Dice él en ese *Ensayo*: “juicio es la capacidad de asumir como verdadera o falsa una aseveración, aun sin tener a mano una prueba fehaciente”. Me parece una definición excelente, que no ha sido mejorada, a pesar de que en los últimos decenios la psicología experimental ha estado trabajando, muy intensamente y con métodos muy rigurosos, para lograr definir de mejor manera qué es el juicio profesional. No hay una definición que yo haya encontrado, por lo menos para el caso de la ingeniería. Sí la hay, en cambio, en el caso de la medicina y ésta se puede trasladar de alguna manera para la ingeniería. La psicología experimental, probablemente por el hecho de que está hecha precisamente por un tipo de médico, ha estudiado mucho más el juicio profesional en el caso de la medicina que en el caso de la ingeniería, y, como digo, los hallazgos allí son fácilmente trasladables al caso de ingeniería. Nos vamos a referir a esto mas adelante.

Lo que podemos decir es que la definición de Locke es simplemente, pero nada menos, que una referencia a la necesidad de asignar una probabilidad a que una aseveración cualquiera sea verdadera o falsa, independientemente de los datos que tengamos. Es decir, es la asignación de una probabilidad *a priori*. Y en eso consiste precisamente el juicio profesional: es la capacidad de asignar una probabilidad *a priori* a una aseveración cualquiera.

No es el juicio profesional un don natural, sino el producto de un esfuerzo intelectual expreso, que es, como decía hace un rato, una especie de destilado del conocimiento y de orden superior a él. Requiere el conocimiento detallado de una teoría, requiere una capacidad de predicción, requiere un conjunto de observaciones y comparaciones entre lo que la teoría predice y lo que la práctica enseña. Cuando se acumula ese destilado a lo largo de los años, le da, o no le da, a alguien, eso que llamamos juicio profesional o buen juicio profesional.

En particular, ¿cómo adquiere el ingeniero su buen juicio profesional? Lo decía hace un momento: usando una y otra vez la ciencia para hacer predicciones, usando una y otra vez los conocimientos científicos que la escuela transmite para predecir cómo se van a comportar las cosas que diseña, y midiendo luego cómo se comportan en la realidad. Esta afirmación revela por qué el juicio profesional no es lo mismo que la experiencia de un ingeniero. Alguien puede tener una larguísima experiencia en la práctica profesional y no tener un juicio profesional. Si esa experiencia no se ha realizado comparando predicciones teóricas con observaciones en la práctica, si la experiencia no transcurre repitiendo una y otra vez este proceso, entonces el tiempo de ejercicio profesional no necesariamente da buen juicio profesional.

¿Cuál es la manera como se va acumulando ese destilado de orden superior al conocimiento al que nos hemos referido? Se va acumulando mediante el trabajo en equipo. Pensemos en el joven ingeniero, recién egresado de una escuela de ingeniería, que comienza su práctica profesional supervisada en el seno de un equipo de trabajo encargado de diseñar y construir ciertas cosas. Él va observando cómo proceden los otros integrantes del equipo que ya tienen mayor experiencia. Él va acumulando de ese modo un saber hacer, obteniéndolo tanto de los colegas de su equipo que tienen un poco más de experiencia que él, como de otros colegas del mismo equipo que tienen una experiencia muchísimo mayor que él. Va observando cuál es la diferencia entre las actitudes de estos distintos integrantes del equipo de trabajo y de ahí va sacando un juicio que le servirá de modelo para su desarrollo ulterior. Emulando a los demás, a los que ya tienen buen juicio, es como el joven que no lo tiene, lo va adquiriendo.

Los procesos intelectuales de la ingeniería son muy análogos a los de la medicina. Se parte de un estado insatisfactorio. En el caso de la medicina es un estado insatisfactorio de salud y en el caso de la ingeniería es un estado insatisfactorio en las condiciones materiales de la sociedad. De nuevo, otra coincidencia con lo expresado por el doctor Broncano: el ingeniero actúa cuando detecta ese estado insatisfactorio de condiciones materiales en la sociedad. El ingeniero está actuando como interprete de la sociedad, está interpretando lo que la sociedad necesita. Puede interpretarlo bien o mal; puede interpretarlo de manera muy diferente de aquella

en la que la sociedad misma lo interpreta. Cuando eso ocurre se desata un proceso dialéctico en el que, progresivamente, entre la tesis del ingeniero y la antítesis de la sociedad, se va generando eventualmente una síntesis. En ese momento es cuando se toma la decisión de hacer efectivamente lo que el ingeniero propone, cosa que no ocurre necesariamente de manera inmediata. Dicha toma de decisión requiere de esa dialéctica de interacción entre el ingeniero y la sociedad, una dialéctica en la que no todos los ingenieros están bien formados, porque exige que la práctica profesional supervisada que se tuvo haya sido una práctica profesional en la que los integrantes experimentados en el equipo de trabajo enseñaron expresamente al joven profesional en formación.

¿Cómo se realiza esa interacción dialéctica con la sociedad, que es indispensable y que resuelve el problema que planteaba ayer el doctor Broncano, acerca de la contradicción entre el experto y el conjunto la sociedad? La contradicción entre el experto y la sociedad es algo que ocurre sistemáticamente, por muchas razones. Entre otras, porque se trata de dos sujetos diferentes. Por un lado están los expertos, con una experiencia y una formación distinta a la de la sociedad. Por el otro, la sociedad tiene unas vivencias mucho más cercanas, pero no necesariamente tiene el juicio para interpretarlas. Se requiere de la dialéctica interactiva entre unos y otros para, eventualmente, resolver esos conflictos. Pero, primero, es necesaria la conciencia de que las diferencias entre experto y sociedad son naturales, que existen siempre, que deben manejarse, que deben resolverse. Eso exige entrenamiento por parte del experto. No podemos esperar que la sociedad tenga la experiencia del experto. La práctica del experto debe hacerlo capaz de disolver esas diferencias y, eventualmente, llegar a un acuerdo con la sociedad. En el caso de asuntos muy complejos, como los que la tecnología actual plantea, no es un proceso sencillo; pero es un proceso perfectamente realizable y que sólo fracasa o termina en un desaguisado cuando los expertos no tienen la capacidad, la voluntad, el tiempo y el entrenamiento para disolver esas diferencias. Es lo que está pasando concretamente en este momento en relación con el uso de la energía nuclear. Es lo que también esta pasando en multitud de cuestiones relacionadas con los efectos de las obras de ingeniería en el medio ambiente. Es lo que está pasando en todo el campo de la práctica de la vida diaria en la que el conocimiento experto es indispensable, pero el acuerdo con la sociedad para aplicarlo es también indispensable, y si no se hace, el conflicto queda allí sin resolver y se agranda.

Decíamos que los procesos intelectuales de la ingeniería son muy similares a los de la medicina, y aludo a los de la medicina porque en esto todos tenemos experiencia, seamos o no médicos, porque todos hemos sido o somos pacientes. Una vez que se plantea el estado insatisfactorio de salud, o una vez que se plantea el estado insatisfactorio de condiciones materiales, se procede al *diagnostico*, que se llama así

tanto en la medicina como en la ingeniería. Luego se especifican soluciones a ese diagnóstico: esto se llama *prescripción* en medicina y *diseño* en ingeniería.

El diagnóstico, en síntesis, consiste en un viaje de ida y vuelta en el que primero se hace una conjetura, una simple conjetura, sobre la naturaleza del problema que se está enfrentando y sobre la teoría que podría explicarlo. Si esa conjetura se valida con observaciones en el terreno, esa conjetura vale para proceder de ahí en adelante; si no se valida, hay que hacer otra conjetura hasta encontrar una teoría válida de entre el acervo de teorías posibles. Por eso es importante la formación en la escuela, ya que da un acervo amplio de teorías que explican la realidad en el campo de la ingeniería en el que estamos trabajando. Cuanto más rico es este acervo, más alta probabilidad hay de que el ingeniero encuentre el diagnóstico del problema que observa.

¿Qué procesos intelectuales implica el diagnóstico? Implica un proceso que en lógica se llama de *abducción* o proceso conjetural, y se infiere en él qué teoría puede explicar el fenómeno que se está enfrentando. Una segunda etapa es la *deducción* y se comprueba procediendo en sentido contrario, deduciendo lo que esa teoría predice para el caso particular que se está estudiando. Se necesitan pues conocimientos y capacidades, así como un acervo de teorías científicas y de conocimientos empíricos. También se precisan una capacidad lógica de inferir por abducción o conjetura, una capacidad lógica de deducir o aplicar teorías generales a casos particulares y sobre todo, una capacidad de lidiar con la incertidumbre. La incertidumbre está omnipresente en la ingeniería, como lo está en todos los campos del conocimiento, como lo está en la vida, porque el mundo no es determinista: el mundo en que vivimos es un mundo probabilista. Por tanto, en vista de lo borroso, como llamaba el doctor Broncano a ese estado de cosas con las que continuamente nos enfrentamos, necesitamos medios para enfrentar la incertidumbre. La teoría de las probabilidades es un medio para lidiar con la incertidumbre, pero se aplica sólo a un conjunto muy pequeño y muy sencillo de incertidumbres. Toda la gama enorme de incertidumbres que están presentes en todas las decisiones que como ingenieros vamos tomando no se puede manejar con la teoría de probabilidades. ¿Cómo se manejan entonces? ¿Cuál es el instrumento con el que enfrentamos esa incertidumbre? Es el juicio profesional. Lo que Locke decía, la capacidad de considerar atinada o desatinada una aseveración cualquiera, con el conjunto limitadísimo de elementos de juicio que tenemos. El gran instrumento para enfrentar la incertidumbre es el juicio profesional. Por eso es tan importante. ¿Cómo se puede vivir sin juicio profesional? Depende de la ocupación a la que uno se dedique. Si se es ingeniero, no se puede vivir sin juicio profesional. Espero que mi siguiente comentario no lo tomen en un sentido injusto hacia los científicos. El científico no requiere tanto del juicio profesional como el ingeniero, porque el científico no está obligado a tomar

decisiones vitales si no tiene suficientes evidencias científicas que lo justifiquen. El científico no va ni siquiera a escribir un *paper* si no tiene todos los datos acerca de lo que va a decir en ese tema. El ingeniero, al que le encargaron resolver el problema de las inundaciones de un pueblo, tiene que tomar una decisión y no importa que sus conocimientos y las evidencias y los recursos que tenga sean muy limitados: tiene que tomar una decisión. Porque la ingeniería es eso: toma de decisiones para resolver problemas con los medios con que se cuenta. El ingeniero, por tanto, requiere indispensablemente del juicio profesional; o se paraliza, si no tiene juicio profesional. Claro que, en lugar de paralizarse, puede tomar decisiones más o menos aleatorias y producir un desastre.

De acuerdo con lo expuesto hasta ahora, vemos que de los conocimientos y capacidades que requiere el ingeniero para hacer diagnósticos, hay algunos que se aprenden mejor en la escuela, otros que se aprenden en la escuela y en la práctica profesional, y otros que se adquieren predominantemente en la práctica profesional aunque con apoyo de lo que se aprende en la escuela. Esto es importante saberlo, porque, como decíamos desde el principio, no todo se aprende en la escuela.

### **Qué es el diseño. Qué procesos implica**

Podemos dividir el diseño en tres etapas: diseño conceptual, verificación del diseño conceptual, y optimización y especificación del diseño. El diseño conceptual es un proceso esencialmente creativo y de síntesis. No es un proceso científico; tiene mucho más de artístico. En el momento de concebir un diseño conceptual para el problema que se le encomienda, el ingeniero está actuando mucho más como un artista, como un músico, como un pintor, como un escultor, que como un científico. El diseño conceptual es altamente subjetivo. No hay para cada problema un solo diseño válido; al contrario, cada problema admite multitud de diseños, en principio válidos, y el ingeniero creativo, que para esto sí se necesita creatividad, pone toda su subjetividad en el diseño. Es normal que dos ingenieros diferentes, enfrentados a la concepción de un diseño conceptual para un problema específico, escojan dos diseños conceptuales diferentes. Después viene la etapa de verificación del diseño en la que el ingeniero tiene que actuar como científico y tiene que probar si el diseño conceptual que inventó, que creó con su arte, efectivamente resuelve el problema. Más adelante viene la optimización de ese diseño y la especificación con todo detalle.

## Qué capacidades exige el diseño y cómo se adquieren

- Creatividad para generar diseños conceptuales congruentes con el diagnóstico **(P)**
- Conocimientos científicos **(E)** y empíricos **(P)**
- Capacidades lógicas de inducción, conjetura y deducción **(E/P)**
- Capacidad de contender con incertidumbres múltiples **(P/E)**
- Sensibilidad para simplificar sin distorsionar lo esencial **(P)**
- Capacidad de combinar conocimiento científico y empírico **(P)**

**Por tanto: a diseñar se aprende principalmente en la práctica**  
**E = Escuela P = Práctica**

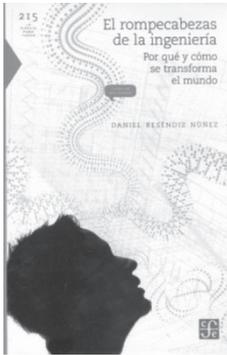
En el cuadro anterior se ve la presencia de la escuela (E) y de la práctica (P) en cada una de las capacidades, con una síntesis final: “a diseñar se aprende principalmente en la práctica”. Decíamos que la incertidumbre es inevitable, que todo lo que estamos haciendo en el diagnóstico y en el diseño, está lleno de incertidumbre, es nebuloso y tenemos que saber lidiar con la incertidumbre, que es una exigencia de la ingeniería más que de ninguna otra actividad, como lo es también de la medicina, porque la incertidumbre es inherente a la naturaleza. Decíamos que el mundo no es determinista. La incertidumbre es también inseparable del conocimiento y lo es en el sentido más estricto del término, porque de los tres procesos o modos de inferencia lógica que existen, que son la conjetura, la inducción y la deducción, las dos primeras (conjetura e inducción) son procesos inciertos: no necesariamente son válidas las conclusiones a las que llegamos mediante estos procesos. El único de los tres procesos que produce resultados rigurosamente ciertos, a condición de que las premisas sean rigurosamente ciertas, es la deducción. Los otros dos son procesos inciertos, en los que se tiene que ensayar varias veces para probar cuál es el que reproduce lo que observamos en la realidad. Cuanto más sabemos, más dudas tenemos. Cuanto más sabemos, nos resulta más indispensable reconocer que el conocimiento que tenemos tiene un cierto grado, normalmente alto, de incertidumbre.

Esta situación tiene importantes consecuencias para el ingeniero. Ha de tomar decisiones pese a grandes incertidumbres, porque si quiere esperar hasta eliminar las incertidumbres, se paraliza y no va a poder hacer nada. Debe usar y ponderar la información y usar métodos diversos para tratar de reducir, de acotar, la incertidumbre; debe reconocer y manejar racionalmente la incertidumbre. Su principal herramienta para ello es el buen juicio profesional. Sólo en segundo lugar está la teoría de probabilidades como instrumento para estos fines.

La misión central del ingeniero no es una misión científica, ni la ingeniería es una ciencia. La ingeniería no tiene por propósito alcanzar la verdad. A la ingeniería no le importa alcanzar la verdad. Le importa alcanzar eficacia, es decir, que las cosas que hace, que propone, efectivamente resuelvan los problemas que quiere resolver, independientemente de que los conocimientos que utilizó para ello sean o no conocimientos científicos. Su función es una función profesional, que quiere decir de servicio a la sociedad y de responder ante ella por lo que hace. Esta misión la cumple sólo si compatibiliza los intereses sociales con los intereses de sus clientes.

Es decir, independientemente de que al ingeniero lo contrate un individuo físico o moral específico, su obligación al tomar decisiones no es exclusivamente servir a ese cliente. Aquí hago otra advertencia muy importante. Se ha puesto de moda que todo el mundo se certifica en los procesos ISO. No tengo ningún inconveniente que para que así se haga, con tal de que la firma de ingeniería que lo hace, o el ingeniero en particular que lo hace, sean conscientes de que, al contrario de lo que hacen las normas ISO, su cliente no es el único al que debe servir, ni el principal al que debe servir. Esto se lo tienen que explicar también a los clientes. Es decir, que por encima de dar el servicio al cliente, el ingeniero, que no es un simple técnico sino un profesional que debe responder ante la sociedad por sus decisiones, está al servicio de la sociedad. Un inversionista me puede contratar para que le diseñe un conjunto inmobiliario con el que va a hacer negocio. Por supuesto, este inversionista estará más contento si yo le reduzco al *mínimo minimorum* el costo de su inversión, para que su margen de utilidad sea alto, y yo tengo obligación de intentar hacerlo; pero hasta cierto límite. No puedo reducir el costo hasta el grado que ponga en alto riesgo la vida o los intereses económicos de quien después va a comprar al inversionista los departamentos o los despachos que estoy diseñando.

Esa responsabilidad sólo se puede cumplir bien, repito, si se es consciente de que hay intereses por encima de los del cliente; y el cliente debe saber bien que yo, ingeniero, estoy trabajando para cuidar y proteger esos intereses además de los suyos. Seré buen ingeniero en la medida en que compatibilice esos dos intereses. Esto es central en la práctica de la ingeniería. Esto es indispensable en la práctica de la ingeniería, o de otro modo se corren muchos riesgos.



La conclusión a la que llegamos es que el atributo tal vez más valioso de un ingeniero es su buen juicio, incluso en esto de la compatibilización de los intereses del cliente con los de la sociedad. La escuela debe advertir a sus estudiantes que no todo se aprende en la escuela. La escuela no se responsabiliza de enseñar todo al estudiante, no puede responsabilizarse de enseñarle todo lo que necesita para ser buen ingeniero. Le va a enseñar una cierta parte de esos conocimientos y capacidades, ya dijimos cuáles. Otros conocimientos y capacidades propios los va a tener que aprender en la práctica profesional supervisada, y otros más, a lo largo de la práctica profesional autónoma. La

escuela debe decir a los estudiantes que ese aprendizaje es tan importante como el que la escuela puede darles. Esto tienen que saberlo los jóvenes: parte de la obligación de la escuela es explicárselo.

### ***El rompecabezas de la ingeniería<sup>2</sup>***

Hay más cosas que podría decir al respecto, pero no lo hago porque lo pueden encontrar mucho más ampliamente discutido en mi libro que es el único que he escrito preocupándome de que no sean sólo los ingenieros quienes lo entiendan. De acuerdo con mis obligaciones profesionales, como académico, como investigador, como especialista, todo lo que he escrito, lo he escrito para que lo entiendan grupos muy pequeñitos de especialistas, de súper especialistas en los campos en los que he hecho investigación. Pero este libro lo escribí después de darme cuenta, tras años y años de sentir que estaba yo cumpliendo una obligación profesional como ingeniero de la práctica y como académico, de que me faltaba algo: ayudar a que se entendiera, no por los especialistas y por mis colegas ingenieros, sino por la sociedad en general, lo indispensable que es el trabajo conjunto de sociedad e ingeniería, para que los problemas de la sociedad efectivamente se puedan resolver. Soy de los que sostienen que un ingeniero no es capaz de resolver solo ningún problema que la sociedad le plantea, y sin la cooperación de la sociedad, entre otras cosas mediante este proceso dialéctico al que me refería hace un rato para eliminar las diferencias entre el experto y el resto de la sociedad, sin ese proceso que es de los más difíciles que la profesión plantea, no es posible resolver inteligentemente ningún problema.

<sup>2</sup> Libro escrito por Daniel Reséndiz Núñez, en el que habla de la importancia de cómo la ingeniería ha transformado el mundo durante siglos, por iniciativa de la sociedad o con su anuencia tácita. Sus creaciones han sido la clave para resolver innumerables problemas y cubrir múltiples necesidades de la humanidad, pero sus obras también suelen tener repercusiones negativas –casi siempre diferidas y a veces imprevistas– sobre nuestro entorno natural y social. Editorial: Fondo de Cultura Económica Ltda. (México, D.F.). Año de edición: 2008.

## Diálogo de pares



Una vez concluida la conferencia del ingeniero Daniel Reséndiz Núñez, tuvo lugar el diálogo del conferencista con los pares colombianos, ingenieros Julio César Cañón Rodríguez, profesor asociado de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia y Mauricio Duque Escobar, profesor asociado de la facultad de ingeniería

de la Universidad de los Andes. El diálogo fue moderado por el ingeniero Alberto Ocampo Valencia, Director de pregrado y maestría en ingeniería eléctrica de la Universidad Tecnológica de Pereira. El diálogo contó con la activa participación de los dialogantes, tal como se verá en las siguientes páginas.

### Alberto Ocampo Valencia



Me corresponde moderar este diálogo dedicado al eje temático “Proceso de formación”, el cual tiene por objetivos, en primer lugar, analizar el perfil del estudiante ingeniería y estudiar las respuestas que dan las instituciones de educación superior de acuerdo con el mismo. Además, analizar las metodologías exitosas en los procesos enseñanza-aprendizaje. Iniciamos la sesión con las intervenciones de los ingenieros Cañón y Duque. Con las propuestas e inquietudes de los participantes alimentaremos la sesión y el profesor Reséndiz intervendrá oportunamente.

### Julio César Cañón



No hay que perder de vista que este ejercicio tiene un norte: identificar acciones y cambios en las facultades de ingeniería, razón por la que tendré en cuenta tanto esta observación como la conferencia del doctor Reséndiz. Hay que pensar y plantear cambios y acciones, pero no de cualquier tipo. Desde mi perspectiva, y hablo de la “parroquia”, es decir del caso colombiano, lo que hemos estado haciendo en los últimos

años, en la educación superior, y en particular en los programas de ingeniería, ha sido reaccionar frente a los estímulos del entorno, hasta llegar incluso a deformar los programas para adecuarlos a las exigencias del medio externo.

Hemos reaccionado de una manera bastante dócil frente a las exigencias estatales con relación al control. Hemos visto cómo, en los últimos años, ha caído sobre los programas un alud de mecanismos de control y de coerción externa, ciertamente con un ánimo académico, pero también con una posición muy clara de intervención. Si bien es cierto que no hay que decir un no absoluto al cambio, tampoco debemos aceptarlo sin comprenderlo bien. Los cambios deberían ser adecuados a elementos como los que escuchamos en estos ejercicios académicos. Hay que hacer un corte de cuentas y ver qué tanto de lo que se ha prometido se ha hecho, qué se está haciendo y qué se va a hacer. Esa debería ser la infraestructura de esos cambios.

“Lo que hemos estado haciendo en los últimos años, en la educación superior, y en particular en los programas de ingeniería, ha sido reaccionar frente a los estímulos del entorno, hasta llegar incluso a deformar los programas para adecuarlos a las exigencias del medio externo”.

El doctor Reséndiz decía que el sector de los empresarios se queja habitualmente de que las facultades de ingeniería no les entregan egresados con el perfil adecuado. Pero las facultades se quejan de que las escuelas de secundaria no les entregan estudiantes con el perfil necesario para adelantar la carrera. Y la educación secundaria, por supuesto, busca un doliente y lo encuentra en la educación primaria. Así se sigue culpando, uno tras otro, a todos los agentes hasta llegar a la unidad familiar y a la naturaleza humana. Nos encontramos, frente a un problema que se repite y frente al cual, en principio, diría uno que no se ha encontrado una respuesta coherente.

Hay que hacer cambios, pero racionales, medidos, que permitan hacer un discernimiento. En Colombia no existe academia de ingeniería y con esa ausencia es difícil trazar derroteros que puedan proyectarse incluso a la escuela primaria, para empezar a buscar, en este ámbito, a los ingenieros del futuro.

“En Colombia no existe academia de ingeniería y con esa ausencia es difícil trazar derroteros que puedan proyectarse incluso a la escuela primaria, para empezar a buscar, en este ámbito, a los ingenieros del futuro”.

## Mauricio Duque Escobar



La exposición del doctor Reséndiz me dejó varias preguntas, justamente porque respondió a varias de las inquietudes que tenía antes. Quiero comenzar por comentar el final de su intervención, porque, desde mi perspectiva, ahí está el núcleo que puede motivar una reflexión sobre lo que significa ser un profesional de la ingeniería.

Hace poco me reuní con el profesor Bernardo Toro, quien se ha desempeñado en el campo de la educación, y discutimos sobre lo que significa enseñar y ser profesional de la enseñanza. Tratamos de encontrar diferencias entre lo que significa enseñar y enseñar profesionalmente. El profesor Toro decía que todos somos capaces de enseñar. Los amigos les enseñan a los amigos; los padres les enseñan a los hijos... Toda persona está habilitada para enseñar. Pero, ¿toda persona está habilitada para enseñar profesionalmente? ¿Toda persona puede ser un profesional de la enseñanza? Él hacía una diferenciación que me parece importante: cuando se habla de una profesión se hace referencia a un conjunto de conocimientos, buenas prácticas, normas, ritos, mitos, procedimientos, que caracterizan su acción frente a un problema relevante para la sociedad. Y esta idea se ancla con lo que el profesor Reséndiz decía: un profesional no se debe únicamente al cliente que tiene enfrente, sino a una sociedad. Y eso generalmente se vincula con un conjunto de buenas prácticas que muchas veces han sido construidas, al menos algunas de ellas, de forma empírica; que son el resultado de hacer de forma repetida algunas cosas y que llevan a producir lo que uno define como buenas prácticas o normas. En la ingeniería pasa lo mismo. Cualquier persona, a su nivel, puede por ejemplo hacer algo de ingeniería. Uno lo ve en Colombia: el maestro de obra diseña y construye casas. Que lo haga profesionalmente es otra cosa, porque para ello se necesita conocer unos códigos que son fundamentales.

El segundo asunto interesante en la relación que el profesor Reséndiz estableció entre ingeniería y medicina es pensar en el tema de la práctica. Tengo algunas inquietudes al respecto. ¿Hasta dónde es responsable una escuela de ingenieros del tema de la práctica? El profesor Reséndiz nos hizo sugerencias frente a lo práctico. Sin embargo, en el caso de la medicina, las prácticas se hacen en lo que se llaman el internado y el rural. En el internado la interacción con los profesores es muy cercana. Se trata de un espacio que está racionalmente controlado por la intersección entre la escuela y la práctica. Me pregunto si en la ingeniería se puede hacer algo similar. Se pueden encontrar algunas respuestas. En el caso francés, que es el que conozco en Europa, el ingeniero normalmente, suma sobre sus cinco años de formación, cerca de un año de pasantías de corte industrial, basadas en

unos acuerdos entre las escuelas y los sitios de práctica. No se trata de un sitio de práctica completamente aislado de la escuela. Hay una relación y existe un nivel de conexión o control entre lo que está pasando en la escuela y lo que ocurre en la pasantía.

Dejo planteados estos dos temas. El primero tiene que ver con la concepción de lo que es un profesional y cómo formarlo efectivamente, lo cual va más allá de resolver simplemente unos problemas fuera de cualquier código o buenas prácticas. Y el segundo tema, sin duda fundamental, es la relación entre lo que se aprende en un aula de clase y la práctica. Al respecto, propongo un par de preguntas ¿Qué se debería aprender en los laboratorios y en los proyectos de la universidad? ¿Cómo generar, desde la universidad, el germen inicial para que después el estudiante sea capaz, en la práctica, de complementar y finalizar su aprendizaje?

### Daniel Reséndiz Núñez



Quiero dar una respuesta inicial al planteamiento respecto a qué cambios se deben hacer en la práctica. ¿Qué hacer para que en la ingeniería se dé esa práctica, ya muy bien establecida en casi todo el mundo, y que se da en el caso de la formación de los médicos? Es necesario que, como ocurre en los centros de salud donde reciben a los recién egresados y los hacen partícipes de los rituales de la práctica de la medicina vinculándolos a equipos de trabajo, en los que tienen funciones específicas, se piense en una experiencia similar en la ingeniería. Necesitamos una experiencia que brinde a los estudiantes la oportunidad de discutir colectivamente, con el resto de los integrantes del equipo, lo que hacen, las hipótesis en las que se basan y cómo se deben interpretar los resultados que están obteniendo.

En numerosos países europeos se hace sistemáticamente, y, en general de manera aceptable, en la práctica de la ingeniería en Estados Unidos. En consecuencia, no estaríamos inventando nada poco realista. En varios países, para recibir la *Licencia* como ingeniero profesional se requiere de la aprobación de un cuerpo representante del gremio de los ingenieros que ya tienen licencia. A esa aprobación se llega después de haber pasado cierto tiempo en el seno de un equipo profesional ocupado no de simular las condiciones, sino de hacer la práctica como tal y de haberse desempeñado como principiante dentro de un equipo. Después de haber cumplido los años de práctica supervisada por el resto del equipo con licencia profesional y de estar bajo su responsabilidad, puede acceder a un examen formal, que, de ser aprobado, lleva a la obtención de la *Licencia*. Para esto no hace falta sino que exista en el país un método especificado legalmente, que justamente es el que falta en nuestros países.

De hecho, en México hay una disposición de la Constitución Política que se concibió con buenas intenciones pero mal y en una época en la que no abundaban quienes supieran del tema. Se afirma que para el ejercicio de una profesión cualquiera, incluso la medicina, basta con tener el título otorgado por una universidad. Esto, hay que decirlo, es una aberración legal que por cierto no es fácil de resolver. Es posible que haya una manera de resolver el problema que no requiera una reforma constitucional, puesto que en el caso de la medicina sí está muy bien establecido por el gremio médico cuál es el procedimiento para cumplir esa práctica profesional supervisada y cómo ésta es indispensable para acceder a una licencia bien fundada para el ejercicio profesional.

No tengo duda de que los ingenieros nos podríamos poner de acuerdo para crear el equivalente al servicio o práctica profesional supervisada que los médicos ya tienen en México y en casi todo el mundo. Hay muy buenas razones para que esto haya ocurrido antes en la medicina que en otro campo, y es que todos estamos individualmente interesados en el ejercicio apropiado de la medicina. En la ingeniería es un poco más difícil lograr el consenso, pero sin duda éste es el camino.

### **Alberto Ocampo Valencia**

Propongo que ahora dialoguemos en torno a las siguientes preguntas del público:

- El doctor Reséndiz afirma que “el ingeniero aprende a diseñar en la práctica”. ¿Será que es el resultado de los procesos didácticos ortodoxos a los que se ve abocada la enseñanza de la ingeniería actual?
- Ante la propuesta de escenarios diferentes (escuela – práctica) para la formación de ingenieros, ¿cuáles son las fronteras de la escuela? ¿Cómo se enfrenta la existencia de distintos estilos de aprendizaje? Hay estudiantes que aprenden mejor primero con la práctica y luego reflexionando sobre ella. En el avance de la ciencia y la tecnología no siempre ocurre primero la teoría. Entonces, ¿cómo se puede innovar en la educación de la ingeniería?
- ¿Es más importante la práctica profesional que un trabajo de grado dirigido para la culminación de los planes de estudio en ingeniería?

### **Daniel Reséndiz Núñez**

Hice mucho énfasis en afirmar que la escuela no puede enseñar todo y en subrayar la importancia del aprendizaje en la práctica profesional; pero no quise decir que lo que enseña la escuela es irrelevante. Señalé varias veces la importancia de que el estudiante aprenda en la escuela lo que tiene que aprender allí, porque si no va a ser imposible desarrollar la práctica y continuar en el aprendizaje. Son dos fases

en el proceso de aprender, ambas indispensables e igual de importantes. No es sensato pretender que se intercambien las funciones de enseñanza entre la escuela y la práctica, porque los métodos con los que se aprende en cada una de ellas son radicalmente distintos. Son etapas distintas en todos los sentidos y cada una se tiene que cumplir debidamente para lograr la formación.

“No es sensato pretender que se intercambien las funciones de enseñanza entre la escuela y la práctica, porque los métodos con los que se aprende en cada una de ellas son radicalmente distintos”.

En cuanto al orden cronológico, me parece que primero debe ser la escuela y luego la práctica, porque el aprendizaje en esta última requiere del saber que da la primera. No es posible sacarle a la práctica alguna enseñanza si no se tiene la dotación de conocimientos teóricos que da la escuela. Que se pueden aprender muchas cosas en la práctica es cierto; pero en estos tiempos en los que tenemos que preocuparnos porque alguien no se pase toda su vida en su etapa formativa, la escuela desempeña un papel fundamental para lograr el uso eficiente del tiempo para fines de aprendizaje.

Por milenios, los ingenieros se han formado exclusivamente en la práctica, pero la cantidad de conocimiento sistematizado que había en esos tiempos era minúscula. Hoy los conocimientos científicamente fundados son tan voluminosos que no hay manera de transmitir en un tiempo razonable lo que cada tipo de ingeniería requiere en sus futuros practicantes.

### **Mauricio Duque Escobar**

Vuelvo al ejemplo del profesor Reséndiz porque me permite presentar de mejor manera cómo veo el tema con respecto a algunas de las preguntas que se plantearon. La medicina inicialmente fue una profesión fundamentalmente práctica. Había un aprendiz y alguien que sabía. El principiante aprendía las técnicas básicas con quien era su maestro. Posteriormente se estructuró esa formación y comenzaron a aparecer esos cuerpos de conocimiento que, como mencionó el profesor Reséndiz, aumentaron rápidamente con la utilización de estrategias denominadas método científico, y que permitieron de forma sistemática construir conocimiento a alta velocidad, desde una aproximación mucho más rigurosa. Esto obligó a que las escuelas se centraran en la enseñanza de una gran cantidad de contenidos que, además, fueron creciendo.

En algún momento, hace unas dos décadas, se empezó a ver que era imposible enseñar todo el cuerpo de conocimientos, que había crecido de tal forma que era

impensable enseñarlo en un tiempo racional. Además, parte de ese cuerpo de conocimientos, dentro de los procesos naturales que tiene la ciencia, va perdiendo su vigencia y empieza a ser reemplazado. En consecuencia, a veces se enseñaban conocimientos que, cuando llegaba el momento de utilizarlos, ya habían sido reemplazados por otros más eficientes o interesantes.

En los últimos años ha habido una vuelta del péndulo que pasó de lo práctico a lo fundamental y teórico, hacia un punto intermedio que se ha venido buscando en diferentes profesiones, entre ellas la medicina. La formación en medicina ahora utiliza intensivamente, en muchas facultades del mundo, el aprendizaje basado en problemas, que consiste, en enfrentar al estudiante, desde el comienzo de su carrera, a problemas realistas. Subrayo la palabra realistas porque, a menudo, no son problemas estrictamente reales, aunque son derivados de situaciones reales. Se trata de que los estudiantes vayan comprendiendo lo que van aprendiendo. Esto tiene una razón básica y fundamental: el aprendizaje humano es mucho más sencillo cuando la persona sabe para qué le sirve lo que está aprendiendo. Este es un tema que no estaba presente en las propuestas formativas de los años sesenta, setenta u ochenta, en los que el argumento formativo era: “apréndase esto porque le va a servir; créame que le va a servir”. El cerebro humano no trabaja de esa forma y requiere poder conectar las cosas para recordarlas. Cuantas más conexiones se generen con experiencias previas, hay más posibilidades de que las personas retengan lo que están aprendiendo.

“El aprendizaje humano es mucho más sencillo cuando la persona sabe para qué le sirve lo que está aprendiendo. (...) Cuantas más conexiones se generen con experiencias previas, hay más posibilidades de que las personas retengan lo que están aprendiendo”.

Hay programas que se articulan desde el comienzo en torno a pequeñas actividades que permiten al estudiante contextualizar lo que está aprendiendo, saber para qué le sirve lo que está aprendiendo. En otras palabras, que permiten al estudiante llegar a clase a responder las preguntas que ya tiene, y no a recibir una gran cantidad de información para preguntas que luego van a surgir.

Lo anterior no excluye un tema que para mí es fundamental y que ha sido reconocido por la comunidad académica en las últimas décadas: un profesional es una persona que tiene que estar dispuesta a aprender de por vida. En particular, la adquisición de experiencia práctica sólo puede hacerse sobre el terreno real. Por eso, éste es un tema del que deben ocuparse las facultades de ingeniería.

Un posible riesgo del mensaje del profesor Reséndiz, si se interpreta mal, es que dejemos de preocuparnos por la práctica de los estudiantes y simplemente digamos: “aquí está el estudiante que ya tiene la formación fundamental. Ahora miren ustedes cómo garantizan que este profesional desarrolle la práctica”. Ahí es donde la comunidad académica de ingeniería debería ser mucho más cauta y propositiva en la modificación de la forma como se da la licencia profesional en Colombia. Lo que dice el profesor Reséndiz sucede en la mayoría de países, salvo en los latinoamericanos: para que un ingeniero tenga licencia profesional, debe acreditar experiencia supervisada. Esto no sucede en Colombia. Inicialmente, con el título profesional se obtiene la licencia profesional. Lo único que media entre uno y otra es pagar medio o un salario mínimo, dependiendo del momento en que se haga. Realmente no hay una certificación social de que ese individuo, como profesional, conoce las buenas prácticas. Si observamos el sistema americano, la licencia profesional ni siquiera es válida en todo el territorio: es válida por estado, porque el ingeniero debe conocer las normas de cada estado; si no puede demostrar que conoce las normas, no puede ejercer la profesión.

### **Julio César Cañón**

Quiero referirme a algo que mencionó el profesor Mauricio Duque. Hay programas que exageran el discurso. Si uno escucha que la práctica es posterior y que la escuela tiene unos compromisos, se puede caer en la tentación de eliminar las cosas prácticas dentro de la escuela o incluso eliminar los laboratorios. Ayer se presentaron en esta Reunión Nacional experiencias importantes, como talleres y proyectos interdisciplinarios, que promueven los estudiantes de diferentes carreras y de distintos niveles, como formas alternativas de aproximación al trabajo profesional, sin renunciar, por supuesto, a la fundamentación.

Tengo una observación acerca de lo que solemos llamar pasantías que son una forma de acercamiento entre la escuela y la práctica, pero que no siempre se resuelven en beneficio de la solidez curricular. La mayoría de las veces son asuntos coyunturales que resuelven un problema administrativo de los programas y un problema operativo de alguna empresa. Así no se puede generar una comunidad de aprendizaje, en términos de hacer la práctica e ir construyendo proyectos de beneficio mutuo. Si hablamos de acciones y tareas, valdría la pena intercambiar experiencias sobre cómo se manejan los programas de ingeniería en el país y ver esos escenarios de trabajo final que se han mencionado y que están relacionados con la interacción entre distintos saberes.

Respecto a lo señalado por los profesores Daniel Reséndiz y Mauricio Duque, considero que, dentro de la arquitectura de los programas de ingeniería, sigue

existiendo esa aparente barrera que se atraviesa entre el ingreso a la universidad para estudiar ingeniería y la aparición de lo que uno suele llamar la carrera. Aunque se han reducido esas barreras, todavía muchos estudiantes no sienten que están estudiando ingeniería antes del cuarto o quinto semestre, cosa que no sucede con los estudiantes de medicina, para quienes su aproximación con el “anfiteatro”, con la anatomía, con la sangre, con el dolor, se da desde muy temprano. Esto explica, incluso, por qué los índices de deserción en carreras relacionadas con la salud son mucho menores que los índices de deserción en carreras de ingeniería.

### **Alberto Ocampo Valencia**

Estos planteamientos podríamos haberlos hecho en el siglo pasado y hubiesen sido válidos. Cuando pienso en acciones y cambios recuerdo el *Encuentro del Consejo Global de Decanos de Ingeniería Capítulo Latinoamérica*<sup>1</sup> que se celebró hace pocos días en la Universidad del Norte. Allí se afirmó que si no había cambios en infraestructura, tecnología y cultura docente, no se iba a avanzar mucho. ¿Ustedes consideran que es definitivo hacer cambios en esos tres elementos? ¿Piensan algo distinto respecto a la formación de ingenieros en el siglo XXI con relación a lo que se venía haciendo en el siglo pasado?

### **Mauricio Duque Escobar**

De los tres factores que usted menciona, el más importante es el de la cultura docente, porque finalmente en infraestructura, y lo he visto en algunas experiencias, se hacen grandes inversiones y poco sucede, salvo que se tienen muchas cosas para mostrar a los pares académicos... La cultura docente es fundamental y está asociada a un tema prioritario que tiene que ver con la construcción de un acuerdo común sobre qué significa formar ingenieros. Creo que sobre eso todavía hay mucho camino por recorrer: hay muchas posturas, pero no necesariamente existe un consenso. En el caso colombiano, tal como lo mencionaba el profesor Cañón, no existe el equivalente de una academia de ingeniería que se preocupe de ese tema. Los dolientes han sido las resoluciones que salen, el político bien intencionado que trata de sacar algo adelante o lo que puede suceder coyunturalmente. Estructuralmente, la discusión sobre la responsabilidad en la ingeniería y lo que significa formar ingenieros, no se han dado con la suficiente profundidad.

<sup>1</sup> El Global Engineering Deans -GEDC-, es una iniciativa surgida en 2008, por decanos de ingeniería de varias instituciones del mundo, el cual busca contribuir al avance en la educación de la ingeniería a nivel mundial, definiendo las características que debe tener la educación universitaria para responder a los retos del siglo XXI, promoviendo la innovación curricular y educativa, la vinculación con la industria y contribuyendo al desarrollo de políticas regionales que promuevan el avance de la ingeniería. Siguiendo estos lineamientos, algunos decanos de Latinoamérica consideraron necesaria la creación de un Capítulo Latinoamericano de dicha organización, cuya misión es servir como red global de decanos de ingeniería y apoyarse en las fortalezas colectivas para el avance de la educación, innovación e investigación en las diferentes ramas de la ingeniería.

El segundo factor que me parece clave, es el relativo a la docencia. La ingeniería, incluso a nivel internacional, tiene muy poca investigación en enseñanza. Una colega americana de la Universidad de Colorado, hizo un estudio en el que revisó cuántos artículos en las áreas de ciencias y de ingeniería presentaban realmente resultados en educación. Encontró que en ciencias sólo un 20% ó 30% de las publicaciones tenían rigor científico. El resto eran informativas: cumplían con la tarea de presentar experiencias pero no tenían ningún rigor científico. El caso de ingeniería fue aún peor: el porcentaje fue inferior al 5%. En ingeniería poco estamos investigando rigurosamente sobre la didáctica de la ingeniería, poco estamos haciendo por comprender qué es lo que hay que enseñar a los estudiantes, qué significa eso, cómo se enseña y dónde están las dificultades, que es lo que se conoce como investigación en didáctica de la disciplina. Hay que profundizar mucho más en el tema para montar procesos de enseñanza y de aprendizaje científicamente sustentados y que no partan simplemente de las buenas intenciones y del sentido común, entre otras cosas porque eso es lo que diferencia a un profesional de un técnico.

“En ingeniería poco estamos investigando rigurosamente sobre la didáctica de la ingeniería, poco estamos haciendo por comprender qué es lo que hay que enseñar a los estudiantes, (...), cómo se enseña y dónde están las dificultades, que es lo que se conoce como investigación en didáctica de la disciplina”.

## **Julio César Cañón**

Todas las preguntas que se escuchan en estos espacios necesitan de un responsable para materializar las respuestas. Las respuestas se vuelven realidad en el aula, en el gabinete o en la práctica, a través del profesor. No se hace mucho pidiendo estudiantes multidimensionales, de visión global, integrales, si los profesores, los responsables de conducir a esos estudiantes por el camino del aprendizaje, no tenemos una aproximación a esa dimensión.

Hablando de tareas y consignas, hay un tema que se ha mencionado repetidamente. Necesitamos dar el paso del profesor de asignatura, en el cual nos hemos mantenido por razones de comodidad y de relación laboral, a la del profesor de programa. Sólo cuando uno concibe lo que hace como integrante de una comunidad que entrega estudiantes a otra comunidad, la de los ingenieros, puede tener mejor noción del papel fundamental que desempeña en el proceso. Mientras la vinculación continúe siendo de tipo “funcionario”, va a ser muy complicado que el profesor adopte esas nuevas pautas. Si el profesor es un funcionario, termina su jornada a las cinco de la tarde y no tiene compromiso misional ni con el desarrollo de la profesión ni con la formación de los estudiantes. Así va a ser muy complicado responder a las necesidades que se detectan.

Uno mi reflexión anterior a un asunto que el profesor Broncano mencionó ayer: la responsabilidad social. Se hablaba de la cultura material. No solo es la cultura material, sino la búsqueda de la felicidad. Las Naciones Unidas aceptaron que la búsqueda de la felicidad es un derecho humano fundamental. La ingeniería está justamente para hacer personas felices, personas con una mejor calidad de vida. Ese es el discurso. La reflexión alrededor de ese discurso es que hemos fracasado universalmente en el logro de los *Objetivos del Milenio*. La ingeniería del mundo no fue capaz de satisfacer las pequeñas necesidades de la sociedad. Y aquí debemos hacer una reflexión muy profunda para nuestro existir como Asociación y como profesores. La búsqueda de la felicidad por parte de la sociedad es un compromiso, desde luego, de toda la sociedad; pero se materializa particularmente a través de los ingenieros. Esto habría que agregarlo a las consideraciones del profesor Duque acerca de la reconstitución del compromiso de los docentes de ingeniería.

### **Daniel Reséndiz Núñez**

¿Qué tan factible sería promover desde ACOFI una acción conjunta con los empleadores de los egresados de las escuelas de ingeniería para que hubiera una mejor comprensión de lo que hemos discutido acerca de la manera como se forman los ingenieros, y se comprometieran a facilitar y diseñar conjuntamente con las escuelas las formas de colaboración para que los egresados tuvieran la oportunidad de cumplir en condiciones apropiadas esa segunda fase, la de la práctica profesional, indispensable para su formación como ingenieros? Lo menos que puede resultar de esa experiencia es la comprensión, por parte de los empleadores públicos y privados, de su responsabilidad en la formación de ingenieros en esa segunda etapa formativa.

### **Alberto Ocampo Valencia**

¿Qué mensajes adicionales quieren dejar a la Reunión Nacional sobre la formación de ingenieros?

### **Mauricio Duque Escobar**

Retomo las palabras del Profesor Reséndiz. Creo que en Colombia nos urge revisar lo que significa la licencia profesional, así como las condiciones en las que se deben desarrollar los programas, particularmente en lo que tiene que ver con la experiencia práctica de los estudiantes. También es prioritario revisar la definición de lo que es un profesional de ingeniería, y hacer un trabajo con la sociedad que no se ha hecho aún: decirle a la sociedad qué es lo que hace un ingeniero. Parte de lo que sucede se debe justamente a que hay estereotipos sociales sobre lo que hace un ingeniero y esos estereotipos no necesariamente son ciertos ni favorables.

“Es prioritario revisar la definición de lo que es un profesional de ingeniería, y hacer un trabajo con la sociedad que no se ha hecho aún: decirle a la sociedad qué es lo que hace un ingeniero”.

## **Julio César Cañón**

Me hago eco de algo que hemos venido trabajando con el grupo Educing<sup>2</sup>, del cual hago parte. Es una invitación también a ACOFI para pensar en forma muy seria y concreta en la creación de algún tipo de dispositivo social que nos permita pensar el futuro de los ingenieros en Colombia. No hay un lugar de prospectiva profesional. No hay un lugar desde donde podamos ver si lo que se predica es lo mismo que, por lo menos, se intenta aplicar. No podemos seguir dependiendo de si los propósitos del Plan Nacional de Desarrollo están o no alineados con las propuestas académicas. ¿Quién hará la ingeniería del futuro? Los chicos y los jóvenes de hoy. Entonces hay que ver la calidad académica de la formación de las escuelas de ingenieros en Colombia y ver si está siendo lo suficientemente buena. En Colombia necesitamos contar con un sitio de pensamiento estratégico para la ingeniería y para la formación de ingenieros.

“Necesitamos contar con un sitio de pensamiento estratégico para la ingeniería y para la formación de ingenieros”.

---

<sup>2</sup> Grupo de investigación que trabaja en la caracterización de los estudiantes de ingeniería, la formación de profesores y los sistemas de calidad en educación superior en ingeniería

## Mesa de Trabajo

Coordinador:

Miguel Corchuelo Mora  
*Universidad del Cauca, Popayán*

Participantes:

Apellidos	Nombres	Institución	Ciudad
Ramírez Ayala	Andrés Felipe	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Otálora	Sandra Janeth	Universidad Antonio Nariño	Bogotá
Quintero Torres	Diana Isabel	Universidad Antonio Nariño	Bogotá
Martínez Campo	José Luis	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
Vega B.	Carlos F.	Universidad Autónoma Occidente	Cali
Lozano Montaña	Alonso	Universidad Católica de Colombia	Bogotá
Aguilar Gaitán	Héctor José	Universidad Central	Bogotá
Osorio Quiceno	Mariluz	Universidad Central	Bogotá
Castañeda Gómez	Eric	Universidad de Antioquia	Medellín
Castellanos Galeano	José Fernando	Universidad de Caldas	Manizales
Silva Quiceno	Mónica	Universidad de los Llanos	Villavicencio
Echeverry L	Carlos A.	Universidad de Medellín	Medellín
Arias Gómez	Diego	Universidad de Quindío	Armenia
Cruz Ardila	Juan Carlos	Universidad de San Buenaventura	Cali
Villamizar Morales	Jorge	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
Herrera Quintero	Jhon Edward	Universidad La Gran Colombia	Armenia
Vargas	Luis Carlos	Universidad Militar Nueva Granada	Bogotá
Salazar Contreras	Jaime	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Cárdenas Aguirre	Diana María	Universidad Nacional de Colombia	Manizales
Velásquez Henao	Juan David	Universidad Nacional de Colombia	Medellín
		Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Mejía Ospina	Laura Angélica	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Ramírez	Ramiro	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira

En esta Mesa de trabajo participaron 23 profesores pertenecientes a 20 universidades. Además participó un profesor de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga cuyo nombre no quedó registrado. Por otra parte, tampoco quedó registro de las aportaciones de los profesores de la Universidad Autónoma del Caribe, de la Universidad Autónoma de Occidente y de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín que participaron en la Mesa.

El trabajo de la Mesa, coordinado por el profesor Miguel Corchuelo de la Universidad del Cauca, se desarrolló con la ayuda de las dos cuestiones siguientes:

1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad.
2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años.

Para facilitar la estandarización de las respuestas, se propusieron las tablas siguientes:

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación

Las respuestas aportadas no permiten conocer si existen estudios acerca del perfil del actual estudiante de ingeniería en las respectivas facultades de ingeniería.

En cuanto a las respuestas formativas innovadoras que han dado las facultades de ingeniería, en los cinco últimos años, teniendo en cuenta el tipo de estudiante, la información recogida es muy dispar, como puede apreciar el lector en las tablas que siguen. En general no se percibe una clara relación entre las características del estudiante y la propuesta formativa innovadora. Hay un importante número de estas propuestas que se han implementado en fechas relativamente recientes y no se ofrece suficiente información acerca de la evaluación de dichas propuestas.

## Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá

### I. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Estudio de la relación de pérdida de materias básicas con la deserción		Página web	

### 2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
Falencias en ciencias básicas	Acompañamiento personalizado por parte de estudiantes con buenos promedios	2006	No
Adaptación al cambio colegio-universidad	Acompañamiento por parte de profesores. Cuando el estudiante entra en la universidad, se le asigna un profesor		

## Universidad Antonio Nariño - Bogotá

### I. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Nivel socio-económico y mecanismos de financiación en ingeniería ambiental e ingeniería electrónica y biomédica	Informes para comité académico e informes de autoevaluación con fines de acreditación para ingeniería ambiental, ingeniería biomédica e ingeniería electrónica	No	

2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
<p>Dos tipos de edades: menores de edad y estudiantes trabajadores que costean sus propios estudios</p> <p>Estrato socioeconómico 2 y 3</p> <p>Bajas competencias en matemáticas y en habilidades comunicativas tanto en lengua nativa como extranjera. Baja comprensión de lectura.</p> <p>Falta de disponibilidad de tiempo</p>	Se incluyó en el ciclo básico para las ingenierías la asignatura "resolución de problemas matemáticos"	2011-II	
	Se ofrecen cursos gratuitos de inglés, alemán, ruso y francés	2009	
	Existen los clubes de conversación en inglés	2010	
	Existen las clínicas (tutoriales) en matemáticas, física, química y sistemas	2009	
	Ingeniería ambiental tiene el plan padrino: un estudiante de semestre superior acoge a uno de primer semestre para orientarle	2008	
	En ingenierías electrónica y biomédica se acogió el modelo CDIO y en ingeniería ambiental el modelo pedagógico integrador	2010 - 2011	

## Universidad Católica de Colombia - Bogotá

1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación

2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
	Tutorías en los tres primeros semestres. Después, consejerías.  Seguimiento al proceso de formación universitaria		

### Universidad Central - Bogotá

1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Caracterización socio-académica de estudiantes que ingresan a la facultad de ingeniería y su perfil de riesgo	Informe interno	No	(s.f.)

2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
Estudiantes que laboran	Articulación del espacio de prácticas de ingeniería a lo largo del plan de estudios	2011	No
Bajo capital cultural (estudiantes de estratos 2 y 3)	Incorporación de estrategias de aprendizaje activo en las asignaturas		
Riesgo académico por las deficiencias en su formación en ciencias	Acompañamiento, consejerías y tutoriales en ciencias básicas		

## Universidad de Antioquia – Medellín

### Grupo de Investigación Ingeniería y Sociedad

#### 1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Realidad académica y social de los estudiantes de ingeniería de la UDEA	Reunión Nacional de ACOFI 2011	Memorias del evento	2011

#### 2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
Académicas Económicas Sociales Laborales	Programa "PARCE" Hacer maestro Estudiantes vulnerables Chat - Tutorías Tutorías virtuales Escuela de padres Consultorio psicológico Programa de internacionalización Inglés para ingenieros Cursos nivelatorios Curso "vivamos la U" Semilleros de investigación Bachilleres en la UDEA Grupo de danza y teatro Laboratorio integrado de física Aprendizaje efectivo presencial y virtual Seguimiento a estudiantes Fondos de ayudas (Cooperativas, EPM) Subsidios de transporte y sistema metro	Desde el 2008 a la fecha	Todos los programas se han implementado con muy buenos resultados

## Universidad de Caldas - Manizales

### 1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Evaluación del perfil del estudiante en los procesos de acreditación de los programas		Portal web institucional	2005

### 2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación

## Universidad de los Llanos, Villavicencio

### 1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Estudio de deserción	Presentado al consejo académico y a los decanos. Socializado con todos los miembros de la comunidad académica		2009
Caracterización de estudiantes del primer semestre			

2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
Curso de más alta mortalidad académica	“PREU”, Programa de retención estudiantil	2010-I	
Semestre en el cual salen más estudiantes por bajo rendimiento académico	Planes TIC		

### Universidad de Medellín, Medellín

1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación

2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
Resultados obtenidos en las pruebas Saber 11 y riesgo de deserción, según SPADIES.	Programa “permanencia con calidad” para prevenir la deserción y repitencia, con el apoyo de un grupo de psicólogos, profesores y monitores	2008	

## Universidad del Quindío, Armenia

### I. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Estudio de deserción y permanencia	Publicación institucional  Presentación a directivas académicas y socialización a toda la comunidad universitaria	Por solicitud a la oficina de planeación y desarrollo	2011

### 2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
Estudiantes con problemas académicos y bajo rendimiento	Programa de seguimiento tanto en los aspectos psicológico y actitudinal como en el académico.		

## Universidad de San Buenaventura, Cali

### I. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Evaluación del perfil del estudiante en los procesos de registro calificado y acreditación		<a href="http://www.usbcali.edu.co">www.usbcali.edu.co</a> . link programas académicos facultad de ingeniería	

2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características consideradas del perfil del estudiante	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
	<p>Proyectos de aula y proyectos integradores que permitan la solución de problemas inter y transdisciplinariamente.</p> <p>Unificación de áreas básicas Idioma inglés Proyectos de grado</p>	2009-I	
Estudiantes con dificultades académicas o con problemas que puedan causar deserción	Programa de Asistencia, PAPP	2009	

## Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga

1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación

2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
	<p>PAMRA Programa de asesoría para el mejoramiento del rendimiento académico (15 años).</p> <p>MIDAS Modelo de intervención para disminuir la deserción académica en los estudiantes de primer nivel.</p>		

### Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá

- Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación

- Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación

## Universidad La Gran Colombia, Armenia

### 1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Nivel de satisfacción del estudiante de pregrado y de postgrado	Documento interno	Por solicitud directa	2008
Determinación de requisitos de los estudiantes de pregrado	Documento interno	Por solicitud directa	2010

### 2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación

## Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

### 1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Caracterización del estudiante admitido: deserción y repitencia	Presentado en el primer Foro preparatorio ACOFI 2011	Revista "Ingeniería e investigación"	

2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
Bajo nivel del admitido en matemáticas e inglés	Cursos nivelatorios en matemáticas básicas e inglés. Apoyo de monitores	2009-II	Falta afinar
Riesgo de pérdida de la calidad de estudiante	Programa de acompañamiento académico. Creación de la figura de tutor, que se reúne con los padres de familia	2010-II	Falta mayor cultura y compromiso del tutor
	CREA: proyecto investigación. Curso de introducción a la ingeniería Apoyo de psicólogos y profesores titulares		

## Universidad Nacional de Colombia, Manizales

1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Documentos de la reforma académica			2008
Informe de autoevaluación para acreditación			2008

2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
Se consideran variables socioeconómicas, demográficas y de requisitos académicos	Las asignaturas o áreas del conocimiento que se consideran fundamentales en la formación, se han estructurado como talleres	1990	El informe de acreditación lo resalta como una gran fortaleza

## Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga

### I. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación
Análisis de las competencias ciudadanas en estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial	Jornada de investigación de la facultad	Si	2010

### 2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
Estudiantes con capacidad de trabajo en equipo	Núcleos integradores en semestres del programa	2007	
Preferencia por trabajos prácticos			

## Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira

### 1. Estudios sobre el perfil del actual estudiante de ingeniería en su facultad

Título del estudio	Forma de socialización y publicación	Accesible	Fecha de publicación

### 2. Respuestas formativas innovadoras que ha dado su facultad, pertinentes con el tipo de estudiante, en los cinco últimos años

Características del perfil del estudiante consideradas	Propuesta formativa	Fecha de implementación	Evaluación
Perfil socio-económico al ingresar a la universidad	Acompañamiento desde la vicerrectoría de responsabilidad social y bienestar universitario		
Nivel de conocimientos en matemáticas de los estudiantes al ingreso	Curso introductorio Programas de tutorías		
	Nuevas metodologías para el proceso enseñanza-aprendizaje Promover el uso de la lúdica como herramienta clave en la formación del ingeniero industrial		





# Capítulo 2

## Desarrollo de la investigación





**E**l eje correspondiente al *Desarrollo de la investigación* tuvo por objetivo el análisis para establecer líneas de investigación pertinentes con los planes de desarrollo locales, regionales y nacionales y estudiar casos exitosos de resolución de problemas propios de la ingeniería, mediante investigación aplicada.

Para el desarrollo de este eje se realizó un *Foro preparatorio*, que tuvo lugar en la ciudad de Bucaramanga el 29 de abril de 2012, y que contó con la participación de los siguientes expositores:

- Torcoroma Velásquez Pérez, Decana Facultad de Ingeniería Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña.
- Faver Adrián Amorochó, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria de San Gil.

Durante la *Reunión Nacional*, alrededor del eje *Desarrollo de la investigación*, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- La *conferencia magistral* del ingeniero Enrique Urquieta González, titulada “Inversión pública y privada en Ciencia, Tecnología e Innovación en Brasil: El Modelo de Interacción PETROBRAS con las Universidades”. El profesor Urquieta es Ingeniero Químico de la Universidad de Santiago de Chile. Magíster en Ingeniería Química y Doctorado en Ciencia de los Materiales e Ingeniería de la Universidad Federal de San Carlos (UFSCar). En la misma institución es profesor asociado y director del Centro para la Ciencia y la Tecnología. Miembro del Laboratorio de Catálisis de la DEQ-UFSCar. Coordina la implementación del Centro UFSCar Investigación de Materiales Avanzados y Procesos para la Industria del Petróleo y Energía y el Laboratorio de Desarrollo de Lubricantes y la tecnología de lubricación.
- El *diálogo de pares*, que se desarrolló teniendo en cuenta los objetivos del eje y la conferencia del ingeniero Urquieta. En el diálogo participaron los ingenieros Guillermo Aponte Mayor, profesor Titular de la Universidad del Valle y

Mauricio Giraldo Orozco, profesor e investigador de la Universidad Pontificia Bolivariana. La moderación estuvo a cargo de Francisco Javier Rebolledo, Decano Académico de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana.

- La *mesa de trabajo*, en la que, con la coordinación del ingeniero Yoan Pinzón de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, participaron 16 profesores procedentes de 10 universidades.
- La presentación de los trabajos de los profesores: 12 *comunicaciones orales* y 17 trabajos en forma de *póster*, los cuales se pueden encontrar en las memorias de la Reunión Nacional “Acciones y cambios en las facultades de ingeniería” (ISBN 978-958-680-069-3)

En este segundo capítulo se presenta la documentación que, a partir de las diversas actividades, se elaboró para desarrollar el eje correspondiente al *Desarrollo de la investigación*.

## Panel

### **I. Interconectividad de la Provincia de Ocaña**

*Torcoroma Velásquez Pérez, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña*

#### **Introducción**

Ocaña, segunda ciudad del departamento de Norte de Santander en Colombia, se encuentra sobre la cordillera oriental y tiene una población de 90037 habitantes según censo 2005 [1]. El área de influencia de Ocaña comprende lo que se ha denominado “Provincia de Ocaña” y algunos municipios del Cesar y Sur de Bolívar. Es una zona eminentemente agrícola, ganadera y de microempresas principalmente de comercio y servicios. Esta región tiene una población con muchos problemas sociales. La mayoría de sus habitantes son de estrato uno y se presentan altos índices de violencia.

La facultad de ingeniería de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO), ha establecido unas estrategias para generar un cambio tecnológico en la región, iniciando con propuestas académicas, proyectos de investigación y extensión hacia la comunidad. Entre las ofertas académicas se incluyen la formación técnica profesional que puede ser en informática o telecomunicaciones, la formación profesional como la ingeniería de sistemas, y una propuesta de especialización en auditoría de sistemas, así como certificaciones internacionales en CISCO e ICDL.

#### **Desarrollo**

Las propuestas de los programas están fundamentadas, según la definición de currículo (Artículo 76 de la Ley 115 de 1994), para poder lograr desarrollar en el estudiante todas las competencias propuestas. Para ello se debe recurrir a un conjunto de contenidos significativos e interrelacionados, que serán la esencia del ingeniero de sistemas de la UFPSO. [2] Acompañan este proceso las propuestas técnicas profesionales de los ciclos propedéuticos [3]. El primer ciclo estará orientado a generar competencias y desarrollo intelectual así como aptitudes, habilidades y destrezas, al impartir conocimientos técnicos necesarios para el desempeño laboral en una actividad, en áreas específicas de los sectores productivo y de servicios. La Universidad tiene aprobados *los programas de técnicos profesionales en informática y telecomunicaciones los cuales están soportados bajo estos lineamientos* [4].

De acuerdo con el decreto 1295 de 2010 [5] se plantea la especialización en Auditoría de Sistemas de la UFPSO, cuyo objeto de estudio es la capacidad de identificar los riesgos que están presentes en el manejo de la información en las

empresas. El egresado de la especialización debe estar en la capacidad de proponer los controles necesarios para identificar, clasificar y manejar dichos riesgos con el fin de minimizarlos, establecer un modelo de seguridad informática, monitorear y controlar la administración de los recursos informáticos y gestionar efectivamente el área de Auditoría de Sistemas adaptando modelos de gobernabilidad de TI [6].

*Políticas de territorios digitales.* “En 2019, el sector telecomunicaciones debe ser uno de los principales impulsores del crecimiento económico y del desarrollo social del país, y contribuir a una sociedad informada, conectada e integrada al entorno global” [7]. *Ocaña Digital* es un proyecto liderado por la UFPSO, con el apoyo del Fondo de Comunicaciones del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, y la Alcaldía municipal. El municipio de Ocaña se ha convertido en el primer territorio digital del departamento del Norte de Santander, y trata de disminuir la brecha digital que existe en la población, a través de procesos de alfabetización digital que promueven y facilitan el buen uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones por parte de la ciudadanía. Está enmarcado en tres ejes: *infoestructura*, *infocultura* e *infraestructura*; apoya los procesos de desarrollo social, económico y cultural de la población; asimismo contribuye con el mejoramiento de la calidad de vida de las personas que no tienen acceso a este tipo de avance tecnológico.

Para la puesta en marcha del proyecto *Ocaña Digital*, se firmó el convenio de cooperación N° 000217 del 5 de Junio de 2008, suscrito entre el Fondo de Comunicaciones y la UFPSO [8]. A tal fin, el proyecto *Ocaña Digital* atiende tres ejes de acción de la política de territorios digitales, en los cuales se han obtenidos los siguientes logros:

- Masificación de la *infraestructura* (conectividad – computadores). El proyecto cuenta con una infraestructura moderna y confiable, la cual permite que cada uno de los usuarios pueda acceder a las herramientas digitales necesarias para el buen uso y aprovechamiento de las TIC. El área administrativa se encuentra en la ciudad de Ocaña Norte de Santander. Presta servicios como conectividad a tecnoparque e instituciones educativas y a organismos de socorro. Apoya a las entidades financieras de la ciudad. Se promueve el uso de las nuevas tecnologías en cada uno de los escenarios económicos de la región, incrementando los niveles de apropiación de las TIC en estos sectores.
- La implementación de nuevas zonas Wi-Fi contribuye al objetivo de tener una sociedad informada, conectada e integrada al entorno global. Con la nueva zona de acceso gratuito se completa un total de tres (3) zonas Wi-Fi, las cuales se encuentran ubicadas en sectores estratégicos de la ciudad, aportan al objetivo del plan Vive Digital en impulsar la masificación del uso de internet a través de la infraestructura brindando servicio de internet gratuito a la comunidad (Figura 1)

- Dentro del eje de *infocultura* se desarrolló un importante trabajo de sensibilización en el casco urbano del municipio de Ocaña, en cada una de las seis (6) comunas y sus ciento nueve barrios, con el apoyo de los presidentes de las Juntas de Acción Comunal (JAC).
- Alfabetización, apropiación y aprovechamiento de las TIC. Con el propósito de seguir trabajando en la construcción de una ciudad inteligente en el año 2010, se ha capacitado un total de 2155 ciudadanos en edades de 6 a 78 años; en estas capacitaciones se involucra a niños, jóvenes, adultos de los diferentes estratos socioeconómicos, nivel escolar, ocupación, sexo y religión. De esta manera, el proyecto *Ocaña Digital* adopta los objetivos trazados por el Plan Vive Digital en el cual se proyecta para el año 2014 un porcentaje del 50% de docentes capacitados en el uso de las TIC, aumentando considerablemente el porcentaje actual que es del 1%.

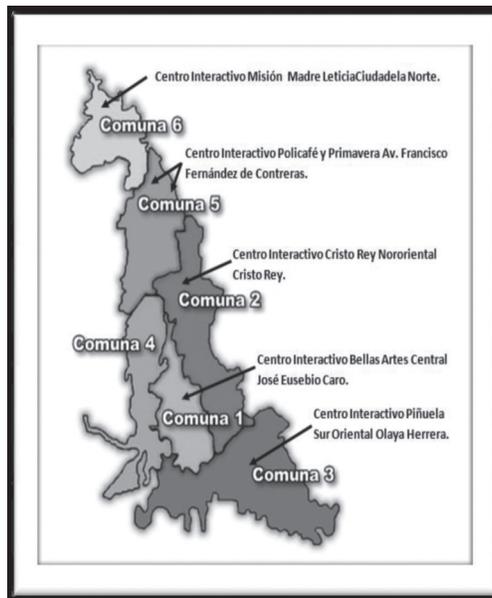


Figura 1. Centros interactivos

El grupo de investigación (GITYD) en teleinformática y desarrollo de software del departamento de sistemas e informática de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, desarrolló el proyecto “Interconectividad de las instituciones educativas con el uso de las TIC”, llevando a cabo la fase de implementación e implantación del sistema académico “Génesis\_SIA” y de la página Web “Génesis WEB” iniciando en los colegios de Ocaña y proyectándolo a regiones vecinas. “Génesis\_SIA” es un sistema de información académica en ambiente Web que apoya a las instituciones

educativas en el manejo eficiente y adecuado de la información, permitiendo a docentes, estudiantes, administrativos y padres de familia, ser líderes en la era de la información a través del uso intensivo de las TIC, y lograr el almacenamiento y manipulación de la información académica de una institución educativa. Dicho sistema permite realizar el registro de la institución educativa con sus respectivas sedes, estudiantes, docentes, cursos, áreas, materias, logros y todo lo relacionado con el proceso de formación y evaluación de los estudiantes, basado en el sistema de competencias, fortalezas y debilidades, según lo indica el decreto 1290 de abril de 2009. Se implementaron políticas de seguridad para respaldar los datos correspondientes a cada una de las instituciones soportadas por el sistema de información. Además, se generan los informes requeridos para la Secretaría de Educación. De esta forma se mantiene centralizada y disponible en cualquier momento toda la información de la institución, permitiendo que rectores, secretarios de educación, jefes de núcleo, puedan proyectar políticas académicas, acordes al desarrollo del sector educativo.

El Sistema de Información Académico Genesis\_SIA, se desarrolló aprovechando el avance tecnológico actual, permitiendo que el ingreso a esta aplicación pueda realizarse desde cualquier lugar del mundo, simplemente usando un computador con acceso a internet. Esto agiliza los procesos, puesto que no es necesario estar en la institución para tener informes de ella o para realizar determinada consulta. Las instituciones educativas que tiene implementado el software se muestran en la Figura 2.

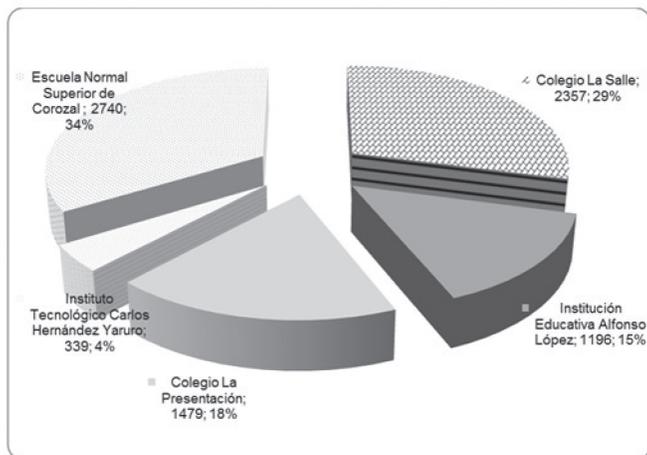


Figura 2. Estudiantes matriculados en las instituciones educativas en el año 2011

## Conclusiones

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña se preocupa por los demás niveles educativos liderando proyectos que permiten no sólo el mejoramiento tecnológico de las instituciones educativas, sino que articula con ellas propuestas curriculares de técnicos profesionales que representan alternativas para los estudiantes de bajos recursos que requieren adquirir competencias laborales específicas y que sirven de soporte para el proyecto de interconectividad en la provincia de Ocaña.

El proyecto *Ocaña Digital* ha logrado, a través de estrategias de capacitación e inclusión tecnológica, la apropiación por parte de un número significativo de ciudadanos del uso de las nuevas tecnologías, logrando inclusión social en las TIC, mejoramiento en la calidad de vida, mayor desarrollo y competitividad tanto en la comunidad como en el sector educativo y comercial de la región.

## Notas

- [1] Angarita, Jairo. *Ocaña y la región*. [En línea]. [Ocaña-Colombia]: [Citado julio 2, 2009]. Disponible en <http://www.ciudadocana.com/secciones.php?seccion=ocana>
- [2] Comité curricular de Ingeniería de Sistemas. Condiciones Mínimas de Calidad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña. Ocaña: 2004. 82-115 p.
- [3] Ley 749 de Julio 19 de 2002 por la cual se organiza el servicio público de la educación superior en las modalidades de formación técnica profesional y tecnológica.
- [4] Comité curricular de técnico profesional en telecomunicaciones. Condiciones Mínimas de Calidad de Técnico Profesional en Telecomunicaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña. Ocaña: 2007.
- [5] Decreto 1295 de 2010 por el cual se establecen las condiciones mínimas de calidad y demás requisitos para el ofrecimiento y desarrollo de programas académicos de educación superior.
- [6] Comité curricular de la especialización en informática educativa. Documento de estándares de calidad del programa de la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña. Ocaña: 2011. 49p.
- [7] Guerra, María, “Política de Territorios digitales Ministerio de Comunicaciones República de Colombia: 2008”.
- [8] González, Wilmar, Informe ejecutivo Proyecto Ocaña Digital ante el Ministerio de Tecnología de la Información y Comunicación. 2011.

## **2. Desarrollo de Investigación Pertinente en el Sur de Santander**

*Faver Amorocho, Fundación Universitaria de San Gil*

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, en los últimos 36 años, ha venido preocupándose, propiciando y jalonando reflexiones sobre la formación en el campo de la ingeniería, y las relaciones que ello implica con el medio social, empresarial y cultural, tanto de los egresados, como de las facultades donde se forman los futuros ingenieros.

Si bien en los últimos años, a nivel nacional, se han hecho diferentes esfuerzos por promover el desarrollo de la investigación, es necesario que estos esfuerzos se dirijan hacia acciones efectivas, para resolver necesidades sentidas, de modo que la solución desencadene beneficios asociados.

Considerando el objetivo del este panel “Analizar estrategias para establecer líneas de investigación pertinentes con los planes de desarrollo locales, regionales y nacionales”, me permito presentar la concepción y las acciones desarrolladas por la facultad de ciencias naturales e ingeniería de Unisangil, en su zona directa de influencia.

### **Zona de influencia de Unisangil. Nuestro contexto**

El sur de Santander está conformado por las provincias de Guanentá, Comunera y Vélez, que congregan a 52 municipios, en una extensión aproximada de 15.940 km<sup>2</sup>, con una población cercana a los 530.000 habitantes. Se destacan principalmente los municipios de San Gil, Socorro y Barbosa, todos sobre la vía principal que comunica Bogotá con la ciudad de Bucaramanga. Las principales actividades económicas de esta zona son la agrícola, la agroindustrial, la minera, y la artesanal. De forma sobresaliente, en los últimos años, se viene impulsando el sector del turismo.

### **Concepción de una investigación pertinente**

Colombia, en su dinámica de crecimiento y transformación, debe enfrentar los retos de mayor significado para la nación, que podrían ser estructurados desde tres dimensiones:

- a) Por una parte, somos un país en vías de desarrollo, lo que exige ser más competitivos, abriendo nuevos mercados, buscando la firma de tratados de libre comercio, intentando mejorar las relaciones con los vecinos, aprovechando su riqueza natural y biodiversidad, dando valor agregado a las cosas que nos hacen ricos. Pero, por otra parte, Colombia ha tenido que superar políticas económicas

que en su momento no fueron acertadas y llevaron a retrocesos de la industria y de las empresas.

- b) Una segunda dimensión característica, es la fuerte y larga problemática social y de gobierno que el país ha vivido, propiciada por la producción y tráfico de estupefacientes, grupos armados al margen de la ley y alto nivel de corrupción en los entes de gobierno, entre otros factores, que han generado consecuencias de mayor desigualdad social, desplazamiento forzado, aumento de los niveles de pobreza y miseria, altas tasas de desempleo y de subempleo, alto índice de criminalidad, abandono de las dinámicas agrícolas, debilitamiento de la población campesina, que ahora tratan de ser subsanadas con proyectos de restitución de tierras, indemnización de víctimas, programas de acción social, familias en acción, etc.
- c) En una dimensión más reciente, los problemas muy serios de cambio climático, siendo, a nivel mundial, uno de los países que más sensible a este tema. Este tercer aspecto, lleva un aumento de problemas para lograr satisfacer las necesidades básicas, de sostenibilidad alimentaria y nuevos desplazamientos.

Las tres dimensiones antes señaladas, demarcan un contexto que debe circundar el ambiente de los grupos de investigación, cuando se reconoce que se debe pasar del “investigar por el placer de saber más”, o para posicionar mejor una disciplina en particular, a un nuevo paradigma de “investigar cosas verdaderamente útiles”, no para los investigadores, sino para la socio-culturalidad, habitada por las necesidades de todos, con nuestras formas particulares de sentir, de obrar, de pensar y de soñar.

Los problemas de esta socio-culturalidad no son disciplinares, y no corresponden al ordenamiento tradicional de orden académico, ni de disciplinas ni de salas tipo Conaces. Del mismo modo, los problemas tampoco respetan los límites de lo puramente cuantitativo, ni cualitativo, ni reconocen metodologías estandarizadas de investigación. Es más, a las personas que viven los problemas que tratamos de asumir no les importan las investigaciones como procesos, sino las soluciones que les podamos presentar.

Trabajar como país en vías de desarrollo, implica no sólo enfocar los proyectos de investigación hacia la solución de problemas, sino también al aprovechamiento de oportunidades. La metodología tradicional de investigación enseña a los jóvenes estudiantes de ingeniería que deben iniciar identificando un problema, pero no se hace suficientemente énfasis en identificar oportunidades. Una mirada, en este sentido, ha de permitir generar valores agregados a las cosas en las cuales seamos buenos, para convertirnos en más competitivos.

En este escenario no se trata de excluir temas de investigación, porque seguramente todos son importantes. Se trata de dar un enfoque hacia lo que realmente necesita el país, precisar con claridad, desde la formulación del objetivo, qué es lo que se quiere cambiar, mejorar o aprovechar, y no sólo plantear el objetivo del proyecto desde lo que se quiere hacer.

El fin de la investigación pertinente no debe ser publicar: ello debe ser visto como parte del proceso más no como fin. Hay que ir hacia las patentes, la industrialización, y la comercialización. Sólo así nos acercaremos a lograr los cambios, que asegurarían que los resultados de las investigaciones realmente lleguen hasta la “cotidianidad”. En ese momento se podría decir que ha habido transformación derivada de una investigación. En este sentido, necesariamente, los proyectos de investigación deben ser detectados desde los departamentos de extensión e interacción social, y es este departamento el que debe entregar los desarrollos a la sociedad donde se germinó la necesidad u oportunidad.

Sin embargo hay que recordar el largo proceso que hay que seguir en Colombia para crear patentes: ¡para ello hasta se debe contratar a una firma de abogados!

### ***Resultados de investigación en el área de ingeniería en Unisangil***

La facultad ha estado atenta a participar en las cadenas productivas de panela, tabaco, café, minera y de turismo; para responder no sólo con formulación de proyectos de investigación en ingeniería, sino también planteando modelos organizacionales y de emprendimiento empresarial, con la participación de la facultad de ciencias económicas y administrativas y el centro de estudios de economía solidaria. Lo más relevante que permite el estar atento a las mesas sectoriales y a los gremios productivos, es la posibilidad de dialogar con los empresarios y con los mandos medios, con los campesinos, los mineros, los artesanos, los actores del turismo, los entes de gobierno y los medios de comunicación. Por ello Unisangil es fundadora, junto a otros actores, de la emisora La Cometa – FM de San Gil, que hace parte de la Red de Emisoras Comunitarias del Sur de Santander Redsander, que reúne a las 34 emisoras regionales que desarrollan un trabajo importante al anunciar, denunciar y promover las necesidades que se detectan y las iniciativas que nacen de la misma comunidad, y que buscan en la universidad un respaldo para su desarrollo.

Desde la institución hemos acompañado y desarrollado las agendas de ciencia y tecnología de las tres provincias, el plan prospectivo de la provincia de Guantánamo 2025, el Plan de Gestión Ambiental Regional para la CAS para los próximos 10 años. Se han elaborado, para municipios de la provincia, planes de saneamiento y manejo de vertimientos, de gestión integral de residuos sólidos, de sistemas de

gestión ambiental municipal, planes de ahorro y uso eficiente del agua, planes de mantenimiento para hospitales de la región. Todo esto se ha realizado en los municipios de San Gil, Vélez, Barichara, Villanueva, Barbosa, Pinchote, Valle de San José, Curití, Páramo, Ocamonte y Socorro.

La facultad de ingeniería desarrolla esta dinámica de trabajo con tres grupos de investigación y 12 semilleros, donde participan docentes, estudiantes, egresados y personal técnico de las empresas vinculadas en los proyectos, entre las cuales se destacan alrededor de 25 empresas.

Como resultado del pensamiento conceptual de investigación de la facultad y de la dinámica administrativa de Unisangil, que asigna el 4% de los ingresos por matrícula al fomento de la investigación (vale la pena destacar que el MEN indica que como mínimo se debe asignar el 2%), en la fecha se dispone de los siguientes prototipos, prestos a pasar a fase de industrialización y comercialización:

- Equipo para la torrefacción del café
- Equipo automático pulverizador de panela (en proceso de patente)
- Equipo seleccionador ciclón pulverizador de panela
- Equipo de fermentación de tabaco negro
- Equipo decantador electromecánico de cachaza para mejorar el proceso de limpieza de las mieles producidas en trapiches
- Horno de curación para el tabaco tipo Virginia, a partir del biogás
- Máquina cultivadora, aporadora y fertilizadora de tabaco

Estos equipos son el resultado de proyectos de investigación desarrollados en la modalidad de cofinanciación con recursos de COLCIENCIAS, Ministerio de Agricultura, las cadenas productivas y Unisangil. Estos trabajos han sido socializados en diferentes eventos tanto nacionales como internacionales (Méjico, Cuba, Ecuador, Puerto Rico).

Desde la dinámica de formación en investigación, los estudiantes están desarrollando, en los cuatro primeros niveles de aprendizaje, a través de proyectos integradores, propuestas de aportes de la ingeniería, a las apuestas productivas de la región. Estas dinámicas se enriquecen con los trabajos desde los semilleros de investigación, cuyos resultados también han sido socializados especialmente en eventos organizados por la REDCOLSI. Ello ha permitido que sean presentados en eventos nacionales e internacionales en Brasil y en Eslovaquia.

Estos desarrollos han sido reconocidos como exitosos en diferentes escenarios, tales como:

- Periódico Portafolio. Caso exitoso interacción universidad-empresa-estado en Santander – CUESS publicado por COLCIENCIAS, 2008
- Reunión Nacional de ACOFI, 2009
- Desarrollo desde la facultad de una edición especial de la revista “Inteligencia Artificial y Robótica Aplicada” de Jordania, como resultado del desarrollo de un congreso de inteligencia artificial y robótica en San Gil.
- Proyecto nacional de emprendedores –VENTURES 2010.
- Publicación de mejores proyectos de investigación, Ministerio de Agricultura - 2010 (proyecto de decantador prototipo de cachaza).

Así se han obtenido varios reconocimientos de los trabajos desarrollados por los estudiantes en los semilleros de investigación y en las olimpiadas de robótica.

### **Acciones actuales de investigación**

- La facultad, junto a la Agencia para el Desarrollo Local - ADEL Vélez, atendiendo las necesidades de las 156 empresas que trabajan en la producción de bocadillo en los municipios de Vélez, Barbosa y sus alrededores, está trabajando en la caracterización ambiental de las plantas, en el estado actual de la tecnología utilizada, en la aplicación de técnicas para la deshidratación de la guayaba y en la construcción de software para la producción de bocadillo.
- Estamos apoyando a la Asociación Aquileo Parra, en la construcción de un Bioparque en el municipio de Barichara, en una superficie de 8 hectáreas, que trata de sumarse a los atractivos de este municipio. El trabajo desarrolla los análisis biofísicos de suelos, los estudios de georeferenciación de especies plantadas, y el estudio climático.
- Diseño y construcción de un prototipo automático para el empaque tipo *stick pack* de tres vías para panela pulverizada.
- En convenio con la empresa ARGOS, se está realizando un proyecto que tiene por propósito utilizar residuos sólidos urbanos para la generación de energía, considerando que, en esta región, el manejo de residuos sólidos es un tema problemático.
- Por iniciativa del rector Luis Gustavo Álvarez Rueda, las cuatro facultades de Unisangil iniciaron en el 2011 un proyecto especial que trata de convertir esta región del Santander en un distrito turístico, histórico y cultural para el bien de todos.

# Conferencia

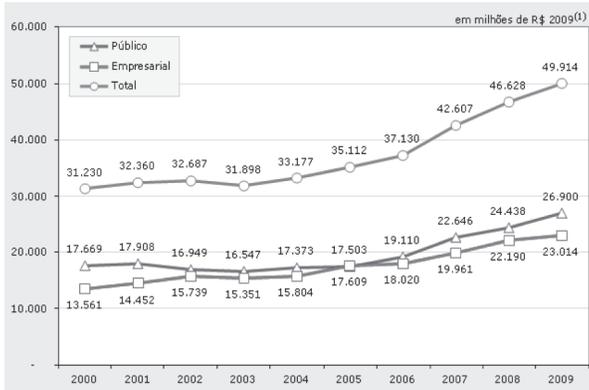
## Inversión pública y privada en Ciencia, Tecnología e Innovación en Brasil: “El Modelo de interacción Petrobras con las universidades”

Ernesto Urquieta González

En mi conferencia voy a tratar algunos aspectos de la ciencia y la tecnología, las inversiones públicas y privadas, el panorama de la formación de ingenieros y la formación de posgrado. De acuerdo con esa visión aparecerá claramente que Brasil precisa innovar en la formación de ingenieros. Entre las posibles estrategias para cambiar esta formación, están los modelos de interacción con empresas. En particular, les mostraré el modelo de la Petrobras y la experiencia que estamos teniendo con ese modelo. Al final plantearé algunas reflexiones y conclusiones.

### Ciencia y Tecnología – Inversión pública vs inversión privada

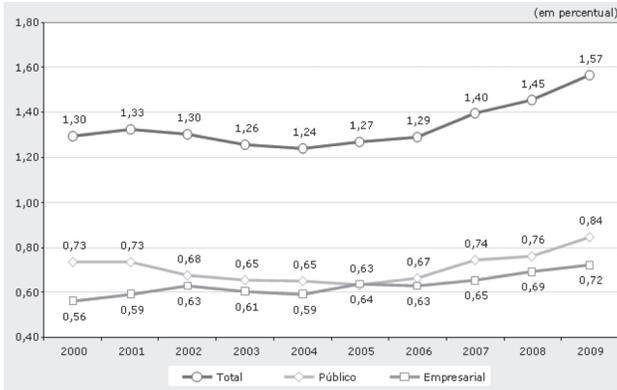
La gráfica I presenta las inversiones públicas y privadas en Brasil en el periodo 2000 – 2009.



Gráfica I. Gasto nacional en ciencia y tecnología en valores deflactados, total y por sectores, 2000-2009

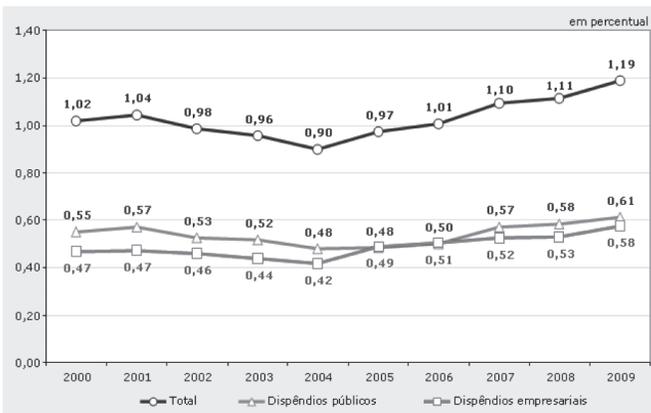
La curva superior representa el total de las inversiones brasileñas en ciencia y tecnología teniendo en cuenta inversiones públicas y privadas. Vemos que es del orden de 50 millones de reales, es decir 25 millones de dólares, en 2009. Esta cantidad incorpora todas las inversiones de las empresas en relación a la tecnología adquirida, desarrollada tanto en el país como en el exterior.

Los datos anteriores representan aproximadamente el 1,6% del producto interno bruto, como puede apreciarse en la gráfica 2.

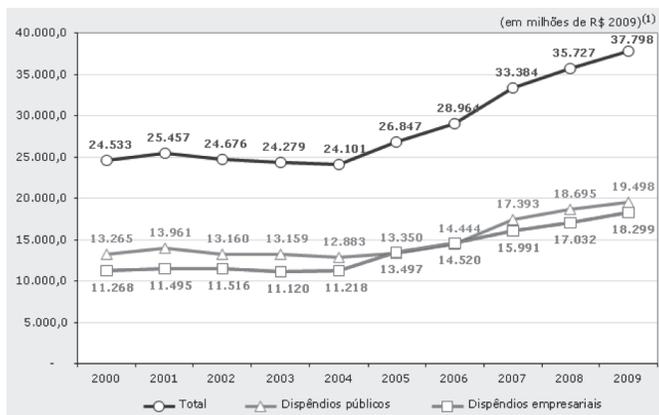


Gráfica 2. Gasto nacional en ciencia y tecnología en relación con el producto interno bruto (PIB) por sector, 2000-2009

La relación en el caso de las inversiones públicas y privadas, es muy parecida. El índice de inversiones disminuye cuando restamos las adquisiciones en tecnología de las empresas brasileñas y solamente consideramos las inversiones en investigación y en desarrollo. El índice, en relación al PIB, cae a 1,2% aproximadamente. En este caso, la situación de públicas y privadas también es muy parecida.



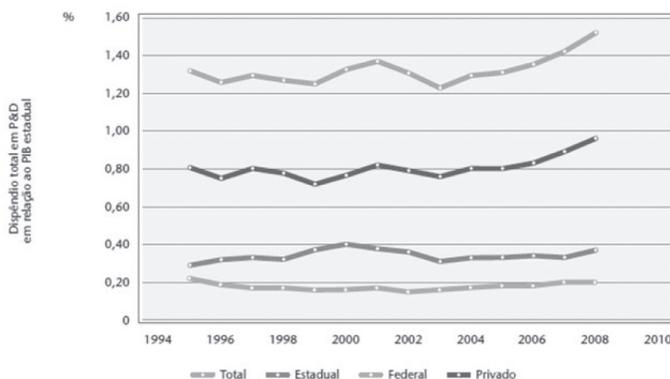
Gráfica 3. Gasto nacional en investigación y desarrollo (I+D) en relación con el producto interno bruto (PIB) por sector, 2000-2009



Gráfica 4. Gasto nacional en investigación y desarrollo (I+D) total y por sector, 2000-2009

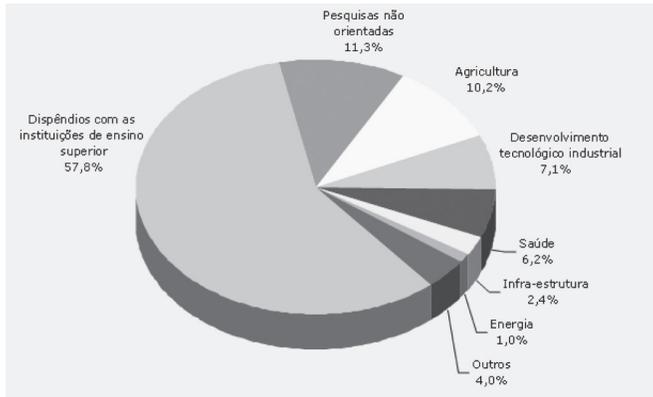
En Brasil la distribución de la capacidad de desarrollo tecnológico es heterogénea. Los estados que más se han desarrollado son los estados que están en el sur: San Pablo, Minas Gerais, Rio Grande del Sur, Santa Catalina. En fin, los más desarrollados respecto de la región norte y nordeste.

Para el estado de San Pablo la situación es bien diferente en relación a la media de Brasil. La gráfica 5 se refiere a las inversiones en investigación y desarrollo en San Pablo. En el año 2008, fueron aproximadamente del 1,5, más cerca del 1,6. Esa diferencia entre 1,2 y 1,6 es realmente muy significativa cuando consideramos los números absolutos.



Gráfica 5. Gasto en I+D respecto del PIB en el estado de São Paulo - 1995 - 2008

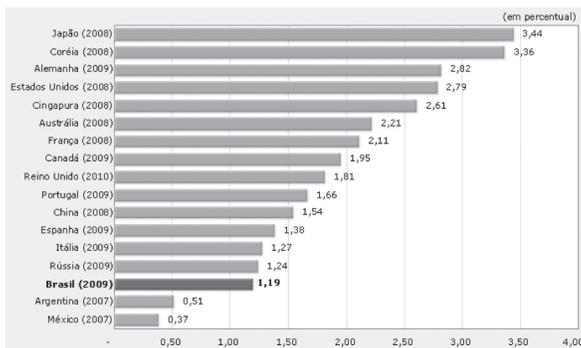
La gráfica 5 muestra que las inversiones públicas están concentradas en la red de enseñanza superior. Prácticamente hay un 60% de esas inversiones en universidades y centros de investigación; el resto se reparte en algunas áreas que el gobierno considera estratégicas: agricultura, desarrollo tecnológico e industrial, y otras que acaban teniendo una participación menor. Energía, por ejemplo, está muy baja, con un 1%.



Gráfica 6. Distribución del gasto público en investigación y desarrollo (I+D), por objetivo socioeconómico, 2009

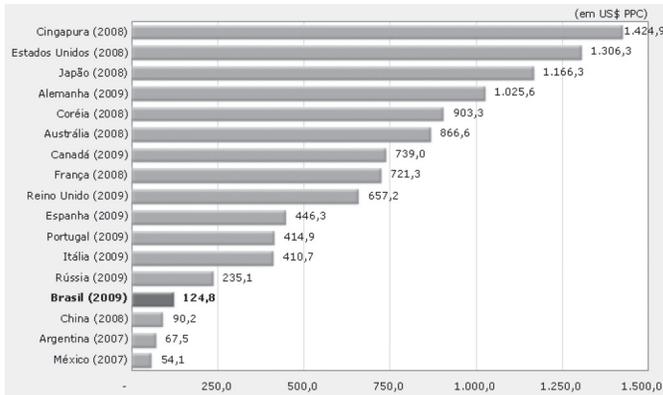
### ¿Cómo está Brasil en relación al mundo?

El porcentaje del 1,19% es un número relativamente bajo en relación con otras naciones del mundo, particularmente de Asia. En la gráfica 7, que compara la inversión I&D con el producto interno bruto, se ve que Brasil tiene un índice que es prácticamente la tercera parte de los correspondientes a Japón y a Corea. Nuestros índices son relativamente próximos a España y Portugal, lo que de cierta manera nos muestra que esos números tienen que cambiar.



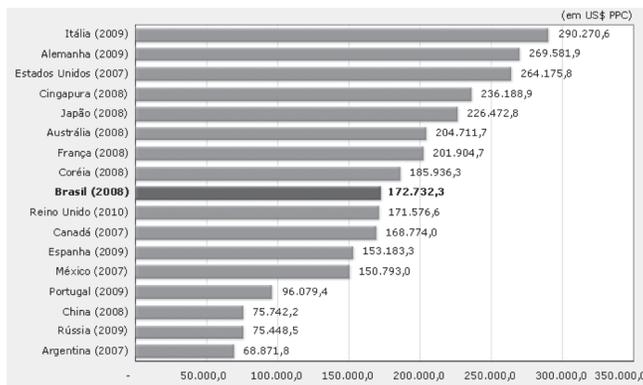
Gráfica 7. Gasto nacional en investigación y desarrollo (I+D), en relación al producto interno bruto (PIB), países seleccionados, con datos de los últimos años disponibles

En relación al ingreso *per capita*, la gráfica 8 muestra un dato interesante, porque, cuando hablamos de producto interno bruto y de inversiones, hemos de pensar también cómo es esa relación *per capita*. A pesar de que Brasil tiene una media relativamente interesante en relación al *per capita*, se ve que, si en relación al producto interno bruto, la diferencia con los países que estaban en el máximo era aproximadamente un tercio, cuando consideramos el *per capita*, la inversión por ciudadano, esa relación es prácticamente 10 veces menor.



Gráfica 8. Gastos nacionales en investigación y desarrollo (I + D), per cápita, en los países seleccionados, con datos de los últimos años disponibles

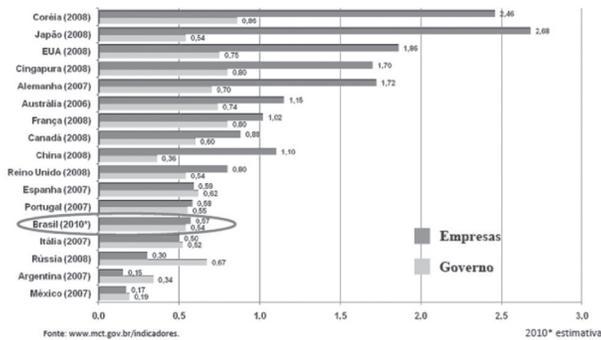
Otro índice interesante es el costo por año de un investigador en cada país. La gráfica 9 muestra que Italia está en el punto más alto. También se ve que, en relación al mundo, Brasil tiene cifras relativamente significativas: los investigadores en Brasil ganan muy bien.



Gráfica 9. Gasto nacional en investigación y desarrollo (I+D) por investigador, en los países seleccionados, con datos de los últimos años disponibles

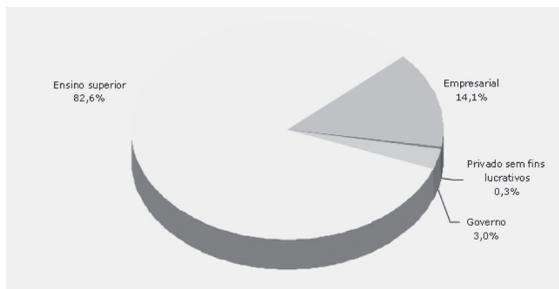
Ahora bien, ¿cómo es el resultado del trabajo de los investigadores en Brasil en relación al mundo? Se ve que no hay necesidad de aumentar los recursos; es necesario obtener resultados.

Otra gráfica interesante es la que muestra la relación entre las inversiones públicas y privadas. Como habíamos visto, en Brasil las inversiones son prácticamente iguales. La gráfica 10 muestra que la participación de ambas en innovación y desarrollo tecnológico es mucho más significativa. Por ejemplo, en Corea, Japón, Estados Unidos, la relación entre inversión privada y pública es significativamente mayor que la propia de nuestros países. En Brasil, Argentina, México las inversiones públicas son mucho mayores que las privadas.



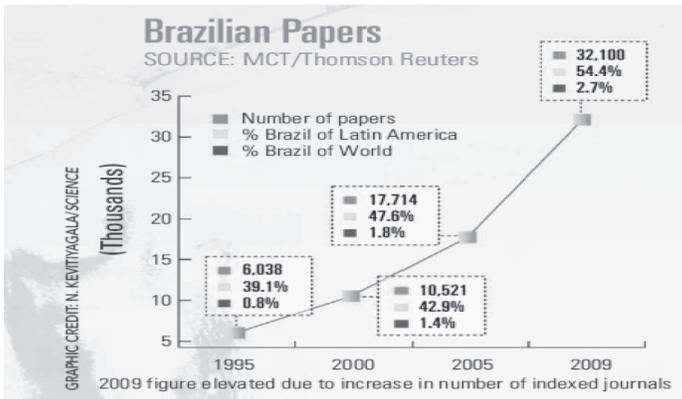
Gráfica 10. Gasto público y privado en I + D (% PIB)

En Brasil el número de investigadores ha crecido relativamente bien, tanto los investigadores con maestría o con doctorado, como los investigadores que se consideran técnicos, que son graduados pero con niveles inferiores. El número de investigadores ha ido creciendo con los años, pero, como muestra la gráfica 11, la mayoría de esos investigadores está en la enseñanza superior. Este es un dato que no es muy atractivo para los resultados en ciencia, tecnología e innovación.



Gráfica 11. Porcentaje de personas involucradas en investigación y desarrollo (I + D), por sector institucional, 2010

Respecto de la producción científica, tal como se aprecia en la gráfica 12, la participación mundial de Brasil ha tenido la siguiente evolución: 0,8% (1995), 1,8% (2005), 2,7% (2009). Por su parte, la participación de Brasil en relación con América Latina también ha crecido: 39% (1995), 47% (2005), 54% (2009).



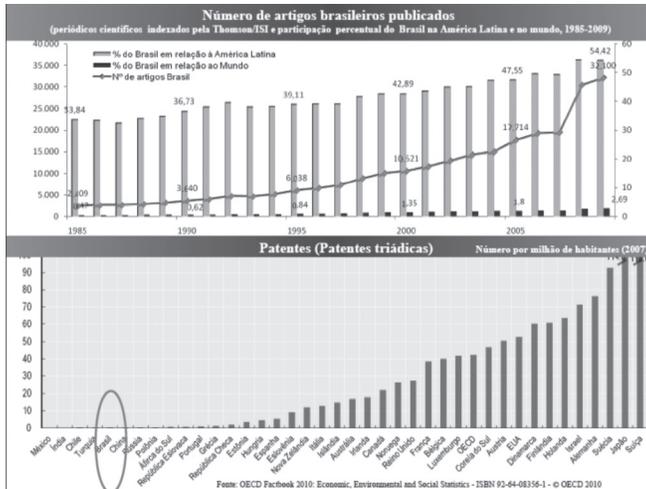
Gráfica 12. Producción científica en Brasil

A pesar del lugar destacado que ocupa en producción científica, no sucede lo mismo cuando consideramos a Brasil compitiendo en innovación o en desarrollo de tecnología. En este aspecto, Brasil ocupa una posición relativamente baja respecto a otros países del mundo, tal como puede observarse en la gráfica 13.



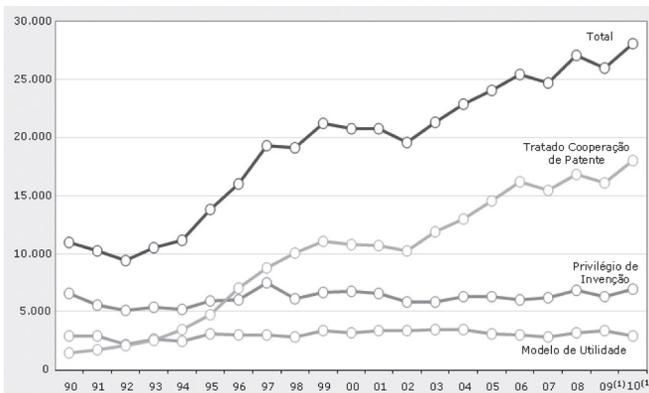
Gráfica 13. Ranking de producción científica e innovación

La gráfica 14 muestra la relación entre la evolución del número de artículos publicados, claramente creciente, y el número de patentes, en donde, prácticamente, Brasil no aparece a nivel mundial.



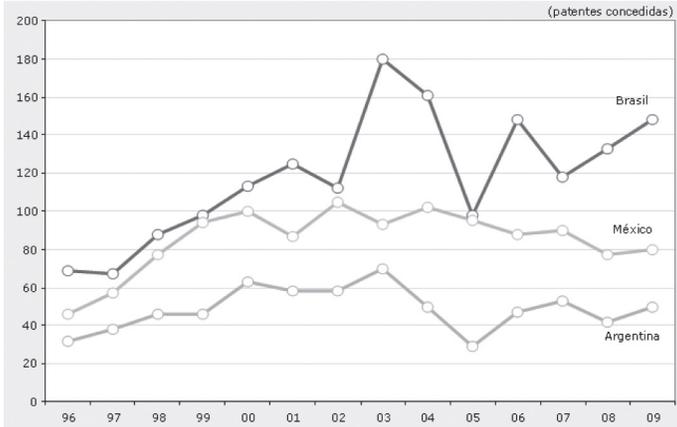
Gráfica 14. Número de artículos brasileiros publicados en comparación con patentes

Sin embargo, si observamos con más cuidado, vemos que la producción de patentes en Brasil va subiendo tímidamente. La gráfica 15 muestra que las solicitudes de protección crecen, en tanto que la aprobación de las solicitudes va prácticamente bajando en el tiempo, aunque son números muy pequeños.



Gráfica 15. Solicitudes de patentes en Brasil presentadas ante el Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INPI), por tipo, 1990-2010

Con relación a otros países que también están en desarrollo tecnológico e innovación, la situación es prácticamente constante en el tiempo. La gráfica 16 muestra la evolución del número de patentes concedidas en Brasil, México y Argentina entre 1996 y 2009.



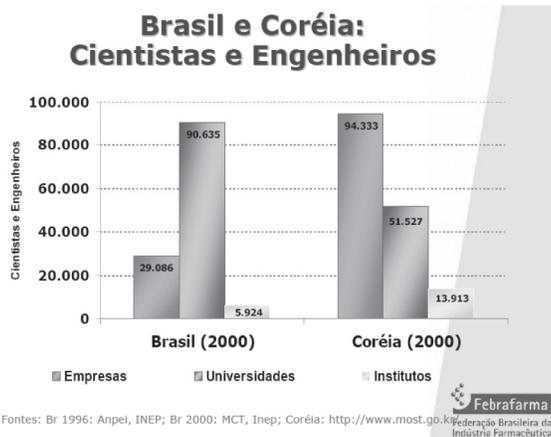
Gráfica 16. Concessões de patentes de invenção junto ao escritório norte-americano de patentes (USPTO), segundo países de origem selecionados, 1996-2009

Si analizamos los datos de la tabla siguiente se puede observar que, en 1980, en Brasil se solicitaron 53 patentes, de las que se concedieron 24. En el mismo año, en Corea se solicitaron 33 patentes y se concedieron 8. En 2008, en Corea se presentaron 25.507 solicitudes de patentes de las que se concedieron 8.410; en tanto que, en Brasil, se solicitaron 499 patentes y se concedieron 131. En esos 18 años, el número de solicitudes de patentes, en Corea, se multiplicó por casi mil; mientras que en Brasil el crecimiento de solicitudes no llegó a ser diez veces mayor. Algo ocurrió en Corea, durante esos años, para que las diferencias fueran tan notables.

Año	Brasil		Argentina		México		Corea del sur	
	Pedidos	Concedidas	Pedidos	Concedidas	Pedidos	Concedidas	Pedidos	Concedidas
1980	53	24	56	18	77	43	33	8
1990	88	41	56	17	76	34	775	225
2000	240	122	138	65	180	107	5.882	3.699
2005	340	93	92	37	217	88	16.643	4.811
<b>2008</b>	<b>499</b>	<b>131</b>	<b>139</b>	<b>46</b>	<b>269</b>	<b>78</b>	<b>25.507</b>	<b>8.410</b>
2009	-	146	-	47	-	82	-	9.401

Tabla. Pedidos e concessões de patentes de invenção junto ao escritório norte-americano de patentes (USPTO), segundo países de origem selecionados, 1980-2009

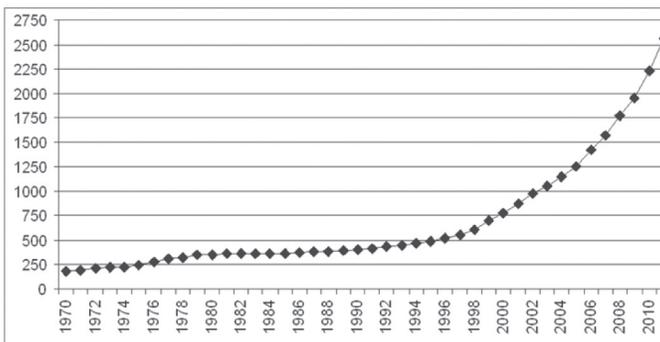
Tal como muestra la gráfica 17, en el año 2000 Brasil tenía 125.645 ingenieros y científicos, de los que la mayoría (90.635) formaban parte de los cuadros de universidades. Ese mismo año, Corea contaba con 159.773 ingenieros y científicos, de los que 94.333 estaban en las empresas. Ésta es la diferencia que da a esos países una velocidad mucho mayor en el avance tecnológico y en el desarrollo que la que nosotros tenemos.



Gráfica 17. Comparación entre Brasil y Corea, de científicos e ingenieros en empresas, universidades e institutos

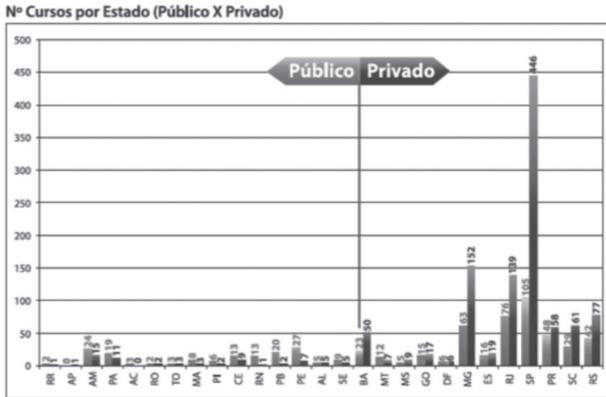
### **Panorama da Formação de Engenheiros e Pós-Graduação**

Las carreras de ingeniería en Brasil han tenido un crecimiento significativo tal como lo indica la gráfica 18. En 2010, en Brasil, había alrededor de 2600 carreras de ingeniería.



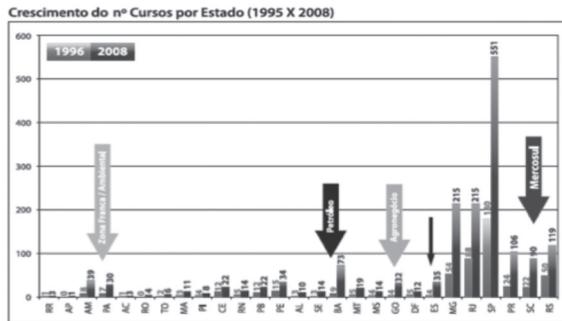
Gráfica 18. Crecimiento del número total de carreras de ingeniería en Brasil en todas las modalidades (1970 a 2011)

¿Cómo se relaciona la oferta de plazas en términos de sector público y privado? Tal como se aprecia en la gráfica 19, predomina la oferta privada. A pesar de las grandes inversiones de Brasil en educación, todavía predominan las universidades privadas. En los estados del sur, Rio de Janeiro, San Pablo, Paraná, Santa Catalina y Rio Grande del Sur, la cantidad de carreras privadas y públicas es significativamente mayor que el resto del país. Una de las razones es que estas regiones tienen una densidad demográfica mayor.



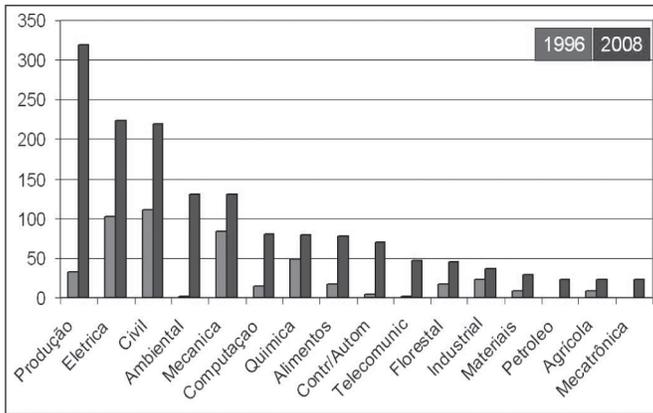
Gráfica 19. Carreras, por estado, en Brasil

La gráfica 20 muestra el crecimiento del número de carreras de ingeniería por estado, en el periodo estudiado (1996 – 2008). Las barras de la izquierda indican el número de carreras en 1996; las de la derecha el número de carreras en 2008. Es evidente el aumento significativo de la capacidad de oferta de puestos para estudiar ingeniería.



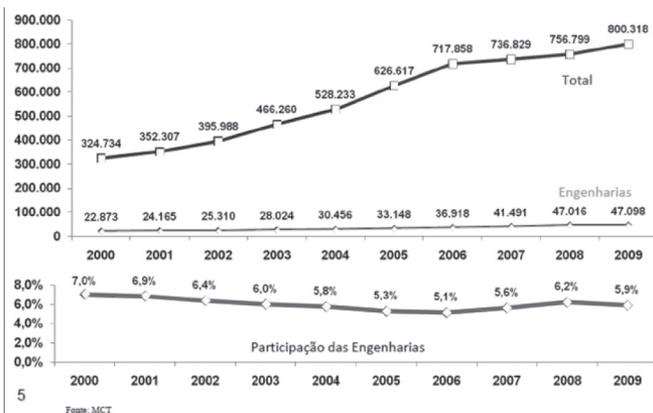
Gráfica 20. Crecimiento del número de carreras de ingeniería en Brasil por estado (1996 a 2008)

La carrera de ingeniería de mayor crecimiento en Brasil se llama ingeniería de producción; en el resto de los países creo que la llaman ingeniería industrial. En 1996 no había carreras de ingeniería ambiental, ni de ingeniería de petróleos, ni de ingeniería mecatrónica, ni una serie de otras carreras que han aparecido con los años.

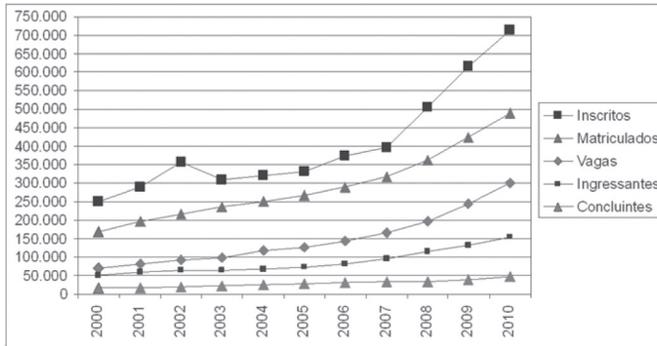


Gráfica 21: Crecimiento de las carreras de ingeniería con más de 20 programas

Con relación al número total de estudiantes de educación superior, la ingeniería en Brasil ha tenido cambios en los últimos 10 años. En el 2009 se graduaron 800.318 estudiantes en universidades públicas y privadas; de ese total, 47.098 fueron de ingeniería. Los datos históricos, como se ve en la gráfica 22, no se modifican sustancialmente y esto es preocupante para el desarrollo del país. Si esta curva no crece, el país va a tener problemas y no va a conseguir el avance tecnológico esperado. Ese número obviamente tiene que cambiar; el país no puede continuar teniendo tan baja proporción de ingenieros graduados en relación con el total de graduados.



Gráfica 22. Número de graduados de las carreras de pregrado, de 2000 a 2009 (Total y porcentaje de participación de ingeniería)



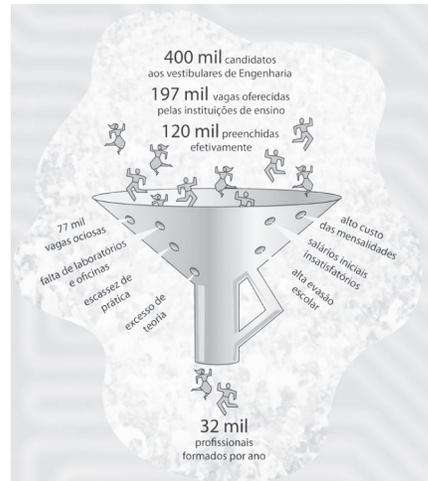
Gráfica 23. Número de inscritos, vagas, ingresantes, matriculados e concluintes por año nos cursos de engenharia (2000 a 2010)

El número de los interesados en estudiar ingeniería ha tenido un crecimiento relativo entre el año 2000 y el 2009. Este número se reduce cuando los interesados presentan el examen para ingresar a la universidad. El número disminuye teniendo en cuenta los que efectivamente pasan el examen y se matriculan en las universidades. Tal como se muestra en la gráfica 23, ese número es inferior a la capacidad de plazas de las universidades. En la curva inferior, se aprecia la cantidad de estudiantes que se gradúan en ingeniería.

Para poner un ejemplo. En el año 2007 había 400.000 estudiantes interesados en estudiar ingeniería y el sistema ofrecía cupo para 197.000 estudiantes. Se matricularon efectivamente 120.000, dejando, prácticamente, 77.000 vacantes ociosas. Los que efectivamente se graduaron en 2007 fueron 32.000 estudiantes.

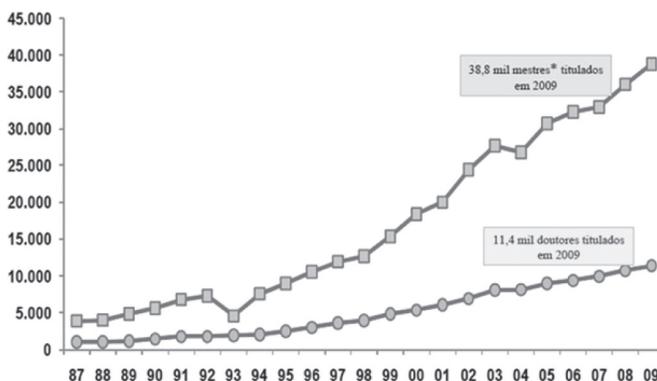
¿Qué razones se apuntan para explicar la baja relación entre interesados y graduados? Se gradúa menos del 10% de los estudiantes que están interesados en estudiar ingeniería. Faltan laboratorios y talleres que permitan a los estudiantes motivarse y acercarse más a su profesión. Sin trabajar en laboratorios y talleres, los estudiantes se desmotivan.

Es necesario hacer inversiones para mejorar la infraestructura de laboratorios y de oficinas para el estudio de ingeniería. La mayoría de los estudiantes se gradúa sin hacer prácticas. No hay relación con las empresas ni capacidad o interés en que los



estudiantes hagan prácticas. También se afirma que las carreras tienen un exceso de teoría. En el caso de las universidades privadas, la falta de demanda se produce muchas veces por el alto costo de las matrículas. Los salarios de los profesionales no son atractivos, especialmente para los recién graduados. Todo esto provoca una alta evasión de estudiantes.

La gráfica 24 muestra que el número de maestrías y doctorados ha venido creciendo en los últimos años. Los programas de maestría y doctorado prácticamente se duplicaron en el periodo de 1987 – 2009. De la gráfica se deduce que, en 2009, se graduaron 39.000 maestros y 11.500 doctores en diferentes áreas. Hay que precisar que se trata de todas las áreas del conocimiento que se cultivan en Brasil, incluidas las ingenierías.



Gráfica 24. Magíster y doctores graduados anualmente en Brasil

### **Brasil precisa inovar na formação de mais e melhores engenheiros**

En Brasil se hacen significativas inversiones en ciencia y tecnología. La mayoría de las inversiones públicas se dedican a la enseñanza superior. Eso debería traducirse en índices realmente satisfactorios para la posición del país en el mundo; pero se

observa que, a pesar de ocupar una posición relativamente confortable dentro de la producción internacional, y que viene creciendo, en relación al comercio internacional y a las patentes, Brasil ocupa un espacio muy reducido. La preocupación es que

- Brasil está na **13ª posição** em número de publicações científicas indexadas (Thomson-Reuters/ISI) com 2,13% do total mundial

#### **ENTRETANTO...**

- **64º lugar** (entre 134 países) no índice de competitividade global (2008-2009), do Fórum Económico Mundial
- **59º lugar** no índice de competitividade global (2008-2009) nos negócios, do Fórum Económico Mundial
- **56º lugar** no índice global de capacidade tecnológica (2008-2009) do Fórum Económico Mundial
- **38º lugar** (entre 43 países) no índice de competitividade das nações da FIESP (IC-FIESP: 2008)

estas inversiones deben tener mejores resultados. La competitividad, en relación a la capacidad tecnológica y a todas las inversiones que el país y el gobierno hacen, es realmente muy baja. Entonces, Brasil tiene claro que precisa cambiar, tiene que innovar en la formación de más y mejores ingenieros.

Hay una preocupación muy grande del gobierno que viene lanzando de manera acelerada programas que permitan al país recuperarse en la capacidad de desarrollar tecnología e innovación. Particularmente, el gobierno puso en marcha un programa de ciencias sin fronteras, cuyo foco principal es la ingeniería. Pretende estimular la formación de más ingenieros para garantizar el desarrollo sostenible del país. En palabras del ministro que lanzó el programa, solamente en el sector de la extracción de petróleo del Pre-sal<sup>1</sup>, se van a necesitar, en los próximos 15 años, alrededor de 200.000 ingenieros. Hay otras áreas que están demandando una importantísima cantidad de ingenieros, como el área de la comunicación y de la informática.

Entre las soluciones para mejorar la formación de ingenieros y proporcionar así elementos que vengán a aumentar la velocidad del desarrollo brasileño, en ciencia, tecnología e innovación, está a la posibilidad de que las universidades se relacionen con las empresas. En la universidad generamos conocimiento, investigación y desarrollo, y se desarrolla tecnología, que son posteriormente utilizados en procesos, servicios y productos en la sociedad, en las empresas. En Brasil es muy claro que estos dos sectores están trabajando prácticamente separados. Es importante ver que, cuando se unan, universidad y empresas llevarán a una rápida capacidad de desarrollo tecnológico y de innovación.

En relación al vínculo universidad-empresa, se han tomado una serie de medidas para construir una sociedad innovadora. El gobierno federal de Brasil dirige al país como un todo, pero existe también la dirección por estados. Pues bien, en el gobierno general se han creado leyes que implican a todos los ministerios que se relacionan con el desarrollo tecnológico. Lo mismo pasa en los gobiernos estatales y en los municipios. Son políticas que, en el país entero, vienen dedicándose con una cierta importancia y prioridad. En ese ámbito se enmarca la cooperación entre empresas y universidades que permitirá reducir costos de producción, disminuir el riesgo en la busca de innovación tecnológica y ampliar significativamente la producción científica, la generación de patentes y la competitividad de las empresas.

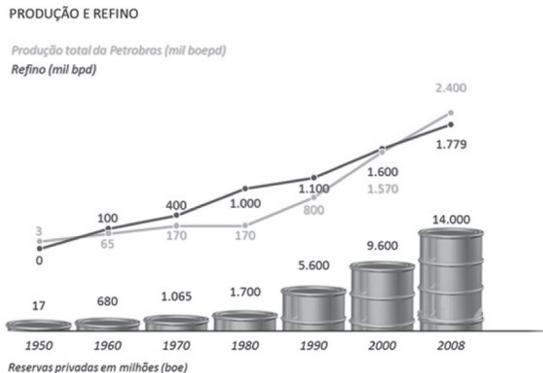
---

<sup>1</sup> El pre-sal es una formación geológica submarina, nueva como horizonte de exploración de hidrocarburos en aguas muy profundas en el océano atlántico brasileño ubicada entre 5.000 y 7.000 metros de profundidad y por debajo de una capa de sal de hasta 2.000 metros de espesor. Las gigantescas reservas de petróleo (además de gas natural) permitirán (según cálculos conservadores) que el país incremente sus reservas de 14.000 millones a 80.000 millones de barriles, lo que le permitirá ascender desde el actual decimosexto lugar que ocupa, hasta el octavo, en la lista de las naciones con mayores reservas de petróleo en todo el mundo. Tomado de <http://www.petroblogger.com/2010/03/pre-sal-brasil.html>, consultado en enero de 2012

A pesar de que el gobierno tiene una política de incentivos para promover la relación de la universidad con las empresas, los avances no han sido los esperados. El gobierno y los estados vienen haciendo inversiones importantes y se necesita ahora que las empresas hagan inversiones más significativas.

### **Modelo de cooperação Petrobras - universidades**

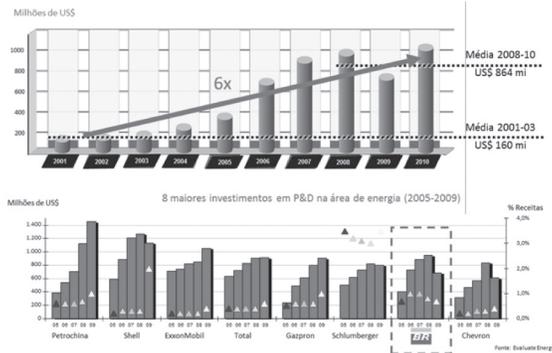
Dentro de todo este planteamiento que se viene dando en Brasil para que se dé la relación entre universidades y empresas, existe un modelo muy interesante, que es el modelo que usa la Petrobras para relacionarse con las universidades. La Petrobras es una empresa de petróleo brasileña que ha venido creciendo significativamente en estos últimos años y ocupa una posición destacada en Brasil, en Latinoamérica y en el mundo. La capacidad de producción de petróleo de Brasil viene aumentando significativamente. Esta empresa tiene acciones en América Latina, en Estados Unidos, en África y en algunos sectores de Arabia. En 2008 se extraían 2,4 millones barriles diarios, de los que la empresa procesaba internamente alrededor de 1,8 millones de barriles. Las reservas encontradas en la capa del Pre-sal eran, en esa época, de 14.000 millones de barriles.



Gráfica 25: Producción total de Petrobras. (1950 a 2008) en millones de barriles de petróleo

Entre 2008 y 2010, la empresa invirtió una media de prácticamente 900 millones de dólares, en ciencia y tecnología. Con este volumen de recursos que aplica en desarrollo tecnológico, la empresa es una de las ocho que hacen mayores inversiones en investigación y desarrollo en el área de la energía en el mundo. Como muestra la gráfica 26, se ubica en una posición destacada. La empresa trabaja para que esta posición siga mejorando en el tiempo.

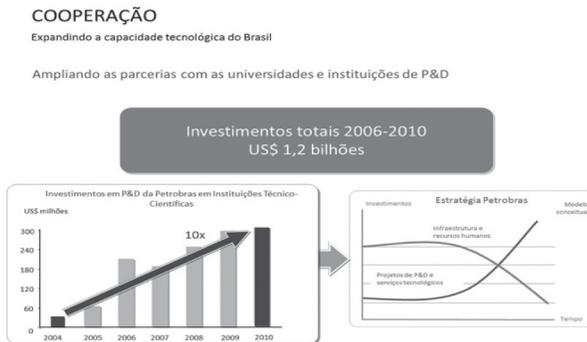
Los recursos de la Petrobras se aplican de la siguiente manera: exclusivamente en sus instalaciones de desarrollo tecnológico, los recursos prácticamente se aproximan a la mitad; en instituciones de enseñanza como las universidades y centros de investigación, más o menos el 30%; el resto se distribuye con empresas nacionales y con empresas e instituciones en el exterior.



Gráfica 26: Inversiones (2001 a 2010) y mayores inversiones en I + D (2005 – 2009)

Respecto de la inversión en las universidades, este cuadro cambió radicalmente y la empresa viene haciendo inversiones en las universidades bastante significativas. Entre 2006 y 2010 la empresa ya aplicó 1,2 billones de dólares en las universidades.

La gráfica 27 muestra una mayor inversión en infraestructura y formación de recursos humanos, la cual debe disminuir, mientras que el crecimiento debe darse en el desarrollo tecnológico. La empresa pensó primero en proporcionar infraestructura a algunas universidades y ahora que las dejó bien instaladas, con edificios y equipos, comienza a hacer con ellas desarrollo tecnológico.



Gráfica 27. Expansión tecnológica en Brasil



Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello, Rio de Janeiro

### ¿Cómo hace esto Petrobras?

Petrobras tiene un centro de investigación en Rio de Janeiro, que es el CENPES. Hasta el año 2010 trabajaba en esta instalación que tenía 57.000 metros cuadrados. Al final del gobierno de Lula se inauguró una nueva sede para la investigación de la Petrobras que tiene una capacidad en área física de 138.000 metros cuadrados, lo que en total, prácticamente da un entorno de 200.000 m<sup>2</sup> de instalaciones para el desarrollo de ciencia y tecnología. Además, este centro de investigación ha ganado todos los premios de sostenibilidad.

Los desafíos que Petrobras plantea a las universidades, abarcan toda la línea enorme de posibilidades de trabajo en ciencia y tecnología, en todas las áreas imaginables y dentro de toda la cadena productiva que se relaciona con la producción de petróleo, sus derivados y con otros productos. La Petrobras ha explorado la capa del Pre-sal. Este petróleo se encuentra a una profundidad aproximada de 7.000 m. Esto significa que los desafíos tecnológicos para llevar ese petróleo a la superficie y posteriormente procesarlo, son enormes. Petrobras, en estos años, gracias al trabajo en sus instalaciones propias de desarrollo tecnológico y en conjunto con universidades, pudo llegar a esa profundidad. En este momento hay estaciones experimentales de extracción de volúmenes considerables. En el desarrollo de este proyecto, solamente el campo Tupi, que es el único que está en observación, tiene reservas del orden de 8 billones de barriles. Este pozo representa prácticamente el 50% de la capacidad que Brasil tiene hoy en día. Esta capacidad debe doblar como mínimo las reservas de petróleo. Esto debe dar a Brasil todo un cambio en su coordinación de desarrollo tecnológico, en cuanto a Petrobras y en cuanto a todo el país.

## ¿Cómo se relaciona Petrobras con las universidades?

La relación tiene lugar a través del centro de investigaciones petroleras. Hoy en día, más de 120 instituciones de Brasil colaboran con Petrobras. Entre ellas hay universidades y centros de investigación diversos, públicos o privados. Todo se hace a través de redes que creó Petrobras. Son redes temáticas de ciencia y tecnología. Este proceso y este modelo son el resultado de una política. No es una política propia de Petrobras; es una política que la ley le exige a Petrobras: invertir el 1% de sus entradas brutas en ciencia y tecnología. La inversión de la Petrobras es una obligación que la empresa tiene a partir del momento en que fue autorizada a explotar petróleo en Brasil. No sólo Petrobras; cualquier empresa que en Brasil vaya a explotar petróleo tiene esa obligación. De ese 1%, la mitad debe ser invertida en universidades o en centros de investigación. Por ese motivo, Petrobras tiene que establecer esta relación y colaboraciones con las universidades. Las redes de ciencia y tecnología, a través de las cuales se hacen los convenios, están relacionadas con la explotación, con la producción, con toda la producción de derivados, con el gas natural, la energía y el desarrollo sostenible. También hay una parte dedicada a la gestión tecnológica. La Petrobras, además de esas redes temáticas, cuenta con unidades que están instaladas a lo largo del país, denominadas núcleos, en las que invierte significativamente. El estado de Bahía tiene uno, Sergipe que es otro estado en la región de producción de petróleo del norte, Espírito Santo, Rio de Janeiro... tienen otros. Además de ese modelo de desarrollo científico y tecnológico, Petrobras tiene un programa de formación de recursos humanos con las universidades.

### ***Cómo ha sido la relación con nuestra universidad***

Es una relación que no fue fácil. Costó que la Petrobras abriera los ojos a nuestra universidad. Fue un proceso en el que trabajamos durante dos años. Resultó un proyecto que estamos desarrollando desde el año 2006, y espero terminarlo en el año 2012. Está relacionado con el centro al cual pertenezco. Es un centro de investigación que se dedica a trabajar procesos y materiales avanzados para la industria del petróleo y la energía. Tenemos grupos significativos que trabajan con producción científica, en química y física, que se relacionan con Petrobras y también algunas ingenierías, particularmente, ingeniería química e ingeniería de materiales. Estamos trabajando para que las otras ingenierías también puedan aproximarse a esa relación con Petrobras. En la universidad tenemos varios programas de maestría y de doctorado.

El proyecto supone una importante inversión que la Petrobras está haciendo en nuestra universidad. En un primer momento, en ese centro de investigación, con 15 millones de dólares se está construyendo un edificio 4.000 de m<sup>2</sup> con sus

equipos. Respecto de los equipos fue bien clara la posición de la Petrobras: son equipos que permiten a los grupos de investigación aproximarse a la producción de ciencia de frontera. Esperamos llegar a los 60 millones de dólares. En ese centro de investigación tendremos laboratorios de catálisis, de nano materiales, de metales, materiales producidos por microondas, polímeros, refractarios, combustibles, instrumentación y lubricantes...

La relación con Petrobras ha sido muy interesante para todos los grupos que estamos trabajando en este proyecto y desarrollando algunos proyectos de investigación específica con Petrobras. Dicha relación ha permitido que algunos grupos tengan patentes, presentadas y reconocidas, y hemos conseguido de la propia Petrobras, algunos premios en relación a los resultados obtenidos. Humildemente, en lo que me corresponde, gané el premio de tecnología en preservación ambiental, en 2009 y nuevamente en 2011, motivado por la relación con la Petrobras.

### ***Reflexiones y conclusiones***

Brasil, en este momento, debe invertir en investigación y desarrollo. Eso es claro. Debe haber una contribución más significativa por parte de las empresas.

Por otra parte tiene que haber una continua discusión y revisión de las estructuras curriculares de las carreras de ingeniería para la formación de un ingeniero innovador. Los estudiantes han de adoptar metodologías de enseñanza consonantes con los tiempos y con la sociedad actual, pautada por la información y comunicación. Necesitamos modernizar las estructuras existentes, promoviendo la formación de talentos para la ingeniería desde la enseñanza básica.

Se necesita un modelo de interacción entre las universidades y las empresas. El modelo Petrobras es exitoso en cuanto ha contribuido a la creación de una base científica y tecnológica, y al crecimiento de esa empresa, por haber alcanzado altos niveles de desarrollo y competitividad mundial. En Brasil también existen otros ejemplos: EMBRAER constructora de aviones, la EMBRAPA en el área de agricultura, EMBRACO que es una empresa que fabrica máquinas y equipos. En relación con la inversión, esta empresa aplica el 3% de sus entradas al desarrollo de ciencia y tecnología, lo que muestra claramente que, cuando la empresa invierte en esta modalidad, los resultados son rápidos y notables. La ideal sería que el modelo de Petrobras fuera seguido y multiplicado.

El 3 de junio de 2011, en Rio de Janeiro, durante la entrega del premio Petrobras en tecnología, el ministro de ciencia y tecnología, dijo en su discurso que, teniendo en cuenta la experiencia de Petrobras, el 1% de las entradas brutas de las empresas

sea aplicado a investigación y desarrollo. El ministro pretende llevar el modelo de inversiones en tecnología aplicada en el área de petróleos, a otras áreas tales como la minería, el sector del automóvil, la construcción civil, el sistema financiero, etc.

## Diálogo de Pares



Tras la presentación del ingeniero Ernesto Urquieta González, los profesores Guillermo Aponte Mayor de la Universidad del Valle y Mauricio Giraldo Orozco de la Universidad Pontificia Bolivariana, participaron en el diálogo con el conferencista, el cual fue moderado por el ingeniero Francisco Javier Rebolledo, decano de la Pontificia Universidad Javeriana.

### Francisco Javier Rebolledo



Podemos iniciar este diálogo conociendo su primera reacción al planteamiento que ha hecho el profesor Ernesto Urquieta González acerca de la temática de investigación y desarrollo, y su vinculación con los procesos en las universidades.

### Guillermo Aponte Mayor



La conferencia se ha enfocado en el propósito general de encontrar acciones y cambios para las facultades de ingeniería del país y en el eje del desarrollo de la investigación. Es claro que la investigación requiere recursos; pero también es cierto que la existencia de suficientes recursos no garantiza los logros esperados. Se requiere un manejo cuidadoso de esos recursos y un seguimiento cuidadoso de toda la actividad investigativa.

El caso brasilero muestra que hay recursos, evidencia unas cifras quizás enormes con relación a lo que pasa en Colombia; pero creo que en nuestro país se están empezando a abrir algunas posibilidades. Por ejemplo, es el caso de la nueva asignación de regalías y del porcentaje de las mismas que se debe asignar a las aplicaciones en ciencia y tecnología. Creo que ahí hay una oportunidad para las facultades de ingeniería, porque, aunque aún no está del todo claro, pareciera que en ese asunto van a participar los Consejos Regionales de Ciencia y Tecnología y

el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Creo que ahí hay un llamado a que las facultades, en las regiones, estén muy atentas a tener una participación activa en ese proceso y a incidir de alguna manera en el mejor uso de los recursos, con una participación en asocio con la industria.

### **Mauricio Giraldo Orozco**



Los recursos son extremadamente importantes; pero los recursos requieren de un capital humano. Los ingenieros, como capital humano, somos los que estamos llamados a tomar esos recursos e invertirlos de la manera más eficiente y adecuada para la sociedad.

Si se miran las estadísticas nacionales de formación, se ve que en Colombia hay una tendencia clara de los estudiantes de pregrado a elegir las ciencias sociales. Si se analizan los niveles de posgrado, que son los que están encargados de la investigación, más del 60% pertenecen a las ciencias sociales. En el nivel de doctorado, el mayor porcentaje se dedica a las ciencias naturales. Ingeniería siempre está de segunda o tercera en la demanda en los diversos niveles de formación. ¿Quiénes son los que van a poder hacer un uso adecuado de los recursos una vez los consigamos a través de las distintas fuentes de financiación?

Colombia invierte el 0,4% en acciones de ciencia y tecnología. Uno piensa cómo está el país en cuanto a reservas de petróleo. Venezuela tiene 297 mil millones de barriles de petróleo en reservas probadas. Colombia está apenas llegando a los 2 mil millones con los nuevos descubrimientos. Eso obviamente va a impactar los porcentajes, ya que es el sector que termina inyectando más recursos.

### **Francisco Javier Rebolledo**

¿Cómo hacemos para que en esa alta formación que eventualmente podemos dar desde los centros de investigación se produzcan verdaderos procesos de innovación? ¿Cómo convocar a los agentes? Uno ve que hay cierta pereza, diría yo, respecto del tema por parte de la empresa y una especie de egoísmo intelectual por parte de la academia. ¿Cómo integrar esas dos potencialidades? ¿Qué podemos hacer para que la universidad convoque a la empresa y ésta a su vez acepte hacer una alianza importante para generar desarrollo?

“Uno ve que hay cierta pereza, (...), respecto del tema (de la relación universidad-empresa), por parte de la empresa y una especie de egoísmo intelectual por parte de la academia”.

## **Mauricio Giraldo Orozco**

A veces, como universidad somos muy perezosos. Tendemos afirmar que todo, siempre, es culpa de la empresa. Decimos: “es que la empresa no nos da los recursos”; “es que no tenemos cómo generar confianza”. Pero resulta que quienes toman la decisión de invertir o no en investigación, son nuestros propios egresados.

Entonces, más bien deberíamos preguntar qué es lo que estamos haciendo nosotros cuando los formamos, para que ellos no tengan confianza en lo que la misma universidad hace en investigación. La única manera de arreglar el asunto es mostrarles, desde el momento mismo en que los estamos formando, las investigaciones que se están haciendo, y su pertinencia y utilidad para las empresas. Cuando logremos mostrar esto al estudiante, una vez graduado nos buscará y querrá influir positivamente en las cuestiones de la empresa, porque conoce los beneficios. De otro modo es muy difícil.

“A veces, como universidad somos muy perezosos. Tendemos afirmar que todo, siempre, es culpa de la empresa (...) Pero resulta que quienes toman la decisión de invertir o no en investigación, son nuestros propios egresados”

## **Guillermo Aponte Mayor**

Eso es cierto. La relación empresa - universidad debiera ser mucho más activa, y no se ha podido concretar. Por ejemplo, la mayoría de doctorados se quedan trabajando en las universidades. La empresa culpa a las facultades de ingeniería de no tener esta relación y las universidades hacen lo mismo respecto de las empresas.

Pero creo que, en este momento, hay una oportunidad adicional a la de las regalías, que por otro lado se puede ver como una amenaza: los Tratados de Libre Comercio (TLC). Los Tratados que se están firmando están alertando a la industria y ya hay reacciones. El Programa de Transformación Productiva (PTP), uno de los programas del gobierno, ya está trabajando con la industria.

La Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (Andi) está identificando las cadenas productivas donde están los riesgos, en donde, si no se hace innovación y desarrollo de una manera real, no va a ser posible exportar. Por otro lado, si no hay centros de investigación y desarrollo, así como laboratorios de prueba acreditados, nos van a entrar todos los productos. La industria tiene una gran preocupación porque no puede montar sus propios centros y le queda muy difícil hacerlo sola. Ésta es la oportunidad de que lo haga con las universidades. Este asunto ya está andando, ya han identificado varias cadenas productivas y se está hablando de la

necesidad de apoyar una relación universidad – industria, que impacte la formación, pero que también fortalezca los centros de investigación y desarrollo.

### **Ernesto Urquieta González**

Encuentro importante que ya haya un trabajo en las universidades, destacado por el colega Mauricio Giraldo, en el sentido de que los alumnos salgan a las empresas y que retornen algún día a la universidad e intenten establecer esas relaciones con la empresa. En el caso particular de lo que viví, en donde se creó una relación importante con Petrobras, efectivamente el punto de contacto principal fue un exalumno de nuestra universidad. Tal vez si no hubiera existido esa relación previa, no se habría dado la situación favorable.

Con relación a la participación de las empresas, recuerdo lo que mencioné respecto a la participación privada en investigación y desarrollo. A pesar de que en Brasil aún es pequeña, la inversión de la Petrobras es más o menos el 10% de la privada. Hay un 90% de otras empresas que están participando también, pero hay una cantidad enorme de empresas que todavía no se han vinculado. Es un trabajo por hacer. Creo que ACOFI viene haciendo ese papel. Se debe dar el paso de hacer un llamado nacional y presionar para que se expida una ley o se tomen algunas medidas al respecto.

### **Francisco Javier Rebolledo**

Una idea como la planteada, de intentar que el estado busque otros medios, quizás indirectos, para que la participación privada se dé en los proyectos de ingeniería, sería muy interesante. En Colombia alguna vez se planteó que cualquier proyecto de ingeniería, por ejemplo de infraestructura, debiera tener por ley, un porcentaje dedicado al desarrollo y la investigación, en temas que obviamente tengan que ver con ese proyecto. Esta sería otra forma de buscar financiación y de generar en el empresario la conciencia de invertir en investigación y desarrollo.

### **Mauricio Giraldo Orozco**

¿En qué dirección se deben hacer las inversiones? Tenemos claro que nuestras empresas invierten en el “hoy”, en la solución del problema puntual que tienen, en lo que necesitan hacer ya. Un experto internacional decía que la única manera de lograr sostenibilidad es prestar mayor atención al tiempo de ejecución. Si los proyectos dedican un 50% o un 60% a solucionar problemas puntuales, son proyectos de corto plazo. Alrededor de un 20% o un 30% miran al mediano plazo. Nunca menos de un 10%, debe aplicarse a la investigación de largo plazo. Esta es

la que genera los grandes retornos, la que genera las grandes diferenciaciones a la hora de ver cómo vamos a competir en un mundo globalizado. Si no tenemos proyectos a largo plazo, nos vamos a quedar solucionando problemitas inmediatos.

### **Francisco Javier Rebolledo**

Se trata de propiciar que la empresa tenga visión de desarrollo y de investigación en el largo plazo, y que la universidad y los centros científicos puedan captar esas intenciones porque seguramente va a haber recursos.

### **Guillermo Aponte Mayor**

Hay un asunto que debiera funcionar como sucede en otros países, y es la relación entre la industria y la universidad. No se trata sólo de que haya recursos; también es un tema de cultura. Hay que decir que la actual oportunidad, la asignación de unos recursos adicionales significativos, porque son mayores que los fondos con los que actualmente se hace investigación, creo que puede generar esa cultura de acercamiento entre la industria y la universidad. Aunque hay que afirmar que se trata de todo un proceso que no se hace de un día para otro.

(...) la asignación de unos recursos adicionales significativos, porque son mayores que los fondos con los que actualmente se hace investigación, creo que puede generar esa cultura de acercamiento entre la industria y la universidad. Aunque hay que afirmar que se trata de todo un proceso que no se hace de un día para otro.

### **Francisco Javier Rebolledo**

La pregunta importante es: ¿quién rompe ese círculo vicioso en el que se ha convertido la relación universidad-empresa?

### **Mauricio Giraldo Orozco**

Esos círculos no se rompen internamente. Siempre se rompen porque entra un factor externo que genera la ruptura. El factor externo, en este caso, muy probablemente se va a llamar TLC. En el momento en que haya una entrada grande de competidores, se va a ver la necesidad de hacer importantes inversiones en este ámbito.

El Centro de Investigación e Innovación en Energía (CIIE) que tiene EPM con algunas universidades en Antioquia, ha encontrado algo muy claro en los diagnósticos que ha hecho. Hay una fortaleza importante en investigación y en comercialización,

y una deficiencia muy grande en desarrollo. Es decir, ¿cómo llevar el producto de investigación que ya tiene la universidad listo a una escala comercial?, ¿cómo lograr que ese producto sea realmente viable para la empresa?

Ahí entra la responsabilidad del país, del gobierno. Ahí entra la responsabilidad de Colciencias. Deben ser conscientes de las deficiencias que hay, y empezar a asignar recursos para desarrollar centros que puedan generar ese espacio vacío actualmente. Esa es la parte dura y real de la ingeniería. El empresario se va directamente a la comercialización; y la labor pura y bonita de la Ingeniería, la de tomar una idea y llevarla al prototipo físico, se está perdiendo. Es ahí donde hay que invertir muchos más recursos, por ejemplo a través de Colciencias o de los ministerios.

### **Francisco Javier Rebolledo**

Voy a cambiar un poco la dirección del diálogo, porque hay una observación del público que me parece clave. Se ha oído mencionar que la demanda por estudios de ingeniería ha disminuido y que no es un fenómeno únicamente de Colombia, sino de todo el mundo, con excepción de los países orientales. El profesor Urquieta nos mostraba en su presentación que la demanda para estudiar ingeniería crece mucho en Brasil, a pesar de esos altos índices de deserción. ¿Qué cree usted, profesor Urquieta, que se ha hecho, para que la tendencia tome esa vía?

### **Ernesto Urquieta González**

Este crecimiento es el resultado de toda una política del propio gobierno brasileño. Este crecimiento se nota desde hace unos diez años, desde que se iniciaron una serie de acciones, inclusive con la sociedad, para fomentar el estudio de la ingeniería. Por ejemplo, todos los años el Gobierno Federal establece en todo el país una semana de la Ciencia y la Tecnología. Todos los niños de las escuelas primarias y secundarias visitan las universidades y los centros de investigación. En las plazas públicas se muestran experimentos. Todas estas acciones llaman la atención de los jóvenes, que finalmente se matriculan en los cursos de ingeniería.

Obviamente, después viene una caída grande de los estudiantes que se reciben en las universidades, ya que en Brasil hay un problema grave, por la política educacional inclusive, en el que la educación funciona en un balance de masa en estado estacionario: “todo lo que entra sale”. Los alumnos que llegan a la universidad están pesimamente preparados y no consiguen asumir el ritmo de formación de un ingeniero en las disciplinas de matemáticas y física, y van abandonando los estudios justamente por esta incapacidad. En Brasil, desde la educación primaria y secundaria, hay una gran preocupación por el nivel de los estudiantes. Las universidades, al menos las

federales, no pueden bajar el nivel de formación. Al mismo tiempo hay una gran preocupación por mantener a los estudiantes en las universidades.

### **Francisco Javier Rebolledo**

En este punto conectamos con el diálogo de esta mañana respecto a la formación docente y a la importancia que, en un determinado momento, pueden tener en los procesos de aprendizaje, la práctica y la teoría. Los estudiantes de ingeniería están requiriendo que se les motive en el proceso de aprendizaje.

### **Guillermo Aponte Mayor**

A pesar del crecimiento en el número de egresados que hay en Brasil, la necesidad de egresados es mayor. Es decir, el crecimiento de la economía hace que se hayan requerido en los últimos años doscientos mil ingenieros y la perspectiva apunta a que la demanda no va a ceder, es decir, que va a haber una dificultad en el sector productivo. Creo que aquí, en Colombia, también puede pasar lo mismo. Hace algunos años los estudiantes se graduaban y se demoraban en vincularse a alguna empresa. Hoy en día se vinculan inmediatamente, porque hay mucha demanda del sector productivo. Si el país sigue creciendo, como esperamos que ocurra, es posible que la necesidad de ingenieros vaya a ser mayor que el número profesionales que realmente tenemos. Hay que cerrar esa brecha y revisar qué acciones debemos tomar para que la deserción sea menor y para que la cobertura sea mayor.

### **Mauricio Giraldo Orozco**

A veces pensamos que necesitamos más bachilleres queriendo estudiar ingeniería y no pensamos en que, de los 127 mil bachilleres que ingresan en la universidad se gradúan 32 mil, como nos mostraba el profesor Urquieta en el caso de Brasil. Pensamos en “buscar más interesados”. Yo creo que el interés existe ya. Hay que lograr que se gradúen. No se solucionaría todo el problema, pero se avanzaría un poco.

### **Francisco Javier Rebolledo**

Esto nos lleva a la necesidad de transformar nuestros mismos procesos formativos y educativos para hacer posible esta propuesta. Se trata de buscar la motivación del estudiante y venderle la idea de que ser ingeniero es crear, innovar y estar relacionado con las problemáticas que tiene el mundo. Hay una inquietud en el público respecto a lo que sería el crecimiento frente al bienestar social. ¿Cómo puede estar vinculado todo el tema de desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en

este asunto? Nuestros países tienen grandes inequidades sociales y, si bien se puede tener crecimiento económico, la verdad es que no necesariamente se consigue el desarrollo social.

“Se trata de buscar la motivación del estudiante y venderle la idea de que ser ingeniero es crear, innovar y estar relacionado con las problemáticas que tiene el mundo”.

### **Ernesto Urquieta González**

El contraste social en Brasil es enorme. Hablando, por ejemplo, de regiones desarrolladas como São Paulo, hay índices de inversiones semejantes a los países de Europa, pero caminando por la ciudad se ven unos contrastes impresionantes. La educación siempre se ha planteado como el primer elemento necesario para disminuir las diferencias sociales. Es indiscutible que, en la medida en que se promuevan la educación básica y universitaria se producirán cambios y desarrollos tecnológicos que mejorarán el costo de los productos. Me refiero a todas las áreas posibles de producción de alimentos y de bienes de consumo. Así se facilitará que un mayor número de ciudadanos consiga tener los elementos mínimos necesarios para vivir e incluso para ser feliz como lo mencionó anteriormente un expositor.

Las inversiones en educación, desde la básica, son fundamentales. En Brasil, en particular, hay un fenómeno que es muy claro y que en mi opinión se desvirtúa un poco por razones políticas. Durante estos últimos años ha crecido mucho el panorama universitario. Las universidades federales, que conozco mejor, prácticamente doblaron su capacidad en el número de alumnos. Mi universidad, la Federal de São Carlos, que se adhirió a todo ese proyecto, tiene 7 mil alumnos de pregrado y en 2012 casi va a haber el doble. Eso ha sucedido en prácticamente todo el territorio nacional. Es importante la pirámide educacional universitaria en términos de posgraduación. Pero si no se arregla primero la base, el grupo de arriba va a ser muy pequeño para lograr un cambio social significativo en el país. Debe haber inversiones fuertes en las bases de la educación. Mejorando la base de educación, las universidades vamos a recibir alumnos más preparados.

### **Francisco Javier Rebolledo**

Planteo dos preguntas específicas para Guillermo Aponte y Mauricio Giraldo. El tema de la inversión del 10% de las regalías pone en alerta a las universidades frente a su capacidad de hacer investigación y desarrollo con productos e innovación. Desde

Colciencias nos decían que ese tipo de inversiones se va a basar en proyectos que se planteen regionalmente y que hay unas líneas que el gobierno nacional está estableciendo para trabajar en ciertos procesos relacionados con innovación y desarrollo. ¿Cuál sería la acción y el cambio que necesitan las facultades de ingeniería para afrontar la coyuntura y participar de esos recursos, de ese 10%?

### **Guillermo Aponte Mayor**

Hay que preparar propuestas que convoquen al sector productivo y a otros sectores regionales en el marco de esos recursos, porque, de otro modo, esas iniciativas van a salir del sector político, a pesar de que sean manejados por los Consejos Regionales de Ciencia y Tecnología. Las universidades pueden ser líderes en generar ideas y en tratar de convocar para que algunos de esos proyectos vayan a la consolidación de centros de investigación y desarrollo regional. Hay una oportunidad que las facultades no pueden dejar pasar por alto.

### **Mauricio Giraldo Orozco**

Como universidades tenemos que lograr flexibilizarnos y asociarnos. ¿En qué sentido? Somos fuertes pensando: esa es nuestra fortaleza. Pero nos resulta más difícil entrar a operar, por la misma estructura que tenemos. Contamos con docentes altamente calificados; pero no pueden dejar de dictar sus clases para dedicarse a formular estas iniciativas porque estaríamos perdiendo el sentido de la enseñanza como universidad. Si tenemos todas esas otras responsabilidades y necesidades como docentes, nos vamos a quedar cortos respecto de los desarrollos que se van a necesitar en el tema de las regalías. Tenemos que flexibilizar nuestras estructuras administrativas para que sea posible vincular a gente que se dedique a esto de manera exclusiva, bajo la dirección de nuestros docentes y de personal capacitado.

“Somos fuertes pensando: esa es nuestra fortaleza. Pero nos resulta más difícil entrar a operar, por la misma estructura que tenemos”.

Además, hay que identificar las fortalezas de otras universidades y otras empresas para empezar a hacer alianzas. No podemos ser islas, ni trabajar con las mismas dos o tres universidades con las que siempre trabajamos, porque así no vamos a tener la suficiente representación regional que se requiere para impulsar los proyectos. Aquí nos tocó jugar a la política.

### **Francisco Javier Rebolledo**

Este punto es interesante porque entonces los ingenieros debemos tener la capacidad de entrar en esas discusiones. Hay que desarrollar la capacidad de trabajar multidisciplinariamente, tenemos que ser capaces de participar en un consejo del estilo que se está planteando para planificar desarrollos regionales, con el concepto del ingeniero, del investigador, del innovador, pero al mismo tiempo entendiendo las problemáticas sociales y económicas que se hacen visibles desde otras disciplinas. ¿Cómo se podría lograr este trabajo? Porque generalmente nos ha costado mucho hacerlo e incluso, dentro de la misma ingeniería, hemos creado las islas a las que se refería Guillermo.

### **Guillermo Aponte Mayor**

Es cierto que tenemos una dificultad. Si las universidades no son conscientes de ello pueden frenar las posibilidades de relación con la industria. Cuando se hace algo que no es pensado exclusivamente para la universidad, por ejemplo un centro de investigación y desarrollo o un laboratorio que no es solo para la docencia, sino también para uso de la industria, tiene que haber una respuesta rápida y un nivel de gestión distinto. Aparecen las oportunidades; pero las facultades deben tener unos esquemas para poder funcionar en este ámbito que es distinto del tradicional. Si no se crea una dinámica nueva, no seremos capaces de dar las respuestas que nos piden. El funcionamiento de la universidad para sus procesos normales es uno y el que se va a necesitar para trabajar con la industria es claramente otro.

### **Mauricio Giraldo Orozco**

Planteo un aspecto adicional: el lenguaje. Nosotros somos especialistas en informes técnicos, pero me ha tocado vivir la experiencia con empresas a las que se les presenta el informe técnico y la respuesta de quien lo recibe es: “¿y esto para qué?” A las empresas hay que mostrarles “pesos”. Mientras usted no sea capaz de traducir el conocimiento técnico, que es absolutamente indispensable, a un lenguaje con el que el dueño de la empresa puede entender lo que usted hizo, no va a lograr un impacto.

### **Francisco Javier Rebolledo**

Se dice que el investigador tiene muy buenas ideas pero no es un buen negociante. ¿Cuál ha sido la experiencia del profesor Urquieta en la universidad? ¿Cómo llega el investigador a vender sus ideas a la empresa, de forma que el empresario se interese por ellas?

### **Ernesto Urquieta González**

Voy a dar mi opinión sobre varios asuntos. Supongo que aquí hay una gran cantidad de decanos. Pues bien, sugeriría una acción: en la facultad debería haber un consejo de profesores que se interese en buscar y propiciar la relación con empresas de la región a la cual pertenece la facultad. Se convoca a las empresas a un *workshop* con temas interesantes para ambas partes. Se hace el contacto con el gerente, con el director de la empresa, con ingenieros, y así se comienza la relación. Después se va creando toda una situación. La empresa necesita de este primer paso de la universidad, porque el día a día de la empresa es vender, producir y subsistir. No está preocupada por lo que está pasando en la universidad, no sabe de nuestra agonía por formar mejores ingenieros. En la medida en que la universidad se aproxime a la empresa se consiguen resultados. Por ejemplo, hasta el 2006 era insignificante la participación de mi universidad en el proyecto con Petrobras, pero luego que vislumbramos un potencial de relaciones comenzamos a convidarlos. La primera visita que conseguimos con ejecutivos de Petrobras estuvo antecedida por dos meses de insistencia. Inclusive varias veces, después de tener todo listo, nos cancelaron la reunión a última hora. Terminaron llegando y nos tomó dos años más conseguir un entendimiento y una relación. La empresa nunca va a llegar a la universidad o al profesor. Cuando la empresa entienda que los estudiantes necesitan participar activamente, estar cerca de las empresas, se van a abrir nuevas puertas.

### **Francisco Javier Rebolledo**

Me recuerda al ingeniero Manuel Dávila, aquí presente, el esfuerzo que hace, por ejemplo, la Red de Ingeniería de Sistemas que tiene un convenio con la Cámara de Comercio para tratar de buscar unas reuniones constantes en el tiempo, con los empresarios, con el propósito de buscar ese tipo de oportunidades.

### **Mauricio Giraldo Orozco**

Hablando de la estructura de la universidad quiero mencionar que soy investigador hace varios años y desde que soy director voy y hago exactamente lo mismo. Es decir, mi rol no ha cambiado al visitar una empresa; pero el hecho de que ahora entre no el ingeniero Mauricio Giraldo, sino el director de la facultad Mauricio Girado, abre puertas, permite mucho más acceso. Inclusive el que es buen negociador, dentro de la investigación, si no tiene respaldo institucional, si no se le da un cargo, un nivel de negociación de relevancia, si la universidad no le empodera, la empresa no le va a escuchar. Hemos formado centros de investigación en las universidades, centros de contacto con la empresa; pero la relación, así sea iniciada por otro cargo en la universidad, la construye el investigador porque es el que conoce el tema y el que tiene lo que la empresa quiere.

## **Francisco Javier Rebolledo**

¿Y qué pasa con las estructuras académicas? Porque a veces uno siente que pueden ser obstáculos para ese desarrollo.

## **Guillermo Aponte Mayor**

Hay que buscar modelos diferentes dentro de la universidad, porque a veces en lugar de propiciar la relación con la industria, la frenan. Las facultades tienen que saber que deben manejar la administración como proyecto, con unos compromisos, en un tiempo determinado, con unos recursos a ejecutar. Quiero además sugerir algunas acciones concretas:

- Los decanos deben ser muy activos y participar en los consejos de ciencia y tecnología.
- Las mesas de trabajo de la Andi en distintos temas, hacen diagnósticos de lo que necesita la industria. Ellos lo hacen desde su perspectiva, pero hay una posibilidad de intervenir.
- El Organismo Nacional de Acreditación sabe que hacen falta laboratorios donde se hagan pruebas. Un punto neutral sería la universidad, pero no se trata sólo montarlos para hacer el servicio, sino fortalecer los laboratorios para que, además de hacer investigación, puedan estar certificados para acreditar productos.

## **Francisco Javier Rebolledo**

Hay un tema que el profesor Urquieta alcanzó a mencionar y que me parece interesante. Yo lo llamaría la conexión entre lo que es la producción científica en la universidad y lo que puede ser la innovación desde esa producción científica. En Colombia tenemos el grave problema que, en nuestras universidades, medimos la producción científica de los profesores y los investigadores, de modo que, muchos de esos productos no representan pasos hacia la innovación, cuando la ingeniería lo que tiene que estar proponiendo es innovación para las empresas.

## **Mauricio Giraldo Orozco**

Los pasos que ha dado Colciencias en los últimos años han sido importantes. El secreto industrial es un producto que ya valida Colciencias. Efectivamente la elaboración de un artículo es un importante ejercicio; pero ¿dónde está la aplicación? En los artículos, la aplicación se pierde completamente. En la Universidad Bolivariana ya empiezan a aparecer iniciativas que tienden a ser un soporte del desarrollo académico del docente.

### **Francisco Javier Rebolledo**

Es más rápido escribir un artículo. El investigador puede tender hacia otras formas más fáciles y rápidas.

### **Guillermo Aponte Mayor**

En la asignación de carga académica que manejan las universidades ¿es muy reconocido el tiempo dedicado a establecer relaciones con la industria o a la gestión de proyectos? Esa es una inversión de tiempo muchas veces no reconocida. Hay que ver cómo reconocer, en la actividad del profesor, ese acercamiento con la industria.

### **Ernesto Urquieta González**

En Brasil las instituciones que financian investigación notaron que con sólo financiar, sin exigir esa relación con la empresa, no se obtenían los resultados de la aplicación. Para estos sectores, de ingeniería en particular, la mayoría de las llamadas públicas prácticamente exigen que la investigación que se propone tenga relación con una aplicación productiva. Cuando los investigadores de las universidades envían un proyecto se debe especificar muy claramente con qué empresa o sector empresarial se va a hacer la aplicación.

Otra cosa importante es que hay que ser conscientes de que es necesario tener esta relación para aumentar la velocidad de crear ciencia y tecnología e innovar.

### **Francisco Javier Rebolledo**

¿Qué estrategias concretas tienen previstas para el control de emisiones de CO<sub>2</sub> en los campos brasileiros? Es una pregunta del público.

### **Ernesto Urquieta González**

La emisión de CO<sub>2</sub> no es mi campo de trabajo, pero acompaño la preocupación en la captura del CO<sub>2</sub>. En Petrobras existe emprendimiento de alta demanda en el sentido de que todos los procesos de Petrobras emiten una cantidad significativa de CO<sub>2</sub> e inclusive dentro de la explotación todo está relacionado con la captura y el almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Es una preocupación muy grande. Con relación a la captura de CO<sub>2</sub> por algas, existe en Brasil mucha investigación. Conozco en mi universidad el trabajo del área de ciencias biológicas que muestra el potencial tan grande que hay en la captura de CO<sub>2</sub> produciendo algas que después pueden ser aprovechadas para la producción de alimentación y otras funcionalidades.

## Mesa de trabajo

Coordinador:

Yoan Pinzón

*Universidad Nacional de Colombia, Bogotá*

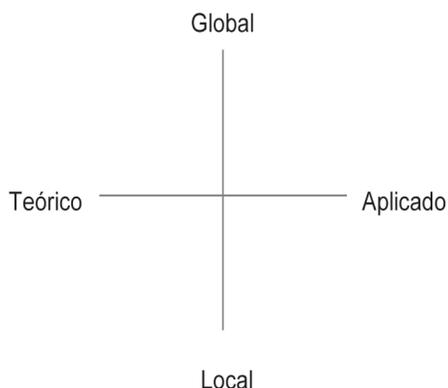
Participantes:

Apellidos	Nombres	Institución	Ciudad
Balbis Morejon	Milen	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Martínez	Olga María	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Pérez Olivera	Harold Alexis	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Méndez Fajardo	Sandra	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Parra	Olano	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Márquez	Mauricio	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
Robledo	Armando	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
Bernal Orozco	Jainet Orlando	Universidad Central	Bogotá
Serrano Iglesias	Edel	Universidad Central	Bogotá
Oviedo Roa	Juan pablo	Universidad Cooperativa de Colombia	Ibagué
Rojas	Ángel	Universidad Cooperativa de Colombia	Ibagué
Rojas Rojas	Fernando	Universidad Cooperativa de Colombia	Neiva
		Universidad del Atlántico	Barranquilla
Mejía Giraldo	Luis Miguel	Universidad La Gran Colombia	Armenia
Zapata S.	Carmen E.	Universidad Nacional de Colombia	Medellín
Ruiz	Carmen	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Sogamoso
Solarte Vanegas	Norma	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
		Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira

En la Mesa de trabajo correspondiente al eje de investigación participaron 16 profesores pertenecientes a 10 universidades. Además participaron un profesor de la Universidad del Atlántico y otro de la Universidad Tecnológica de Pereira cuyos nombres no quedaron registrados. Tampoco quedó registro de las aportaciones de los profesores de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Ibagué que participaron en la Mesa.

El trabajo de la Mesa, fue coordinado por el profesor Yoan Pinzón de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, y se desarrolló con la ayuda de los esquemas siguientes:

1. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificando cada proyecto en la tabla que sigue.



N°.	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos

De la lectura del informe se sigue que se analizaron 54 proyectos de investigación, con una distribución muy diversa por facultad, desde una facultad que presentó 9 proyectos, hasta otra que presentó 1. Por otra parte, en cuanto a la distribución por ámbitos, resulta interesante subrayar la localización que asignan los profesores a los proyectos de investigación:

Ámbitos	Global Teórico	Global Aplicado	Local Teórico	Local Aplicado
Número de proyectos	7	13	6	28

Aunque se presentan algunos vacíos en la información, la mayor parte de los proyectos se han iniciado en los cinco últimos años. El estado de los proyectos en cuanto a si están en proceso o terminados, se resume así:

De los 54 proyectos analizados,

- 14 están terminados
- 38 están en proceso
- Sobre 2 no se da información

Respecto de la financiación, la situación es la siguiente:

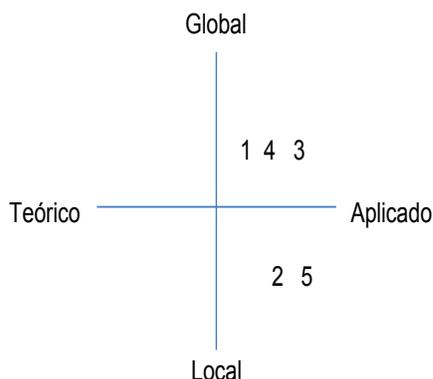
De los 54 proyectos analizados,

- 35 tienen financiación interna
- 11 tienen financiación externa
- 5 son de financiación mixta
- Sobre 3 no se da información

En cuanto a los retos para la investigación, la mayor parte tienen que ver con los proyectos señalados.

## Corporación Universitaria de la Costa, Barranquilla

- I. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificado cada proyecto



### Identificación de cada proyecto

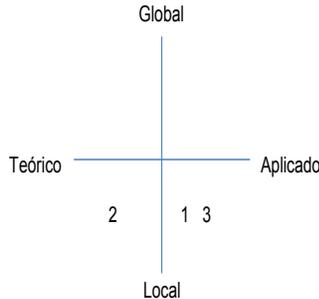
N°.	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa
1	Red de laboratorios virtuales de Colombia	2010		X		X
2	Canalización de los arroyos en Barranquilla	2011		X	X	
3	Sistema de visualización por video geo referenciado y monitoreo de vehículos	2011		X		X
4	Metodología para medir el impacto de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje	2011		X	X	
5	Cultura de Colombia	2010		X		X

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos
Global – Local – Aplicado	Poner en marcha los proyectos a nivel local, nacional e internacional.
Local – Aplicado	Evaluar el impacto de los proyectos a nivel local y propender por su aplicación a nivel nacional.
Global – Aplicado	Buscar aliados estratégicos que permitan llevar proyectos del ámbito local al ámbito global.
Global – Aplicado	Hacer visibles los productos de investigación.

### Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá

1. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificado cada proyecto



#### Identificación de cada proyecto

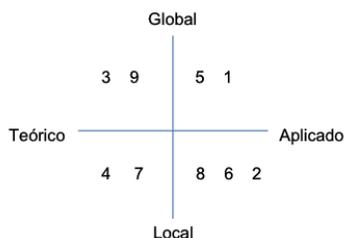
N°.	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa
1	Aprovechamiento de aguas lluvias en el campus	2007	X		X	
2	Análisis CV de uniones roscadas en PVC y bronce	2008	X		X	
3	Tecnologías de saneamiento básico en comunidades indígenas del resguardo Nazaret (Amazonas)	2006	X		X	

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos
Local – Aplicado	Proyecto 1: volverlo global. Fortalecer estudios sobre fuentes contaminantes y su impacto en salud pública.
Local – Teórico	Proyecto 2: incentivar el análisis CV como requisito en la manufactura del PS.
Local – Aplicado	Proyecto 3: volverlo a nivel nacional y aplicarlo a otras comunidades indígenas

### Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla

1. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificado cada proyecto



### Identificación de cada proyecto

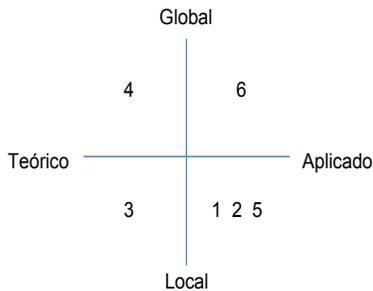
N°.	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa
1	Soldadura en aluminio aleado	2010		X	X	Industria naval
2	Soldadura por fricción	2011		X	X	
3	Horno de agitación magnética	2011		X	X	
4	Análisis de gradientes de soldadura asistida	2011		X	X	
5	Estudio de cultivo de <i>Jatropha</i> para biodiesel	2009		X	X	Industria minera
6	Diseño de maquinaria para reciclados de polímeros como apoyo a trabajadores de Soledad (Atlántico)	2009	X			Estado colombiano
7	Análisis del estudio de lavados de carbones	2009	X		X	
8	Diseño de viviendas autosostenibles de la comunidad wayú	2010		X	X	
9	Análisis de recubrimientos metálicos a base de titanio	2011		X	X	Capital México

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos
Global – Aplicado	Optimización de los procesos de generación de energía térmica utilizando carbón
Local – Aplicado	Optimización de los procesos de manejo de cacao
Local – Aplicado	Rediseño de máquinas separadoras para el sector agro-industrial

### Universidad Central, Bogotá

1. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificado cada proyecto



### Identificación de cada proyecto

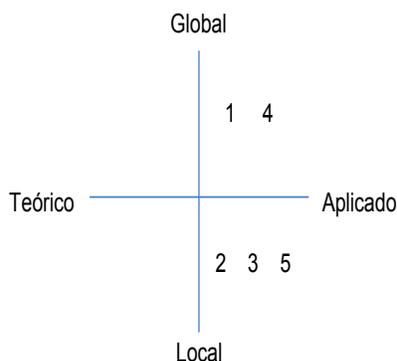
N°.	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa
1	Diseño de laboratorios para ingeniería industrial	2011		X	X	
2	Identificación del límite que separa el mercado de energía regulado del no regulado	2011		X		X
3	Análisis a las rutas de selección selectiva	2010	X		X	
4	Argumentación matemática en redes de aprendizaje	2010		X		Red Renata
5	Competitividad para PYMES que prestan servicios a Ecopetrol	2010		X		Cámara de Comercio
6	Modelos matemáticos en el tratamiento de imágenes digitales	2011		X	X	

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos
Global – Local Aplicado	Los proyectos son aplicados y pueden desarrollar productos relevantes. Interesa también fundamentarlos en la metodología para la identificación, adecuación y validación de modelos matemáticos

### Universidad Cooperativa de Colombia, Neiva

1. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificado cada proyecto



#### Identificación de cada proyecto

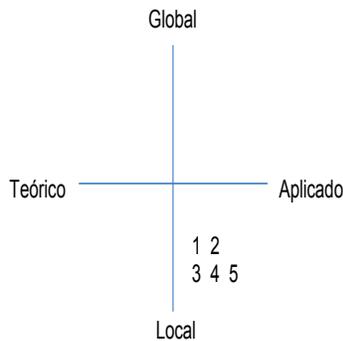
N°.	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa
1	Sistema de clientes livianos	2008	X		X	
2	Aplicación de las arcillas del Huila	2009		X	X	
3	Utilización del vetiver para recuperación de aguas	2010		X	X	
4	Mortero verde	2009	X		X	
5	Sistematización de fincas cafeteras	2010		X	X	

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos
Global – Aplicado	Proyecto 1: aplicación de los clientes livianos en forma masiva.
Global – Aplicado	Proyecto 2: comercialización de los productos obtenidos de la arcilla del Huila.
Local – Aplicado	Proyecto 3: seguimiento del proyecto del vetiver para la recuperación de aguas de las fincas cafeteras en grandes y pequeñas empresas industriales.
Global – Aplicado	Proyecto 4: utilización del mortero verde para evitar la erosión y como aporte al ecosistema y al medio ambiente

### Universidad del Atlántico, Barranquilla

1. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificado cada proyecto



#### Identificación de cada proyecto

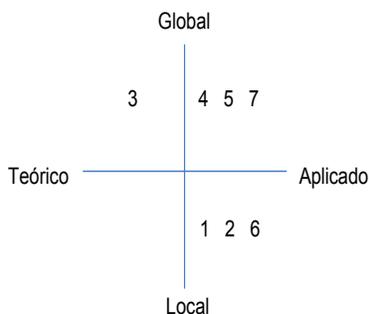
Nº.	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa
1	Aguas			X		X
2	Creación de empresas agroindustriales			X	X	X
3	Emprendimiento			X	X	
4	Catálisis			X	X	
5	Materiales			X	X	

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos
Local	Trabajar más la investigación local – aplicada sin dejar de lado la investigación local – teórica

### Universidad La Gran Colombia, Armenia

1. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificado cada proyecto



### Identificación de cada proyecto

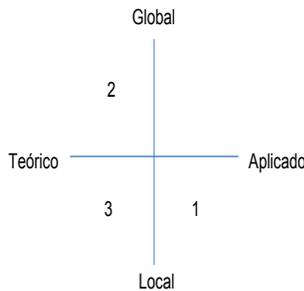
N°.	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa
1	Análisis de demanda tecnológica agroindustrial del Quindío	2009		X	X	
2	Determinación de factores de competitividad agroindustrial en el Quindío	2008	X		X	
3	Uso de lactobacilos en el manejo de postcosecha de mango	2010		X	X	
4	Análisis de la dinámica de fermentación con enzimas en harinas	2010		X	X	
5	Análisis reológico de harinas de plátano	2008	X		X	
6	Diseño de protocolos de programación <i>in vitro</i> de orquídeas	2011		X	X	
7	Construcción de un sistema de pronóstico de procesos agrícolas	2007	X		X	

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos
Global – Teórico	Establecer parámetros de evaluación y valorización de capital intelectual
Global – Aplicado	Consolidación de empresas de baja tecnología (2BT)
Local – Aplicado	Establecimiento de políticas de desarrollo en el Quindío, con la alianza universidad-empresa-estado
Global – Aplicado	Innovación abierta: consolidación
Global – Aplicado	Diseño de protocolos de procesos y productos agroindustriales apoyados en la biotecnología como línea fundamental de I + D + i, tanto en el ámbito de la producción primaria como en la postproducción

**Universidad Nacional de Colombia, Medellín**

1. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificado cada proyecto



*Identificación de cada proyecto*

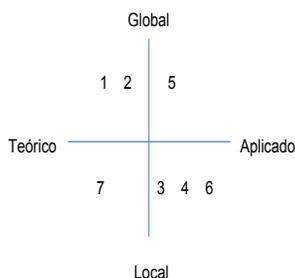
N°.	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa
1	Evaluación de los niveles de contaminación aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA)	2010		X	X	
2	Contribución a mejorar los combustibles	2006	X		X	X
3	Disminución del material articulado atmosférico de los manglares del golfo de Urabá					

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos
Global – Local – Aplicado	Manejo trasdisciplinar Entender la complejidad y la incertidumbre Pasar de lo teórico a lo aplicado, global y local
Global – Local	Diseño de lineamientos o estrategias que vayan de lo global a lo local y viceversa

### Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso

1. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificado cada proyecto



#### Identificación de cada proyecto

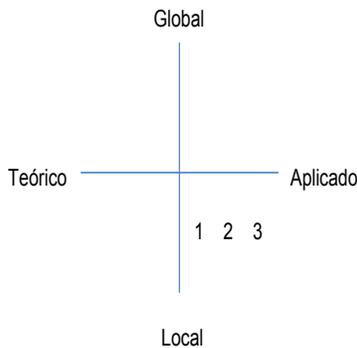
N°.	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa
1	Construcción de un prototipo para fabricación de un biocombustible	2009		X	X	
2	Integración de sistemas logísticos de calidad	2009	X		X	
3	Robótica aplicada al sector minero	2011		X	X	
4	Conformación de aglomerado empresarial de la industria carrocería	2011		X		Colciencias
5	Manual de herramientas de mejoramiento	2011		X		
6	Estudio sísmico de la región de Orinoquia	2011		X		x
7	Desarrollo de placas de circuito impreso (PCB) en el área de control de ingeniería electrónica de la UPTC					

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos
Local – Aplicado	Desarrollar procesos de investigación aplicada tendientes al mejoramiento de las condiciones de competitividad y productividad de las empresas de la región, específicamente en los sectores minero, metalmecánico y metalúrgico
0,75	Identificar propuestas de investigación junto con empresas de la región
Local – Aplicado	Investigar en propuestas de intervención y control para el trabajo de la salud ocupacional.

### Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga

1. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificado cada proyecto



#### Identificación de cada proyecto

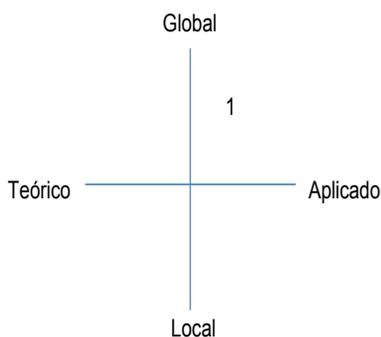
N°.	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa
1	Caracterización del tránsito en el corredor Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM), Bucaramanga	2011		X	X	
2	Reciclado de materiales de construcción	2009	X			X
3	Metodología para disuadir la “guerra del centavo” en el transporte público	2009		X	X	

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos
Local – Teórico – Aplicado	Apoyar la movilidad de la ciudad
Global – Teórico	Innovar en nanotecnología en el área de pavimentos
Local – Aplicado	Aporte a la estabilidad de las zonas de riesgo
Global – Teórico	Metodologías modernas sobre diseños de pavimentos

### Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira

1. Situar en el siguiente cuadro todos los proyectos de investigación activos en su facultad de ingeniería, identificado cada proyecto



#### Identificación de cada proyecto

	Nombre del proyecto	Año de inicio	Estado del proyecto		Financiación	
			Terminado	En proceso	Interna	Externa
I	Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones (GEIO)	1998		X	X	

2. Retos para la investigación en su facultad, de acuerdo con el ámbito señalado (teórico-aplicado, global-local)

Ámbito	Retos



# Capítulo 3

---

## Gestión de las facultades de ingeniería





**E**l eje correspondiente a la *Gestión en las facultades de ingeniería* tuvo por objetivos estudiar la administración, de los procesos y de las prácticas que desarrollan las facultades de ingeniería para el mejor aprovechamiento de sus recursos, desde las dimensiones asociadas a la gestión de los aspectos académicos y la gestión de los recursos (humanos, físicos, financieros, infraestructura, entre otros).

Para el desarrollo de este eje se realizó un *Foro preparatorio*, que tuvo lugar en la ciudad de Cartagena de Indias el 10 de junio de 2012, y que contó con la participación de los siguientes expositores:

- Daniel Bogoya Maldonado, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Federico Vega Bula, Profesor del área de investigación en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena.
- José Luis Villa Ramírez, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

Durante la *Reunión Nacional*, alrededor del eje *Gestión en las facultades de ingeniería*, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Conferencia magistral titulada “La gestión de los recursos en las facultades de ingeniería”, presentada por José Carlos Quadrado, Licenciado en Sistemas de Energía y Potencia. Título en Ingeniería Eléctrica, Automatización y Electrónica Industrial de Instituto Superior de Ingeniería de Lisboa (ISEL). Maestría y Doctorado en Ingeniería Eléctrica y Computadoras de la Universidad Técnica de Lisboa. Es miembro fundador de la Federación Internacional de Sociedades de Educación en Ingeniería (IFEES). Actualmente es el presidente del Centro de Investigación y Proyectos sobre el Control de Máquinas Eléctricas y Aplicaciones (CIPROMEC). Profesor titular en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Automatización y Presidente del Instituto Superior de Ingeniería de Lisboa (ISEL), Portugal.

- Conferencia magistral con el título “Experiencia de la creación de la Escuela de Ingeniería en la Universidad de California Merced, UC Merced”, presentada por Germán Gavilán, ingeniero Civil, magister en Recursos Hídricos y Doctor en Ingeniería Ambiental. Investigador en temas relacionados con ingeniería de preservación y conservación de recursos naturales, modelos de optimización, tecnologías emergentes en geociencias e ingeniería y modelamiento hidrológico. Actualmente es investigador principal del CITRIS Merced (Center for Information Technology Research in the Interest of Society) y Vicedecano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de California, campus La Merced.
- El diálogo de pares, que se desarrolló teniendo en cuenta los objetivos del eje y la conferencia magistral de los ingenieros Quadrado y Gavilán. En el diálogo participaron los ingenieros Roberto Enrique Montoya Villa, vicerrector administrativo y miembro del Consejo Directivo Universitario de la Pontificia Universidad Javeriana y Luis Eduardo Becerra Ardila, Jefe de la División Financiera de la Universidad Industrial de Santander. La moderación estuvo a cargo de Javier Páez Saavedra, Decano de la División de Ingenierías de la Universidad del Norte.
- La *mesa de trabajo* estuvo coordinada por el profesor Luis Castellanos de la Universidad Tecnológica de Bolívar. En ella participaron 13 profesores procedentes de 11 universidades.
- La presentación de los trabajos de los profesores: 6 *comunicaciones orales* y 7 trabajos en forma de *póster*, los cuales se pueden encontrar en las memorias de la Reunión Nacional “Acciones y cambios en las facultades de ingeniería” (ISBN 978-958-680-069-3)

En este tercer capítulo se presenta la documentación que, en las diversas actividades reseñadas, se elaboró para desarrollar el eje correspondiente a *Gestión en las facultades de ingeniería*.

## Panel

### **I. Conferencia: Gestión en las facultades de ingeniería**

Daniel Bogoya Maldonado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

#### *Introducción*

Hay diferentes perspectivas para abordar la gestión de una entidad dedicada a la educación de ciudadanos, dependiendo de la visión particular de la dirección, la sintonía entre esta visión y las miradas que al respecto tienen tanto los profesores como los estudiantes que viven los distintos momentos de formación, y sobre todo la cultura organizacional, tan fuertemente enraizada en la cotidianidad de la respectiva institución. Aquí se intenta mostrar sólo una de las tantas aristas desde donde puede apreciarse la cuestión de la gestión de una facultad de ingeniería.

Por razones de fidelidad con la conferencia para este texto, se toman como base las diapositivas utilizadas durante la presentación, agrupadas en numerales y seguidas de una descripción de las ideas que sirvieron de fundamento, algunos argumentos y reflexiones, y las relaciones que pretenden encadenarlas, con un eje ordenador que orienta la discusión y análisis al respecto: *la gestión en una facultad tiene sentido si los estudiantes que en ella se educan logran altos niveles de aprendizaje para desempeñarse en forma idónea en sus propios campos y sobre todo como ciudadanos del mundo.*

#### *I. Articulación perpetua*

La gestión se propone como un ejercicio cuidadoso y delicado de articulación, sintonización y afinamiento perpetuos, de los distintos proyectos que se inscriben en las dimensiones más relevantes de la educación superior, es decir, *docencia, investigación y extensión*. La analogía con los tres engranajes que se muestran en la figura 1, para asociar cada uno de ellos con las dimensiones mencionadas, resalta la importancia de procurar y lograr un *movimiento sincrónico y acoplado* de cada uno de los proyectos que se hallan en perspectiva o en desarrollo, para poder construir una sinergia natural entre tales dimensiones, mediante acciones que permiten nutrirse y potenciarse mutuamente: la investigación y la extensión se llevan a cabo con la participación activa de profesores y estudiantes, quienes pueden vivir en conjunto la experiencia de formular hipótesis, sugerir procedimientos, construir conocimiento, resolver problemas y crecer tanto intelectual como personalmente; los estudiantes al lado de exponentes auténticos y genuinos de la sabiduría en un campo; y los profesores disponiendo sus diseños, señalando y argumentando los caminos más apropiados a seguir y explicando cada uno de los hallazgos más relevantes y también aquellos sobre los cuales se suscitan dudas e inquietudes.

**Un ejercicio de articulación, sintonización y afinamiento perpetuos, a través de senderos heurísticos...**

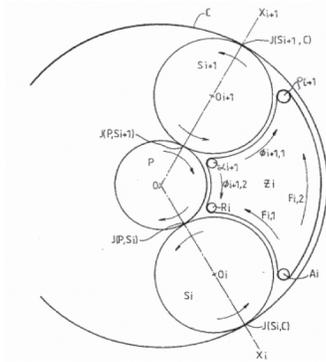


Figura 1. Articulación perpetua

De otra parte, se llama la atención acerca de la necesidad de una gestión que innova permanentemente los modos de articulación, sintonización y afinamiento, mediante la construcción de senderos heurísticos que cambian y se perfeccionan constantemente, y que constituyen un ejemplo de imaginación y creatividad para la comunidad de administrativos, profesores y estudiantes. El diálogo en constante transformación que comienza con preguntas potentes, fluye a los proyectos de extensión y de investigación y se decanta luego en las aulas de clase, va y viene, muta y progresa hasta consolidarse como un nuevo *constructo*, que es aceptado como aporte al estado del arte, por parte de la academia que funge como sabia en el respectivo campo, en una perspectiva planetaria.

Las relaciones entre docencia, investigación y extensión, en armonía natural y con cambios constantes, siempre en la dirección trazada por la visión institucional (relaciones que son opuestas a las condiciones monótonas que brotan de un seguimiento literal de formulaciones ajenas) constituyen el oxígeno vital para la sobrevivencia y reputación de las instituciones dedicadas a la educación. La gestión reclama entonces un ejercicio de creatividad propia y auténtica en los modos de vincular los proyectos, dentro de las dimensiones señaladas.

## 2. Dos dimensiones más

Tomando como esencia, razón de ser y fin primordial de una facultad de ingeniería la formación de ciudadanos críticos, creativos y constructores de riqueza, de nuevos espacios y de nuevo conocimiento, se prevé la necesidad de incorporar dos nuevas dimensiones de la educación superior a las ya indicadas de docencia, investigación y extensión. Se trata de la *administración* y la *formación permanente* de los profesores. La administración, entendida como una tarea de previsión, planeación, diseño, disposición y asignación de los recursos necesarios, y dirección

de la ejecución de los distintos proyectos; y la formación permanente, asimilada como desarrollo profesoral y basada en la interacción argumentada de profesores de distintas instituciones de educación superior, que fungen como *pares sabios* en un campo determinado, es decir, que trazan e iluminan caminos nuevos para expandir el estado del arte en los temas que ellos mismos han profundizado.

**Para generar conocimiento, resolver problemas y formar ciudadanos críticos, creativos...**

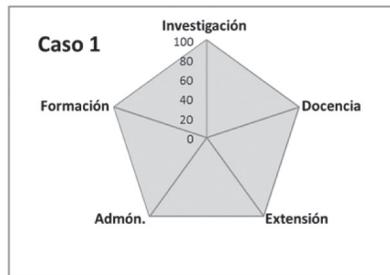


Figura 2. Generación de conocimiento

El caso 1 presentado en la figura 2 refiere la situación ideal en la que se representan las cinco dimensiones mencionadas en un pentágono regular, con cinco vectores de igual magnitud, y direcciones y sentidos organizados para alcanzar justamente la condición de equilibrio que se pretende. Tal equilibrio en una facultad de ingeniería, que constituye uno de los ejes centrales dentro de la gestión, puede construirse en parte mediante la celebración de un *pacto social*, acerca de la distribución más conveniente de tiempos, recursos e importancia para atender cada una de estas dimensiones, al nivel de cada profesor y de la comunidad académica en su conjunto, con base en la participación activa de administrativos, profesores y estudiantes, y considerando siempre la visión institucional como elemento ordenador de la discusión ilustrada que antecede al acuerdo.

### 3. Perfiles de un manantial

La riqueza de la comunidad académica de una facultad de ingeniería radica en la diversidad de los perfiles de los profesores que la integran, quienes siempre intentan cubrir las dimensiones de la educación superior. Por ejemplo, algunos profesores desarrollan mayor sensibilidad por la investigación (caso 2 representado en la figura 3) y prefieren dedicar su potencial a la construcción de hipótesis y caminos para demostrarlas, convirtiendo su labor de indagación en el espíritu viviente de su proyecto de vida. Se trata de aquellos pioneros que usualmente van adelante, porque vislumbran y generan propuestas nuevas y pertinentes, y porque son reconocidos como tales por los demás colegas de la comunidad respectiva; desde luego, los pioneros requieren alianzas con profesores cuyos perfiles sean diferentes, para dar vida, razón y sentido a las hipótesis en curso.

Gracias a un manantial de pensamiento, dispuesto y decidido, pleno de perfiles muy variados...

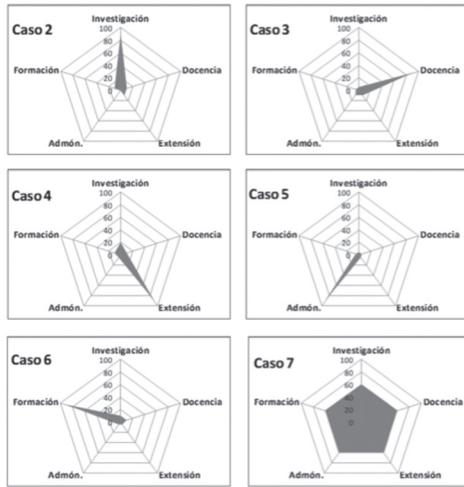


Figura 3. Perfiles de un manantial

También es necesario contar con profesores que desarrollen mayor sensibilidad por la docencia y la extensión (representaciones de los casos 3 y 4 de la figura 3), pues una facultad debe atender al mismo tiempo tareas en estos ámbitos: formar estudiantes (deseable mediante su vivencia constante de la investigación); y desplegar el potencial consolidado en la solución de problemas del entorno (con base en preguntas de investigación y con el concurso de los estudiantes). Aunque poco frecuente, algunos profesores logran por sí mismos un equilibrio en las dimensiones aludidas (caso 7 de la figura 3).

La gestión se evidencia aquí como la capacidad efectiva de armar, de manera natural, los vasos comunicantes y el tejido conceptual entre los distintos perfiles de la comunidad académica de una facultad, de tal modo que puedan desencadenarse acciones de sinergia, mediante el diálogo propositivo y argumentado de estos perfiles.

#### 4. Pistas internacionales

La gestión procura también un reconocimiento de calidad, dentro de una mirada al escenario internacional, haciendo los ajustes del caso y construyendo una visión acorde con cada entorno. Como ejemplo, en la figura 4 se muestran los cuatro criterios y los seis indicadores empleados en el estudio de *Shanghai* para elaborar su ranking de universidades del planeta en el año 2011. En esta sencilla composición, la calidad de la educación se manifiesta y se reconoce mediante el número de egresados que han recibido el Premio Nobel o Medallas *Fields* en el campo de la matemática. La calidad de la comunidad académica se valora a través

del número de investigadores altamente citados y también mediante el número de investigadores que han recibido el Premio Nobel o Medallas *Fields*. Los resultados de la investigación se constatan con el número de artículos publicados en *Nature and Science* y el número de artículos reconocidos por los índices de citación científica y social *Thompson*. El sexto indicador considera el tamaño de la comunidad académica, para establecer una variable intensiva de comparación.

### En medio de algunas pistas...

Criterion	Indicators	Weight
Quality of education	1. Number of alumni who earned a Nobel Prize or a Fields Medal in mathematics.	10 %
	2. Number of researchers who earned a Nobel Prize in physics, chemistry, medicine or economics and/or the Fields Medal in mathematics since 1911.	20 %
Quality of staff	3. Number of highly cited researchers in the fields of life science, medicine, physics, engineering and social sciences.	20 %
	4. Number of articles published in Nature and Science between 2005-2009.	20 %
Research Output	5. Number of articles listed in Thompson Scientific's Science Citation Index Expanded and its Social Sciences Citation Index in 2009. Added to the article count in 2006, listings in Social Sciences Citation Index the count double.	20 %
	6. The weighted score of the above five indicators divided by the number of full-time equivalent academic staff. If the number of academic staff for institutions of a country cannot be obtained, the weighted scores of the above five indicators is used.	10 %

Fuente: [http://www.universityrankings.ch/en/methodology/shanghai\\_jiao\\_tong](http://www.universityrankings.ch/en/methodology/shanghai_jiao_tong)

Figura 4. Pistas internacionales

Aunque los indicadores propuestos sugieran metas de difícil consecución en el panorama colombiano, es conveniente tenerlos como referencia y pensar la gestión como la construcción de las condiciones de posibilidad que permitan al menos una aproximación a la mirada planetaria. En esta perspectiva, la gestión debe encaminarse a la consolidación de una comunidad académica capaz de destacarse al nivel del mundo, en razón de la sabiduría en un campo determinado, su visibilidad y trascendencia a través de publicaciones pioneras que son reconocidas y útiles para otras comunidades de otros países. Como corolario natural, la gestión debe lograr que los estudiantes vivan y se impregnen de esta perspectiva de calidad de un mundo sin fronteras geográficas.

#### 5. Pistas nacionales

De otra parte, la gestión también está comprometida con la disposición de los recursos necesarios para atender y cumplir los requisitos de calidad establecidos en el marco de referencia nacional, y conseguir una adecuada posición en el conjunto del país. Este marco de referencia se basa en los cuatro pilares que se indican en la figura 5. Primero, el *Registro calificado*, emitido por el Ministerio de Educación Nacional, constituye la autorización legal para ofrecer un programa académico de educación superior en Colombia y se logra después de demostrar idoneidad para formar profesionales en un campo; las características específicas de calidad

comprenden la denominación y los aspectos curriculares del programa que se propone y que otorga sentido a una facultad. Segundo, el *Observatorio laboral*, que opera como un sistema de información, se ocupa de monitorear algunas variables relativas a los profesionales graduados en Colombia y de reportar distintas vistas de las bases de datos consolidadas, acerca de su situación de trabajo, su ingreso económico y tiempo transcurrido para lograr una ocupación, entre otras.

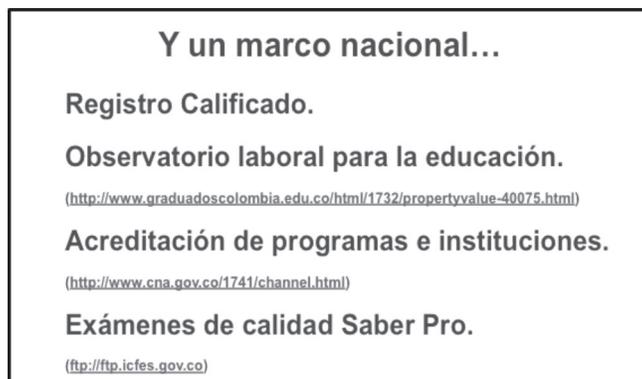


Figura 5. Pistas nacionales

Tercero, la *Acreditación de Programas e Instituciones*, estudiada por el Consejo Nacional de Acreditación y también emitida por el Ministerio de Educación Nacional, como reconocimiento a la madurez de un proyecto de trascendencia sostenida, porque ha logrado afinar los procesos inmersos en la formación de profesionales. Y cuarto, los *Exámenes de calidad Saber Pro*, en los que a través de los resultados alcanzados por los egresados de un programa en pruebas externas, se materializan la efectividad del proyecto educativo institucional, la pedagogía desplegada y el diálogo entre la investigación, la extensión y la docencia; es la manera de demostrar la sinergia que se pretende con el tejido conceptual que se construye alrededor de las dimensiones de la educación superior.

#### 6. Dilemas de los resultados

Ya concentrados en la gestión que se manifiesta en los resultados alcanzados por los estudiantes, es posible advertir algunas tendencias, así como los dilemas propios entre ellas (figura 6). Tal vez con mayor frecuencia la gestión se focaliza en la obtención de un rendimiento promedio alto, calculado como media aritmética, donde los resultados de los estudiantes con mayores dificultades se compensan con los resultados de los de mayor desempeño, borrando así las diferencias entre unos y otros. Si bien es importante diseñar y desplegar estrategias para avanzar

en términos de un rendimiento promedio, aparece en este enfoque una gran debilidad: la potencial inequidad en la distribución del aprendizaje de la población de estudiantes; con alta probabilidad los más destacados tendrán un horizonte exitoso, mientras que los más rezagados tendrán un camino lleno de obstáculos.

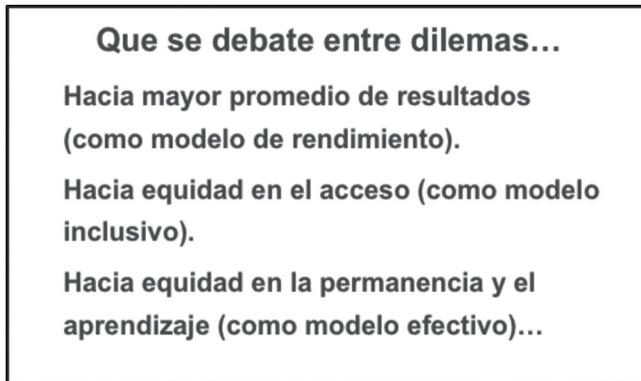


Figura 6. Dilemas de resultados

Otra perspectiva, más nutritiva de la gestión, consiste en garantizar la equidad en los resultados, teniendo en cuenta al menos tres momentos. Primero, *equidad en el acceso*, dentro de un modelo inclusivo, que permite el ingreso de todos los aspirantes, porque reconoce la capacidad que todos los individuos tienen para aprender, siempre y cuando se dispongan los recursos pedagógicos apropiados a los ritmos y modos como los estudiantes pueden comprender un determinado campo. Segundo, *equidad en la permanencia*, que implica dar sentido a la vida de todos los estudiantes, de tal modo que todos sientan satisfechas sus expectativas, desarrollen compromiso con el saber y deseen continuar sus estudios. Y tercero, *equidad en el aprendizaje*, que se logra cuando todos los estudiantes desarrollan sus capacidades al más alto nivel y, por tanto, las diferencias de desempeño que se registran entre los futuros profesionales son suficientemente pequeñas y sobre aspectos de poca trascendencia.

## 7. Señales de calidad

En un intento de mirada compleja de la calidad de la educación que se imparte en una facultad de ingeniería, se sugiere que la gestión procure al mismo tiempo el cumplimiento de dos metas en torno de los resultados de aprendizaje de los estudiantes que culminan el ciclo de educación superior, de acuerdo con evidencias demostradas en pruebas externas, como los Exámenes de Calidad Saber Pro: alto valor del promedio, por una parte, y bajo grado de dispersión, por la otra. Este resultado se localiza en la parte superior izquierda del gráfico ilustrado en la figura 7,

y sería el sitio ideal hacia donde tendrían que orientarse los resultados de la gestión. La conjunción de un promedio relativamente alto, obtenido por los estudiantes, como señal de la tendencia resultante del proyecto educativo institucional, con una desviación estándar relativamente pequeña, como señal de la equidad finalmente lograda en el aprendizaje, revela y confirma la calidad de la educación ofrecida, gracias a la coherencia, contundencia y trascendencia de los distintos proyectos que tuvieron lugar durante la formación de los estudiantes.

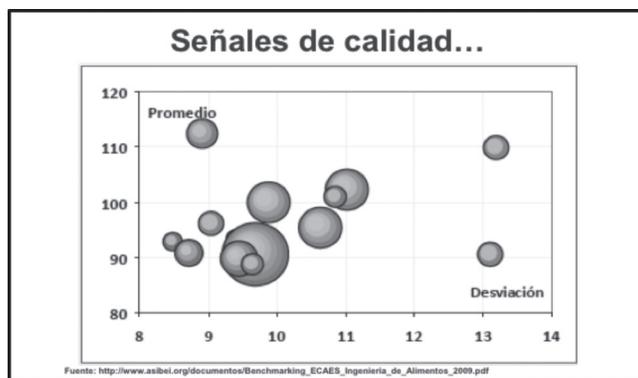


Figura 7. Señales de calidad

La visión clara y el propósito firme de disminuir significativamente la distancia observada entre el logro académico de los estudiantes más destacados y el de aquellos con mayores dificultades, constituyen una tarea fundamental de la gestión, para lo cual debe apoyarse en la selección y disposición de recursos oportunos y apropiados, la actualización o proposición de nuevos desafíos y caminos de la pedagogía de los campos en cuestión, el seguimiento y monitoreo del avance de cada uno de los estudiantes, la retroalimentación de los logros, junto con planes de trabajos específicos orientados a superar las barreras detectadas en los estudiantes, la articulación de las distintas actividades de investigación y extensión con esta formación académica.

### 8. Señales de equidad

Una perspectiva para apreciar la disminución de las distancias de logro académico es la equidad en el aprendizaje, si se controla alguna característica de origen de los estudiantes, entre las que se destacan el género, la raza o etnia, el credo religioso o ideológico, el tipo de institución educativa donde ellos culminan sus estudios de educación media, la zona geográfica donde ellos han vivido antes de iniciar estudios superiores, la condición socioeconómica y cultural o incluso el nivel de desarrollo

académico. La equidad en el aprendizaje se manifiesta cuando el proyecto educativo institucional es capaz de superar las supuestas barreras debidas al origen y consigue efectivamente que todos los estudiantes aprendan los códigos de cada campo específico, teniendo como hipótesis central de la educación superior que *todos los individuos están habilitados para aprender, sólo que lo logran a diferente ritmo y de acuerdo con modos que les son propios*.

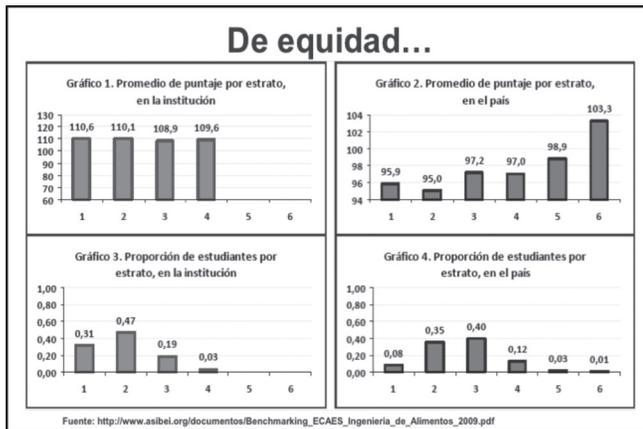


Figura 8. Señales de equidad

La figura 8 muestra el caso de los estudiantes del programa de ingeniería de alimentos de la Universidad de Córdoba, con base en los resultados alcanzados en las pruebas Saber Pro del año 2009, como ejemplo de efectividad en la gestión, visible mediante la equidad en el aprendizaje, independiente, en este caso, de la variable condición socioeconómica. Aunque los estudiantes cuyos resultados se representan pertenecen a los estratos socioeconómicos uno, dos, tres y cuatro (31%, 47%, 19% y 3%, respectivamente, en el gráfico 3), el proyecto educativo institucional consigue que el resultado de logro se localice en 110,6, 110,1, 108,9 y 109,6 puntos (gráfico 1), con mínimas diferencias para los cuatro grupos conformados de estudiantes. Los gráficos 4 y 2 muestran el resultado para el conjunto de todos los estudiantes del país, donde en contraste se aprecia una situación de inequidad global en el aprendizaje por condición de origen socioeconómico.

## 9. Valor académico

Otra preocupación nodal de la gestión consiste en disponer los mecanismos necesarios para alcanzar un estado de *valor académico agregado* positivo y alto. El valor académico agregado de los estudiantes de un programa se define aquí como la diferencia entre la localización real y la función de tendencia generada por los

estudiantes de los demás programas académicos de un mismo campo, en las pruebas externas Saber Pro ya mencionadas, como se representa en el diagrama de la figura 9, también para el caso de ingeniería de alimentos del año 2009. En particular, los gráficos 5 y 6 refieren los resultados obtenidos en las pruebas externas Saber 11, en el eje horizontal x y Saber Pro, en el eje vertical y, para la Universidad de Córdoba y para el país, respectivamente, al nivel de cada uno de los estudiantes. En un enfoque normativo, los resultados observados se distribuyen alrededor de la función de tendencia que también se indica; los de mayor valor académico agregado se localizan en la zona superior y los demás bajo la función.

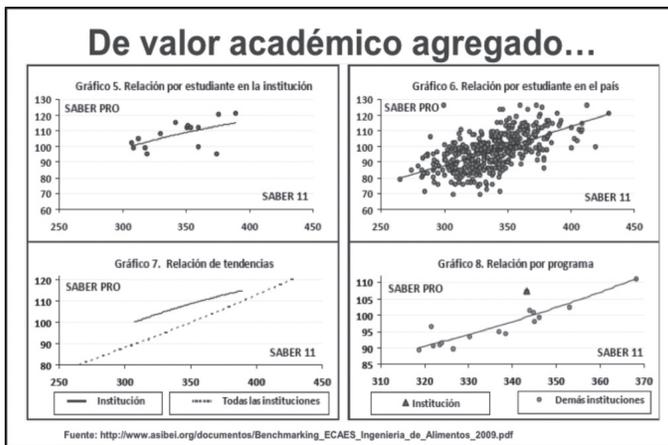


Figura 9. Valor académico

De otra parte, en el gráfico 7 de la figura 9 se superponen las funciones de tendencia de la Universidad de Córdoba y del país, para mostrar la efectividad de una gestión en este resultado, la cual se evidencia mediante la separación de las dos funciones, con una posición más alta para el programa que se analiza. En el gráfico 8 se ilustra el resumen, en forma de promedios de los resultados individuales, para Saber 11 en el eje x, y Saber Pro en el eje y, donde sobresale el triángulo que representa al programa considerado. La gestión comprende el diseño e implementación de proyectos que articulen la docencia, la investigación y la extensión, de tal manera que todos los estudiantes en su proceso de formación puedan tener una experiencia rica en la construcción de conocimiento y alcanzar efectivamente altos niveles de aprendizaje.

### 10. Sofisma de lo exógeno

Tener claridad sobre la estratificación de la calidad de la educación media en Colombia, de donde proviene la mayoría de los estudiantes que ingresan a educación superior, es un imperativo de la gestión, pues el número de estudiantes con potencial académico desarrollado es finito y pequeño, y en consecuencia es

necesario diseñar y desplegar estrategias para formar a los ciudadanos que finalmente ingresan a un programa, aunque su potencial esté apenas en una etapa embrionaria de desenvolvimiento. La figura 10 presenta la distribución de puntajes obtenidos por los estudiantes que presentan una prueba típica de Saber II en Colombia (como indicador de su potencial académico): en el eje horizontal se ubica el número de estudiantes y en el eje vertical la suma de los puntajes asignados en cada una de las siete pruebas de las áreas fundamentales; la media aparece en 350 puntos y la desviación estándar en 70 puntos.

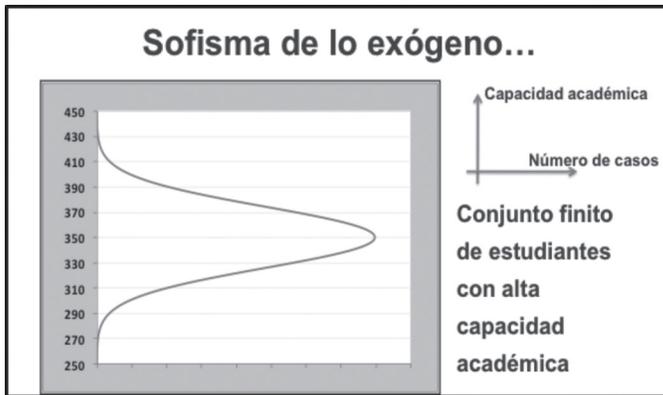


Figura 10. Sofisma de lo exógeno

Para el caso que se ilustra, si el ideal de potencial académico ya desarrollado se asociara con un resultado mayor que 400 puntos en las pruebas Saber II, una mirada prudente debe reconocer que apenas 3,66% de los estudiantes que presentan la prueba cumplen esta condición y que ellos podrán preferir estudiar en otra facultad. Cerca de 24,49% de los estudiantes obtienen un resultado entre 350 y 400 puntos; alrededor de 58,77% entre 300 y 350; y 13,08% menos de 300 puntos. El grupo de estudiantes que ingresa a una determinada facultad particular, se localiza en una zona de resultados en las pruebas Saber II, que refleja el grado de desarrollo de su potencial académico para iniciar un programa de educación superior, y es justo para esta población para la cual una gestión debe dirigir los esfuerzos institucionales y diseñar proyectos apropiados, con miras a lograr efectivamente equidad en el aprendizaje de los futuros profesionales.

### 11. Aristas en equilibrio

La gestión comprende un ejercicio de complejidad, debido sobre todo a la necesidad de sintonizar el horizonte institucional, atender distintos y diversos procesos, hacer seguimiento de los detalles de los proyectos en curso y por venir, tomar decisiones

luego de contar con la información necesaria, entre otras acciones que llenan la cotidianidad y que deben realizarse al mismo tiempo, alrededor de ciertas aristas como el diseño y la construcción permanentes de: *las condiciones de posibilidad*, para que los proyectos puedan fluir en armonía y sin contratiempos, generando productos útiles para la formación de los estudiantes; *los espacios de análisis y discusión*, con la participación activa de estudiantes, profesores y administrativos, quienes conforman un "tanque de pensamiento" que elabora y argumenta propuestas creativas e innovadoras; *los hilos invisibles* del tejido académico que permiten interacciones reguladas mediante códigos implícitos y que configuran las costumbres, los valores y la cultura institucional; *la armonía entre los miembros de la comunidad académica*, visible mediante relaciones sinérgicas potentes que conducen a la elaboración de productos robustos y trascendentales; y *el compromiso con la visión institucional*, teniendo en cuenta el conocimiento cierto de las fortalezas relativas de la comunidad, porque son la base esencial para poder avanzar hacia la consecución de los fines últimos previstos.

### **Hacia la construcción de...**

**Condiciones de posibilidad.**

**Espacios de análisis y discusión.**

**Hilos invisibles del tejido académico.**

**Armonía entre miembros de la comunidad.**

**Compromiso en el foco dado por la visión  
y las fortalezas relativas detectadas.**

Figura 11. Aristas en equilibrio

El trabajo constante en las aristas señaladas, procurando siempre una condición de equilibrio entre ellas, es uno de los retos y preocupaciones centrales de la gestión. Usualmente, estas aristas se comportan como vectores que se nutren y potencian mutuamente, es decir, el fortalecimiento de una de ellas incide normalmente en el crecimiento de las otras, con el correspondiente costo recíproco: el desmoronamiento de una de tales aristas ayuda al debilitamiento de las demás.

#### *12. A manera de conclusión*

La gestión en las facultades de ingeniería puede verse como una composición compleja de numerosos aspectos que deben considerarse al mismo tiempo, procurando un

equilibrio productivo en la atención y desarrollo de las dimensiones de la educación superior. La producción de conocimiento nuevo y pertinente, la solución plausible de problemas del entorno, la consolidación de una comunidad académica y otras tareas también fundamentales tienen sentido si es posible evidenciar un propósito nodal: el aprendizaje de todos los estudiantes al más alto nivel, pues es la única vía racional de alcanzar una sociedad más justa.

## **2. La gestión académica en la facultad de ingeniería de la Universidad de Cartagena: experiencias y retos**

*Federico A. Vega Bula, Universidad de Cartagena*

### *Introducción*

El análisis de la gestión en la facultad de ingeniería de la Universidad de Cartagena se lleva a cabo a partir de una visión retrospectiva de su evolución histórica, destacando los hitos que, de una u otra manera, han definido los factores determinantes de los estilos que han caracterizado dicha gestión. Este análisis se concluye mediante el planteamiento de una visión prospectiva de los retos que supone el cumplimiento de las actuales y futuras exigencias de calidad.

### *Naturaleza jurídica*

La gestión académica en la facultad de ingeniería de la universidad de Cartagena ha estado ligada a su naturaleza jurídica como institución pública de orden departamental, como persona jurídica autónoma de carácter académico y con régimen especial. A ello se suman una tradición institucional de 183 años y una historia de 61 años que, a través del tiempo, han marcado los estilos de gestión de la facultad en las distintas unidades académicas y administrativas, y aportado elementos esenciales para facilitar unos y dificultar otros de los inevitables cambios a los que se han visto abocadas las instituciones de educación superior del país, sobre todo en la última década.

### *Factores determinantes de la gestión*

Los factores determinantes de la evolución de la gestión en la facultad, comunes a la mayoría, si no a todas las instituciones de educación superior, aunque con efectos distintos en cada caso, son múltiples y diversos, y de origen tanto externo como interno. Algunos de ellos son consecuencia lógica de otros:

- La transformación del entorno socio-económico y del científico-tecnológico
- La evolución del marco político y legal de la educación superior
- El desarrollo académico, administrativo y físico de la institución

- El desarrollo académico propio de la facultad
- Las políticas institucionales de gestión de la calidad

### *Evolución histórica*

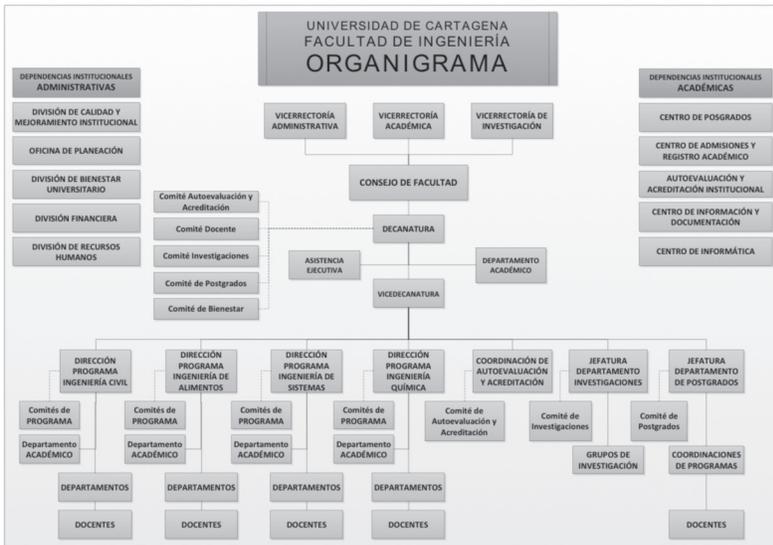
En el año de 1949 se crea la facultad de ingeniería civil, como la primera de este tipo en la Costa Caribe de Colombia, emulando en su estructura y modelo de gestión a la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia.

En su historia reciente se destacan unos hitos que determinan en la actualidad su estructura y su modelo de gestión como facultad de ingeniería, integrada por cuatro programas académicos de pregrado, cinco de especialización y uno de maestría.

- 1990 Creación del instituto de hidráulica y saneamiento ambiental
- 1993 Se inicia la creación programas académicos de especialización  
Creación del departamento de postgrados  
Creación del departamento de investigación
- 1995 Creación del programa de matemáticas  
Cambia su denominación de facultad de ingeniería civil a facultad de ciencias e ingeniería
- 1998 Anexión del programa de ingeniería de alimentos
- 2004 Creación del programa de ingeniería de sistemas
- 2005 Creación del programa de ingeniería química
- 2007 Creación de la vicerrectoría de investigación
- 2008 Creación de la facultad de ciencias exactas y naturales  
Segregación del programa de matemáticas  
Cambia su denominación de facultad de ciencias e ingeniería a la actual, como facultad de ingeniería
- 2009 Creación de la maestría en ingeniería ambiental
- 2011 El Ministerio de Educación Nacional otorga la acreditación de calidad al programa de ingeniería civil

### *Organización*

La actual organización de la facultad de ingeniería refleja la influencia de los anteriores factores, con una predominancia académica hacia adentro y un relativo equilibrio en las relaciones con dependencias académicas y administrativas del orden institucional que facilitan su articulación con la dinámica general de la institución, aun cuando en ocasiones se constituyen, en apariencia o en realidad, en factores que obstruyen o dificultan algunos procesos, sobre todo de carácter administrativo y financiero. El organigrama que a continuación se presenta, muestra la estructura actual de la facultad.



## Experiencias y logros

El desarrollo de la institución y el de la facultad, principalmente en los últimos años, ha generado una serie de cambios en la gestión, orientados al aseguramiento de las condiciones de calidad de los programas académicos y de la institución, lo que se refleja en el éxito institucional en materia de calidad, representado en el logro del registro calificado de todos sus programas de pregrado y postgrado, la creación de programas nuevos en todos los niveles, la acreditación de un alto porcentaje de programas de pregrado y considerables avances en el proceso de acreditación institucional.

## La gestión de la calidad y de la información

Estas exigencias llevan a asumir la gestión de la calidad como eje integrador de los procesos académicos y administrativos, a través de un sistema integrado de gestión (SIGUC), a fin de responder a los procesos de verificación del cumplimiento de condiciones de calidad para el registro calificado, la acreditación de programas y la acreditación institucional, por una parte, y el cumplimiento de las exigencias de la gestión administrativa establecidas en la norma NTCGP-1000: 2009 y el MECI 1000: 2005, por otra.

En estos procesos la información se convierte en un insumo de vital importancia y su gestión es una función esencial, a fin de garantizar su calidad representada en la veracidad, la confiabilidad y la oportunidad. Ello obliga a plantear la gestión

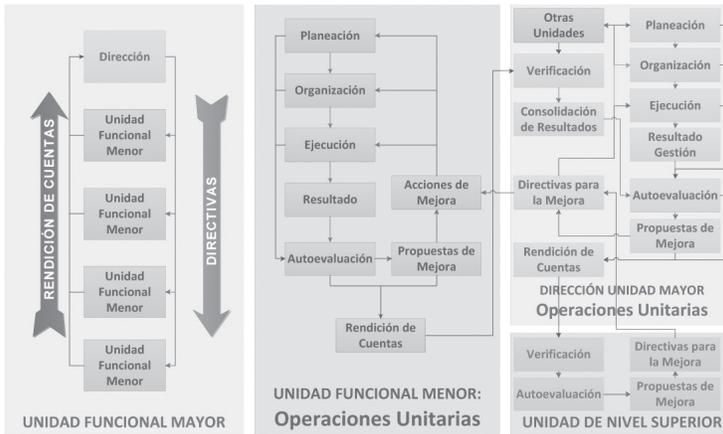
a través de un sistema integrado de información articulado con los sistemas particulares de información, tanto de carácter institucional, como el Sistema de Información Académica (SMA), el Sistema de Evaluación Docente (SED) y el Sistema de Autoevaluación de Programas (SAEPRO), como de carácter estatal como el SNIES.

### *La autoevaluación basada en la rendición de cuentas*

La deseable y necesaria continuidad del proceso de autoevaluación exige que se asuma como una función inseparable de las funciones habituales de cada unidad funcional. Asimismo, su esencia sugiere que se considere como una operación unitaria, que se lleva a cabo en todos los niveles funcionales de la organización, llegando hasta el plano individual. Esto quiere decir que la autoevaluación, como función, se lleva a cabo con un propósito definido, siguiendo procedimientos y utilizando instrumentos preestablecidos, está sujeta a mecanismos de rendición de cuentas y se realiza con una frecuencia que depende de cada proceso, procedimiento o actividad asociada. También significa que es posible y deseable definir una estructura metodológica y procedimental básica, aplicable a cualquier nivel funcional, con la diferencia de los instrumentos que se apliquen y la información que se capte.

En la siguiente ilustración se observan los flujos de información relacionados con la autoevaluación, con las acciones de mejoramiento y con los actos de rendición de cuentas, que se deben mantener entre las distintas operaciones unitarias que se realizan en cada unidad funcional, así como el plano de la dirección de la unidad funcional que las integra y entre ésta con sus distintas unidades, en sentido “descendente”, y con la dirección del nivel inmediatamente superior del sistema, en sentido “ascendente”. En el diagrama de la izquierda, se puede observar el carácter envolvente de las unidades funcionales, donde una unidad funcional está integrada por varias unidades funcionales de menor amplitud, medida en términos de la cantidad de funciones y de recursos humanos que involucra; en los dos diagramas del centro y de la derecha, se muestran las operaciones unitarias y los flujos de información deseables.

En este esquema, la rendición de cuentas, que debe tener un carácter proactivo antes que reactivo, debe imprimir la dinámica al proceso de autoevaluación en el plano de la unidad y nutrir el proceso en el plano de la unidad mayor; al mismo tiempo, provoca la emisión de directivas en sentido inverso, que se traducen en acciones de mejoramiento, que se deben articular con aquellas que se formulen y emprendan de manera autónoma, a partir de la autoevaluación en el plano de la unidad menor. De igual manera debe proceder la dinámica desde la unidad mayor hacia el plano superior a ella e igualmente en sentido inverso.



### Retos individuales y colectivos

Teniendo en cuenta los planteamientos anteriores, es necesario asumir cada vez más retos, tanto a nivel colectivo como a nivel individual, de forma que la gestión académica y administrativa de programas, facultades e instituciones se oriente de manera permanente hacia el desarrollo de una verdadera cultura de calidad, lo cual implica establecer nuevas formas de relación académica y administrativa, y desarrollar nuevas formas de organización del trabajo académico y administrativo, que permitan asumir la autoevaluación y la rendición de cuentas como funciones esenciales de cada individuo y el desarrollo nuevas competencias individuales indispensables en una cultura de calidad.

### 3. Los retos de la gestión de las facultades de ingeniería

*José Luis Villa, Universidad Tecnológica de Bolívar*

#### Introducción

El concepto de gestión hace referencia a gestionar, que significa realizar las diligencias conducentes al logro de un negocio o de un deseo cualquiera, y a administrar, que está relacionado con el gobierno y la dirección.

A pesar de la amplia literatura sobre el tema general de la gestión, y la gran cantidad de escuelas de administración y gestión existentes en nuestro país y en nuestras universidades, podría afirmarse que los retos de la gestión de las facultades de ingeniería empiezan por tres debilidades. La primera debilidad es el hecho de que la mayor parte de las personas designadas como responsables de gestionar las facultades de ingeniería, normalmente decanos de facultad, son personas con una

alta formación técnica y científica, pero posiblemente con una baja formación en áreas de gestión y administración. La segunda debilidad es que la amplia literatura disponible en el ámbito de la administración y la gestión está claramente ajustada a los casos industrial y comercial, pero se encuentra muy poca información relativa a la gestión aplicable a la docencia y a la investigación científica y aplicada. La tercera debilidad radica en que al parecer no existe un consenso acerca de qué significa una buena gestión en las facultades de ingeniería.

A pesar de las tres situaciones expresadas anteriormente, debemos reconocer que, al menos en el contexto colombiano, ha habido algunos avances en este sentido.

Uno de los precedentes más reconocidos en la formación para la gestión en el ámbito universitario fue el trabajo del padre Alfonso Borrero Cabal S.J., a través del Seminario Permanente de la Universidad. Si bien su trabajo no estaba dirigido a mejorar las capacidades de gestión en las universidades, su aproximación histórica y global de la universidad, contribuyó significativamente a crear un concepto de identidad universitaria en el país.

El segundo precedente lo constituyen los procesos de acreditación de programas y acreditación institucional, estandarizados por el Consejo Nacional de Acreditación del país. Los procesos de acreditación, a pesar de sus debilidades y complejidades, han permitido cierta estandarización respecto a la medición de resultados y la consolidación de procesos académicos en el país, y han dado relevancia al rol de los responsables de la gestión académica de las universidades.

El tercer precedente ha sido el conjunto de foros que ha realizado la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería que en los últimos años ha ido consolidando un espacio de discusión entre decanos y profesores de ingeniería.

En esta comunicación se discuten algunos aspectos que pretenden aportar a la temática acerca de los “retos de la gestión de las facultades de ingeniería”. Siguiendo la propuesta de Jamil Salmi respecto a los ejes estratégicos de las universidades de clase mundial, los primeros tres tópicos abordados son: gobernabilidad, recursos y talento humano; un tópico de especial interés será el del modelo pedagógico. Finalmente se presenta una reflexión acerca de la complejidad en las facultades de ingeniería.

### *Gobernabilidad*

Siguiendo la analogía con el estudio de Universidades de Clase Mundial, la gobernabilidad puede ser entendida como el grado de autonomía, transparencia

y ambiente de competencia en la que pueden estar inmersas las facultades de ingeniería, tanto desde el punto de vista institucional como nacional.

Dado que la mayoría de las instituciones se ven obligadas a manejar la mayor parte de los recursos financieros en forma centralizada, desde el punto de vista institucional, esto se ha traducido frecuentemente en una restricción en la autonomía por parte de los encargados de la gestión de las facultades. Esta falta de autonomía se ve reflejada en una débil o nula labor de planeación, o en ejercicios de planeación que no pueden ser concretados.

Lo anterior no quiere decir que el manejo centralizado de recursos sea sinónimo de falta de autonomía, pero sí recalca el hecho de que deben existir mecanismos claros mediante los cuales los decanos de las facultades puedan proyectar las soluciones a las diversas necesidades de sus facultades, y, sobre todo, poner en práctica ejercicios realistas de planeación estratégica de facultad. La capacidad de llevar a cabo una verdadera planeación estratégica y un plan de acción realista, es, a mi modo de ver, la verdadera diferencia entre quien asume el rol de gestión de una facultad y quien meramente ejecuta las directrices de la administración de la universidad.

Una forma de aumentar la transparencia está relacionada con la existencia de políticas y reglamentaciones, no ambiguas y prácticas, que permitan que las diferentes personas sepan con claridad las instancias a las que recurrir y los procedimientos a los cuales están sujetas sus solicitudes. Sin embargo, disponer de un buen conjunto de reglamentos que cumplan con estas condiciones no solo resulta difícil, sino que la existencia de políticas obsoletas y restrictivas ha generado cierta aversión en las diferentes comunidades académicas en relación con a este aspecto.

Esta situación lleva a que los encargados de la gestión en las facultades de ingeniería asuman el rol permanente de generar y comunicar efectivamente criterios, en los cuales la comunidad académica, tanto profesores-investigadores como estudiantes, encuentre coherencia en la toma de decisiones y un criterio de trato igualitario entre los diferentes miembros de la comunidad.

Uno de los retos tal vez más complejos dentro de este aspecto de la gobernabilidad es tratar de desarrollar un ambiente de competencia entre los diferentes integrantes de la comunidad académica. No puede existir un camino a la excelencia si no existe la motivación y el interés de la comunidad académica por proponer nuevas ideas, generar nuevos proyectos, y, en general, si no existe el genuino interés de enriquecer el quehacer académico e investigativo.

La creación de estos ambientes, tiene que ver con la motivación por una sana competencia entre colegas en diferentes ámbitos y la existencia de los incentivos adecuados.

Estos no son los únicos retos desde el punto de vista de la gobernabilidad. El difícil entorno en el que se desarrollan todas las universidades colombianas, tiene profundas implicaciones en su forma de gobierno y en la efectividad de sus ejercicios de planeación estratégica. Entender estas restricciones y saber sobrellevar las dificultades intrínsecas de nuestro medio, hacen parte del aprendizaje para responder a los retos de la gestión de las facultades de ingeniería

### *Concentración y desarrollo del talento humano*

El primer reto desde el punto de vista del talento humano en las facultades de ingeniería tiene que ver con que, además de profesores y estudiantes, existe un actor adicional de particular importancia: el personal de apoyo técnico.

El personal de apoyo técnico es un grupo de apoyo que es responsable del mantenimiento, operación y sostenibilidad de los laboratorios en las facultades de ingeniería. Sin embargo, muchas universidades carecen de un adecuado estatuto para este tipo de personal; en muchas ocasiones se desconoce su verdadero nivel de cualificación y, en consecuencia, muchas veces carecen de un razonable estatus salarial. Para los encargados de la gestión de las facultades de ingeniería un reto importante es lidiar con estos vacíos en la conceptualización del recurso humano en las universidades.

En general, las universidades tratan de atraer los mejores talentos para el cuerpo de profesores, para el grupo de estudiantes, e incluso para el soporte administrativo.

La atracción del mejor cuerpo de profesores ha sido un reto al cual las universidades han querido ajustar sus procedimientos y capacidades posiblemente desde sus inicios. A pesar de ello, tres aspectos constituyen retos importantes para las facultades de ingeniería.

El primer aspecto tiene que ver con los cambios de criterio respecto a qué significa ser el “mejor profesor”. A medida que las mismas instituciones y facultades han ido evolucionando, los criterios de evaluación de desempeño de los profesores han variado, y en muchos casos estas variaciones han tenido profundas implicaciones. Esta situación se ha convertido en un reto permanente para la gestión de las facultades.

El segundo aspecto, sin embargo, representa una complejidad mayor. En la medida en que las universidades han ido estandarizando y formalizando sus criterios de desempeño profesoral, se ha ido perdiendo la perspectiva del ingeniero como alguien que ingenia soluciones para la sociedad a favor de la perspectiva del “profesor investigador”. En este sentido las facultades de ingeniería han ido fortaleciendo su capacidad de investigación, pero en la misma medida, han ido perdiendo la posibilidad de vincular a ingenieros con amplia experiencia, y cada vez es más lejana la posibilidad de desarrollar un ambiente atractivo para los inventores, para los cuáles no ha habido un adecuado espacio en nuestras universidades.

El tercer aspecto es el ambiente académico y personal que se le ofrece a dicho recurso humano. Un recurso cada vez mas cualificado implica mayores dificultades en su gestión, y la atracción de este tipo de talento ya no está mayoritariamente relacionado con los aspectos de conveniencia geográfica, remuneración adecuada y condiciones de trabajo apropiadas, sino al ambiente y recursos que se le proveen para permanecer activo como investigador, y ser competente y válido en su comunidad académica internacional.

En la misma medida, los procesos de selección y admisión de estudiantes han ido convirtiéndose en procesos de atracción y retención de los mejores estudiantes. La competencia por atraer a los mejores estudiantes ha generado que las universidades implementen programas especiales orientados a los estudiantes con mejores resultados en las pruebas SABER, y a que las facultades tengan una agenda activa con los colegios de mejor desempeño académico.

Por otra parte, existe una amplia disparidad en la formación básica secundaria del país, situación complementada con que los nuevos grupos de estudiantes han evolucionado su forma de pensar y actuar alejándose de los estándares conocidos por los profesores. Esto ha generado un mayor reto en comprender y abordar los problemas de la deserción universitaria.

Para las facultades de ingeniería, el hecho de que el grueso de la formación de sus estudiantes de pregrado pasa primero por la formación en ciencias básicas y en ciencias humanas, representa un reto importante.

Respecto a los estudiantes de postgrado, las facultades de ingeniería han ido adecuando sus políticas y procedimientos para atender el número cada vez mayor de estudiantes profesionales y de estudiantes en formación a través de la investigación. El reto mayor reside en la adopción de buenas prácticas y en empezar a desarrollar un aprendizaje sostenido en la gestión de este grupo de estudiantes.

Otros retos relacionados con la concentración y desarrollo del talento humano están conectados con un adecuado programa de formación para profesores, personal técnico y personal de apoyo administrativo, y con el manejo de las diferencias entre profesores de alto nivel.

### *Recursos tecnológicos e infraestructura física*

Cuando uno pregunta a sus profesores y estudiantes cuáles son los principales retos de la facultad de ingeniería, casi invariablemente una de las primeras respuestas tiene que ver con los laboratorios de ingeniería.

Tradicionalmente, los laboratorios han sido un emblema de las facultades de ingeniería, y constituyen uno de los retos más complejos desde el punto de vista de la gestión que deben afrontar los decanos y directores de programa en las facultades de ingeniería.

A las dificultades inherentes a la gestión tecnológica, a la planeación adecuada de los recursos tecnológicos y de infraestructura, y a las restricciones financieras, tan comunes en nuestras universidades, se le suma el hecho de que su utilización enfrenta un alto riesgo de daño por inadecuada utilización, o peor aún, una subutilización ligada a cambios pedagógicos o docentes que generan una forma de obsolescencia tecnológica no planeada.

El reto de realizar una adecuada gestión de este tipo de recursos, pasa por una conceptualización de ciclo de vida de los recursos tecnológicos e infraestructura física, que en general es difícil de desarrollar e implementar, debido al equilibrio que debe existir entre la planeación a corto, mediano y largo plazo, para que haya consistencia en las decisiones tomadas respecto a este tema.

### *Modelo pedagógico*

En las dos últimas décadas del siglo XX y en la primera década del siglo XXI, las facultades de ingeniería han estado en el ojo del huracán de la crítica a la educación profesional. Esto ha llevado a que el desarrollo, implementación y evaluación de los modelos pedagógicos en ingeniería forme un capítulo aparte en los retos de la gestión de las facultades de ingeniería.

En términos generales, hemos pasado de una férrea defensa de que los conceptos enseñados en ingeniería son prácticamente invariables, a reconocer que formamos ingenieros para un futuro que, aunque cercano, desconocemos. Adicionalmente, los modelos pedagógicos han asumido el reto de acortar los tiempos de adaptación de

los recién egresados al momento de ingreso a sus sitios de trabajo, y dado que la ingeniería es un concepto global, el ingeniero también debe ser un ingeniero global.

Esta nueva conceptualización del modelo pedagógico, significa un reto mayor en la gestión de las facultades de ingeniería. Por una parte, la conceptualización de estos nuevos modelos pedagógicos ha resultado en un rico ejercicio multidisciplinario con un amplio alcance, pero cuyo aterrizaje en la práctica diaria de la formación ha estado lleno de dificultades e incomprendimientos. El solo ejercicio de unificar interpretaciones de dichos modelos por parte de los cuerpos profesoriales ha sido un arduo ejercicio, y más aún lo ha sido encontrar resultados consistentes.

Uno de los principales retos para la implementación de los nuevos modelos pedagógicos es una adecuada preparación por parte de los profesores investigadores. En este sentido las universidades han ido desarrollando herramientas cada vez más elaboradas. En este terreno, vale la pena destacar el taller de formación docente de ACOFI y el rol que ha asumido la Asociación en socializar las mejores prácticas en la formación en ingeniería a través de sus diferentes eventos.

Otro reto importante es el seguimiento a la implementación de los nuevos modelos pedagógicos en sí misma. Definir indicadores de implementación, establecer mediciones de éxito y discernir las buenas prácticas ya implementadas se ha convertido en un desafío que desborda las capacidades de gestión de las facultades y, frecuentemente, de las universidades mismas.

Aun así, considero que la forma como abordemos los retos resultantes de este desafío para implementar los nuevos modelos pedagógicos en ingeniería definirá la evolución futura de las diferentes facultades de ingeniería.

*Conclusión: evolución de la complejidad de los requerimientos de la gestión de las facultades*

El mundo actual se caracteriza por una complejidad creciente de sus problemáticas. En el caso particular de las facultades de ingeniería, esta complejidad tiene varias fuentes. Por una parte, los procesos de acreditación de alta calidad han generado estándares nacionales que han presionado mediante un avance significativo en la calidad de los programas midiendo los programas con indicadores estandarizados. Por otra parte, la crítica acerca de la formación del ingeniero del siglo XXI y el convencimiento de que formamos ingenieros que trabajarán en tecnologías que aún no conocemos y en problemas con complejidades crecientes, ha generado nuevos modelos pedagógicos, nuevas metodologías en ingeniería y nuevas conceptualizaciones.

Estas realidades aumentan la complejidad en la gobernabilidad de las facultades, en la atracción y desarrollo del talento humano y en la gestión tecnológica y de la infraestructura física.

Estos nuevos retos han venido acompañados de nuevas reflexiones respecto a la conceptualización misma de las facultades, de su impacto en la sociedad y del rol que nos corresponde en la sociedad.

En conclusión, son estos nuevos retos los que muestran que las facultades de ingeniería se han venido adecuando y respondiendo a la complejidad del mundo actual.





Escritura cuneiforme

Figura 2. Escritura cuneiforme

La figura 2 muestra una información grabada en escritura cuneiforme, en el año 3000 A.C. Puede considerarse como el primer manuscrito del conocimiento. Aquí está presente la captura del conocimiento, su almacenamiento y su recuperación. Es la primera vez que tenemos un sistema donde el conocimiento está claro. Para nosotros lo que está aquí es claro: existe el conocimiento.

Pero el conocimiento tiene muchas vertientes. Voy a reflexionar sobre este asunto, con la ayuda de algunos expertos del siglo XX, que empezaron a sistematizar el conocimiento en sus distintas versiones. La primera es la vertiente económica de Hayek y Marshall. Para ellos la gestión del conocimiento es considerablemente económica: la ventaja económica en sí misma. Para otros, la vertiente importante es la administración, propuesta por March & Simon en 1958. También Polanyi, en 1966, habla de gestión del conocimiento partiendo de la filosofía. Como vemos, desde distintas vertientes se habla de la gestión del conocimiento: es como un paradigma.

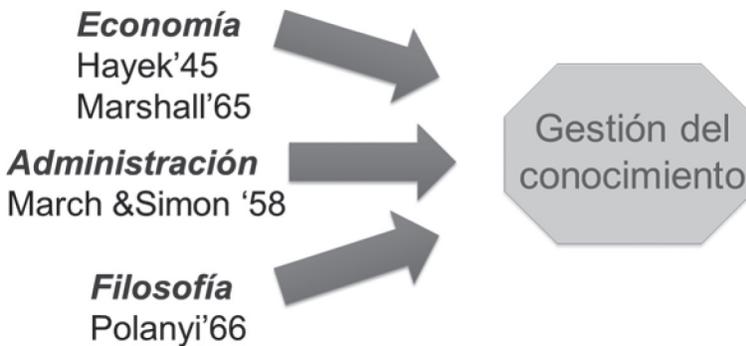


Figura 3. Distintas vertientes de la gestión del conocimiento

Peter Drucker, un gran visionario, crea el concepto de los “trabajadores de conocimiento”, en 1959, como propuesta de futuro. Más tarde, en 1993, lo cambia por la “sociedad del conocimiento”. Este cambio nos muestra que el conocimiento es algo que puede ser importante para crear una sociedad, la sociedad del conocimiento.

Pero, ¿qué es la sociedad del conocimiento? La sociedad del conocimiento es una sociedad cuyo recurso básico ya no es el capital, sino el conocimiento. El capital pasa a ser secundario. Nosotros estamos en esa sociedad del conocimiento. Hoy en día puede parecer que los países pelean por la plata; pero no, en realidad están peleando por el conocimiento. El conocimiento es la base de todas las grandes peleas que tenemos actualmente.

Vamos a revisar las propuestas de algunos grandes tratadistas del siglo XX.

- Marshall afirmó que el capital en su mayor parte es conocimiento: el conocimiento es la máquina más importante de las organizaciones productivas. No se puede producir algo si no se sabe. Si quien posee el conocimiento es único, entonces tiene una ventaja, incluso económica.
- Zuboff, en 1988, presenta la componente del conocimiento en la cadena de valor, como algo que ha sido siempre muy subestimado. Los trabajos se miraban siempre como una actividad física. “¿Ustedes trabajan? Muéstrenme sus manos. ¿Son manos de trabajador? Como no tienen callos, no trabajan”. Esta es la visión del trabajo asociado al esfuerzo físico. Entonces, como todos nosotros sabemos, los profesores no trabajamos, porque el esfuerzo físico es mínimo. Es la visión que a veces tienen de nosotros. Por eso, cuando nos preguntan: “¿usted qué hace?” y respondemos: “yo soy profesor”, vuelven a preguntarnos: “pero, ¿en qué trabaja?”. Estas preguntas forman parte del humor habitual sobre la enseñanza.
- Barnard, en 1996, plantea conceptos como los de guerra de la información o guerrilla del conocimiento. Hoy en día la información es fundamental. Hay guerras por tenerla. La información es un aspecto fundamental para el conocimiento.
- A final del siglo XX, Van Buren, propone el concepto de capital intelectual. El conocimiento es plata, y quien tiene conocimiento tiene plata. Si no se tiene conocimiento, no se tiene plata. Tan sencillo como eso. Si esto fuera verdad, todos nosotros, como profesores, seríamos muy ricos, seríamos millonarios... Pero éste es un concepto que hay también que revisar.
- Al final del año 2000, Swan y Newel hacen del conocimiento una caracterización muy interesante. Asocian el conocimiento a cada hemisferio cerebral: cómo funciona, cómo están los elementos. Se busca, cada vez más, mimetizar el cerebro humano como depositario final del conocimiento.

He hablado de gestión del conocimiento; pero es importante buscar una definición del mismo. Hay muchas definiciones, de las que presento dos:

1. Conjunto de procesos que gobiernan la creación, distribución y utilización del conocimiento, para lograr objetivos organizacionales<sup>1</sup>. Quiere decir que el conocimiento es utilizado con finalidad de tener una organización que funcione.
2. Estrategia tendiente a entregar el conocimiento adecuado a las personas adecuadas, y ayudarles a compartir información y ponerla en acción, de manera que ayuden a mejorar el desempeño organizacional<sup>2</sup>.

Se trata de poner el conocimiento a favor de la organización. Este planteamiento generó escuelas de pensamiento en las grandes potencias mundiales, aquellas que buscaban precisamente tener el control del conocimiento. Revisemos las tres más grandes del mundo.



Figura 4. Enfoque japonés

El modelo japonés, muy asiático, se presenta como una espiral, que da idea del crecimiento en la gestión del conocimiento.



Figura 5. Enfoque norteamericano

El modelo norteamericano, muy presente en la televisión, es piramidal. En él el conocimiento sube y baja por la pirámide.

<sup>1</sup> Murray and Myers  
<sup>2</sup> O'Dell and Jackson



redes... Todos esos modelos los pueden integrar los ingenieros en su trabajo. La selección del modelo supone una lucha de poder. Por otra parte, están los mapas. El uso de los mapas, es ni más ni menos, una pelea entre la participación y el control. Es muy difícil gerenciar el conocimiento. Es muy difícil tener poder: iese dicen siempre los que lo tienen!

Pero, ¿para qué sirve tener ese conocimiento?

### ***Uso estratégico del conocimiento***

Es fundamental. Voy a hablar de la innovación como herramienta estratégica. Para ello, abandonaré por un momento el terreno de la educación y me fijaré en el caso de alguien que, sin ser el más inteligente, llega a ser uno de los mejores en su profesión. Ustedes conocen un equipo de fútbol que se llama Real Madrid, cuyo entrenador es un portugués a quien conozco: José Mourinho. José Mourinho es una persona limitada, incluso como jugador de fútbol: fue jugador de tercera división. ¿Cómo ha conseguido llegar a su posición actual? Alguien le aconsejó que, para su profesión, consultara a la universidad. Para responder a su solicitud, hace diez años se desarrolló una aplicación informática que le permite tomar decisiones con conocimiento en tiempo real. Quiero decir que, cuando un jugador del equipo contrario le pega a la bola, él sabe qué va a hacer y de inmediato envía a sus jugadores en esa dirección. Sus jugadores salen a entrenar con sus laptops, aunque parezca raro para un futbolista. Pero es así. Los jugadores del Real Madrid estudian para saber, estadísticamente, qué va a hacer, en cada circunstancia, cada jugador del equipo contrario, para obrar en consecuencia. Así se ha convertido José Mourinho en el mejor entrenador de fútbol del mundo. Pueden creerme, porque conozco a muchos de los que intervienen en esa estrategia. Mourinho tiene un equipo de personas que, en tiempo real, recogen y clasifican datos de todos los jugadores, lo que le permite tomar las decisiones adecuadas. Este es un ejemplo de la importancia del conocimiento que ha permitido transformar a un “tronco” en uno de los mejores entrenadores del mundo.

### ***Fuentes de ventaja competitiva***

Es claro que el conocimiento debe tener en cuenta la eficiencia, la calidad, la innovación agregada y la capacidad de satisfacer al cliente. Pero la duda no tiene que ver con esas condiciones. La duda es si podemos utilizar la gestión del conocimiento para cambiar. Gestionar el conocimiento quiere decir saber lo que hay; pero cambiar es algo completamente distinto. Me encantó el título de esta Reunión Nacional: “Acciones y cambios”, porque se plantea el cambio como complemento obligatorio

de las acciones. Para que esta conferencia tenga como consecuencia una acción, debe hacerse un cambio. Pero, ¿cómo se hace esto en las universidades?

¿Cómo funcionan las universidades? En algunas instituciones hay una tendencia muy particular. Si preguntan a la comunidad académica, a dónde va la universidad, la respuesta puede ser: “no sabemos; la universidad hace su camino al andar”. Hay quienes piensan que es imposible hacer planeación, sobre todo a largo plazo. Y sin embargo la planeación, la ejecución y la evaluación son indispensables para llevar a cabo una dirección estratégica, como muestra la figura 7.



Figura 7. Dirección estratégica cíclica

Una de las cosas que hago actualmente, cuando no estoy gerenciando mi institución, es apoyar a otras instituciones en sus planes estratégicos, porque considero fundamental que lo entiendan adecuadamente. Un plan estratégico en las instituciones universitarias es complejo, porque sirve para todo; pero, además, tiene un plazo de validez muy corto. Por eso elegí trabajar en esto, porque siempre tendré trabajo. Varía con tanta frecuencia que siempre hay necesidad de seguir haciéndolo. Cuando pregunto a una institución por su misión, la mayor parte responde que no la saben. Después de hablar un poquito con ellos, ya lo entienden... Si tienen una visión, dicen que es fantástica, que tiene todos los elementos necesarios. Pero cuando se les pregunta por la gente implicada, por los escenarios, empiezan a pensar y perciben la complejidad que hay en gerenciar una universidad, o en gerenciar una facultad. Además, los ingenieros creen que saben todo, y se les hace difícil entender que la planeación es un asunto complejo, y más en el ambiente universitario.

¿Por qué se hacen planes estratégicos?

Supongan que la figura 8A representa nuestra universidad. Los vectores son nuestros profesores en un día normal: cada uno sigue su camino, divergente, aunque cada uno sabe dónde está. Esta es la situación normal.

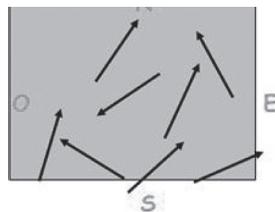


Figura 8A. Antes del plan estratégico

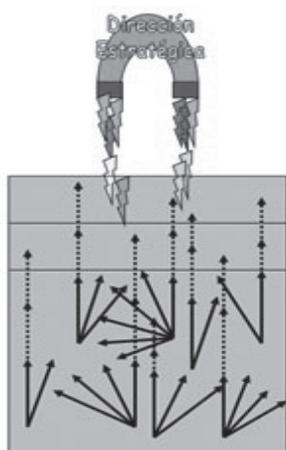


Figura 8B. Después del plan estratégico

¿Qué se pretende con la dirección estratégica? Es como introducir una magneto que va a intentar inducirles y orientarles (Figura 8B). Para lograrlo utilizamos lo que sea: la plata, los puntos, los egos... todo lo que sea necesario para que empiecen a orientarse y sigan los caminos que nosotros queremos. Esto es parte de la dirección estratégica. Es lo que hacemos continuamente. Es nuestra tarea de gestores en todas las instituciones de educación: intentamos inducir a los demás para que hagan lo que queremos.

Pero, ¿por qué? Para cambiar. Está claro para todos que hay que cambiar. Podemos no estar de acuerdo hacia dónde cambiar; pero los cambios son necesarios: esto es lo fundamental.

## Cambio

¿Por qué hablar del cambio? Se puede ver desde tres aspectos.

En primer lugar, hablamos de cambio como de la tónica actual. Permanecer es visto como algo negativo. Pero socialmente el cambio es algo muy complejo.

En segundo lugar, el cambio siempre ha existido. Las personas se olvidan, pero siempre ha habido cambio. Nosotros mismos somos una prueba del cambio. Si no hubiéramos cambiado no estaríamos acá.

En tercer lugar, las características del cambio hoy son muy diferentes a las de otros tiempos. El propio cambio ha cambiado; hoy no cambiamos de la misma forma como se cambiaba antes.

El cambio supone una revolución en sí mismo, porque todos parecen buscar el cambio. Lo que hacen las empresas es cambiar continuamente, porque si no cambian no perduran. Lo mismo hacen los gobiernos, los bancos, los hospitales... Todos cambian continuamente. Pero, en todo cambio debe haber un valor agregado. Por ejemplo, miremos las comunicaciones. Hoy en día, queremos comunicaciones más veloces, globales, baratas, seguras... Además hay un efecto integrador en todos los cambios: todo tiene que cambiar más deprisa y para mejor. Pero, si me permiten ser por un rato un poco filósofo, les diré que la vida misma es cambio. En realidad el cambio es parte fundamental de la vida. El cambio es renovación: tenemos que renovarnos. Está claro que, en esta civilización, quien no cambia, vegeta, decae, se vuelve obsoleto y al fin muere. Algo está claro en este momento: ¡hay que cambiar! No importa tanto qué cambiar; pero hay que cambiar para estar vivo. Los muertos son los únicos que no cambian, por ahora...

El cambio actual es distinto. Es menos predecible. No logramos saber cómo va a ser el próximo cambio. Algunos gurús anuncian lo que va a ocurrir, pero casi siempre los gurús aparecen después de lo ocurrido, afirmando que ya habían anunciado lo que iba a ocurrir: son los gurús del pasado. Como estadísticamente es posible que una tontería se cumpla, siempre hay un gurú al que seguir. Claro que si no acierta es un gurú muerto... El cambio actual es más complejo. Muchas veces no se percibe el cambio. Sabemos que algo cambió, pero no sabemos qué. El cambio actual también es más veloz. Por todas estas razones, debemos analizar la amplitud del cambio, la interdependencia, la velocidad de reacción. Por eso resulta fundamental que entendamos cuáles son los factores externos actuales en la gestión de instituciones de educación y también en las facultades de ingeniería.

¿Qué ocurre a largo plazo con este escenario? Lo primero que sucede es que la volatilidad, la turbulencia ambiental, tornan obsoleto cualquier planeamiento a largo plazo. ¿Ustedes saben qué van a hacer sus instituciones en el 2020? Con seguridad no lo saben; nadie lo sabe. En segundo lugar, aunque tengamos una planeación rigurosa, el entorno la desajusta, lo cambia todo. Usted está planeando algo, pero el ministro de educación cambia la ley: este cambio lo cambia todo. Además, hacer un proyecto de cambio en una organización estructurada es muy difícil. Piensen en la universidad, donde aún hoy existe una estructura sólida.

Esto significa que nosotros tenemos que mirar con atención por qué fracasan tantos cambios.

Esta pregunta tiene una respuesta tradicional: la falta de planificación. Si no se planifica, se fracasa. Si falta control o comunicación, se falla. De acuerdo con este argumento, todo cambio que ha sido bien planificado, bien controlado y bien comunicado

cumple con todos los criterios de éxito. Si esto fuera así, tendríamos la receta para el cambio exitoso. Pero eso no es lo que ocurre en realidad. ¿Qué sucede con los imprevistos? Cada vez son más abundantes. ¿Qué pasa con la turbulencia del entorno? Cada vez es mayor. Los efectos de la globalización, la complejidad ambiental producida por la interdependencia... Cuando alguien cambia, los demás también cambian. Además, es importante ver qué sucede con los clientes. La visión clásica del éxito tenía como especificaciones el costo, el tiempo y el cliente. “Mezclando” adecuadamente los tres, se obtenía el éxito. Pero también esto ha cambiado. Hoy en día se habla de calidad, beneficio y oportunidad. Resulta muy importante identificar los agentes del cambio. Cuando queremos cambiar la universidad, hay que preguntarse quiénes son los agentes del cambio. Están los contables, con su apego al orden y a las normas. Hay directivos informales, cuyo poder, seguridad y estatus se ven afectados por el cambio. También está el equipo de promotores del cambio, cuya situación personal conviene conocer para no cometer errores... Pero el cambio no afecta únicamente a los interesados: afecta a todos, de modo directo o indirecto. Por otra parte, todos tienen distintos criterios para evaluar el éxito del cambio. Hay resultados tangibles, tales como la estructura financiera, las ventajas competitivas, los logros de los objetivos propuestos... Pero no se pueden olvidar los sentimientos personales: motivación, relaciones, aprendizajes...

Ahora bien, ¿qué falla en muchos cambios? La figura 9 muestra un largo listado de posibles fallos. Pero, al final, el principal fallo está en los equipos de trabajo. Si los equipos de trabajo encargados del cambio fallan, todo va a fallar. Esta es una visión concreta, muy importante, de nuestra universidad.



Figura 9. Posibles fallos en los cambios

En una estructura convencional, cada elemento transmite algo a los restantes elementos. El manager que todos queremos ser es el único que no recibe nada de

los otros. Cuanto más al fondo de la estructura se está, más se recibe. Este es el modo tradicional de funcionamiento en cualquier universidad. No lo olviden, así funcionamos. Pero, en realidad, nuestros sistemas se parecen más a un barco de remo en el que hay más personas gritando que remando. Esta situación produce dos efectos: hay un ruido tremendo y el barco no se mueve. Parece claro que debemos cambiar esta situación para que las cosas funcionen.

Pero, ¿son iguales todos los cambios?

Voy a presentar una posible clasificación del cambio teniendo en cuenta tres vertientes: el grado de estructuración, la observabilidad y el origen y desarrollo. Todos presentan desafíos distintos.

- Miremos primero el grado de estructuración (tabla 1). Los cambios pueden ser inducidos con un objetivo conocido o no, con una metodología conocida o no. De acuerdo con esto, tenemos algunos problemas esenciales. Por ejemplo, en un sistema abierto no conocemos el objetivo, no conocemos la metodología. El problema es moverse. Aprender es el problema esencial. En los sistemas semiabiertos, no conocemos el objetivo, pero sí conocemos la metodología. El problema es encontrar un buen guion. En el sistema semicerrado que es el normal en todas las instituciones y en todos los cambios, sabemos cuál es el objetivo, pero no conocemos la metodología. Entonces, tenemos que fomentar y compartir experiencias, como estamos haciendo aquí. El último es el cerrado. Conocemos los objetivos y conocemos las metodologías. En este caso hay que mejorar la eficiencia y los costos.

<b>Tipo</b>	<b>Objetivo conocido</b>	<b>Metodología conocida</b>	<b>Problema esencial</b>
Abierto	No	No	Moverse, aprender
Semiabierto	No	Sí	Encontrar buen guion
Semicerrado	Si	No	Fomentar y compartir experiencias
Cerrado	Si	Si	Mejorar eficiencia / costos

Tabla 1. Grado de estructuración

- Si lo miramos desde la vertiente de la observabilidad (tabla 2), la situación es diferente. Un cambio es visible o es invisible. Si es visible se conocen los rendimientos y los costos. Si es invisible, hay controlar su evolución y reportar su progreso.

Tipo	Problema esencial
Visible	Conocer rendimientos y costos
	Controlar su evolución
Invisible	Reportar su progreso

Tabla 2. Observabilidad

- También podemos clasificar los cambios de acuerdo con su origen y desarrollo (tabla 3). Los cambios pueden ser de tipo interno, contratado, comercial o *Joint Venture*. Miremos un cambio interno en una universidad. Su origen y desarrollo son internos. El problema esencial es el manejo político. Se hace un cambio en la universidad porque el rector lo dice o porque el decano lo decide en su facultad. Parece increíble pero se trata de un manejo político, nada más que eso. También existe el contratado, cuando el origen es interno y el desarrollo es externo. El problema es la supervisión: si el contratado está haciendo lo que queremos que haga. En el cambio del tipo comercial se trata de los proyectos que llegan a una facultad o a una universidad para que se haga algo. Su origen es externo y su desarrollo interno. En este caso la identificación y la coordinación de intereses son el principal problema. Finalmente están los *Joint Venture* que son una mezcla de todo, incluidos los problemas.

Tipo	Origen	Desarrollo	Problema esencial
Interno	Interno	Interno	Manejo político
Contratado	Interno	Externo	Supervisión
Comercial	Externo	Interno	Identificación y coordinación de intereses
<i>Joint Venture</i>	Mixto	Mixto	Tienen los problemas de los tres

Tabla 3. Origen y desarrollo

Es importante que quede claro que es muy distinto dirigir un cambio cerrado, visible y comercial, a uno abierto, invisible e interno: se requieren distintas habilidades.

La anterior afirmación sirve para reflexionar sobre la pregunta de si un buen gerente de una empresa podría gerenciar una universidad o una facultad. Puede ser que sí; pero en realidad se requieren distintas habilidades. No es lo mismo; no hacen lo mismo. También ocurre lo contrario. Si se busca un gerente de una institución de educación superior o de una facultad de ingeniería y se le pone a gerenciar una empresa, los resultados pueden ser muy malos.

Cuando se habla de habilidades gerenciales en la visión clásica, se exige al gerente habilidades comunicativas, de liderazgo, de trabajo en equipo, de negociación y ética. Si cumple con estos requisitos tiene las habilidades gerenciales necesarias para dirigir una institución de educación. Ésta es la visión propia de hace uno o dos siglos. Hoy en día las cosas no funcionan así; las habilidades gerenciales son completamente distintas. Lo imprescindible es aprender a aprender. Hay que reconocer a los interesados, porque cambian continuamente, y el reconocimiento es fundamental para ellos. Hay que planificar, coordinar y organizar. La ética está siendo desplazada por el éxito...

Voy a pasar rápidamente por cada uno de estos aspectos para entender lo que quieren decir.

- Aprender a aprender. Todo plan estratégico implica cambio, algo nuevo. Los interesados no siempre tienen claros los objetivos al comienzo del proyecto. Este punto es fundamental. Las personas se aproximan a hacer algo, pero no saben muy bien qué es lo que quieren. Es imposible para el equipo conocer los métodos y aplicarlos en todos los escenarios. Esto quiere decir que el equipo ha de experimentar, junto con los interesados, las novedades de cada plan. Quiere decir que para hacer cambios hay que buscar a los interesados, internos o externos, y decirles qué se va a hacer. Hay que involucrar a todos los interesados.
- Reconocer a los interesados. Los interesados son la energía que impulsa o frena el proyecto. Si no se identifica a los interesados en los cambios, por buena que sea la idea, por grande que sea el esfuerzo, no va a funcionar. Es imprescindible reconocer y mantener a los interesados en sus posiciones. Es claro que hay que mantener un equilibrio entre las expectativas y la evolución del proyecto: es fundamental. Quienes definen los criterios de éxito de un proyecto son únicamente los interesados.
- Planificar y coordinar. Vivimos en un escenario turbulento. Planificar es mantener constantemente la perspectiva. Coordinar es extender y utilizar dicha perspectiva entre todos los interesados. Desarrollar y extender la perspectiva son dos hábitos que deben ser continuamente perfeccionados. De otro modo, si no funcionan.
- Organizar. Los proyectos abiertos orientan a las personas: se trata de asignación de roles. Los proyectos cerrados orientan las tareas: asignan tareas. Ambos son muy distintos, pero los dos existen y hay que identificar cuál se está utilizando.

Personalmente, para mi gestión, utilizo un cuadro de mando como se muestra en la figura 10.



En resumen, ¿cómo funciona este concepto teórico? Como a nosotros nos gustan mucho los diagramas de bloques, voy a utilizarlos para explicar esto, siguiendo la figura 12A. El entorno global es volátil, interdependiente. Significa que va a provocar cambios impredecibles, complejos y rápidos. Entonces, ¿qué hacemos nosotros? De acuerdo con lo propuesto, miramos la estructura, la observabilidad, el origen del cambio y con ello identificamos las dificultades esperadas. Con base en esto, miramos cuáles son las habilidades gerenciales y montamos las estrategias directivas para implementar el cambio. Así cerramos el ciclo de retroalimentación con cambios bien dirigidos. Esto es claro para un ingeniero. Si no se tiene un ciclo de retroalimentación, no es ingeniería. Siempre es así. Por eso hay que utilizar algo similar, como lo que propongo en la figura 12B.

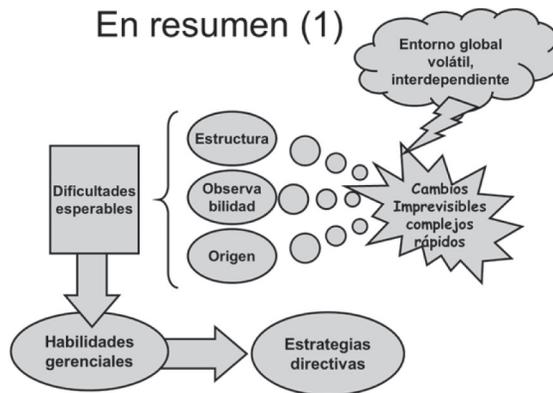


Figura 12A

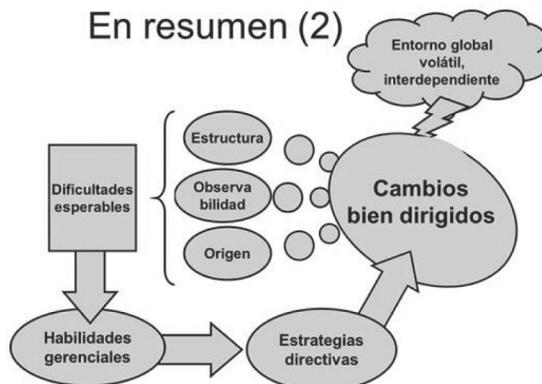


Figura 12B

Ahora me gustaría pasar a hablar en el terreno de la práctica ¿Cómo funciona todo esto en una facultad de ingeniería?



Figura 13. Visión tradicional de una facultad de ingeniería

En primer lugar vamos a mirar un conocido modelo de la facultad: el piramidal (figura 13). En su base están los estudiantes; en medio, los docentes; en el tope, el decano. Esa es la facultad tradicional.

¿Cuál es la perspectiva del decano de esa facultad?

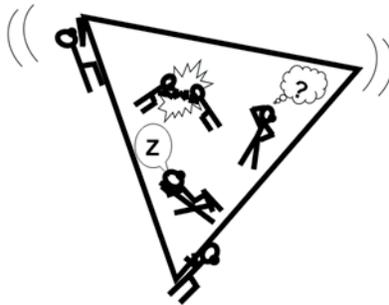


Figura 14. Visión del decano de una facultad de ingeniería

La que muestra la figura 14. El decano carga en su espalda toda la facultad. En la facultad hay un grupo de confusos que no saben qué hacer; otra parte son perezosos, que no hacen nada; otros siguen peleando, no hacen más que pelear continuamente...

¿Cuál es la perspectiva de los estudiantes de esa misma facultad?

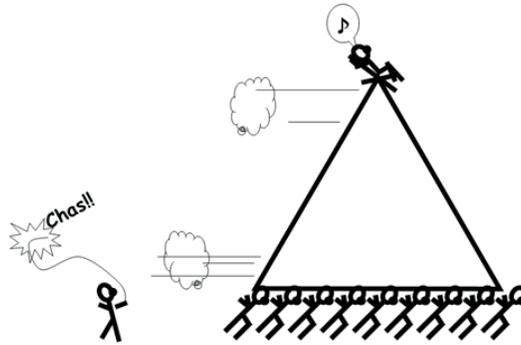


Figura 15. Visión de los estudiantes de una facultad de ingeniería

Como se muestra en la figura 15, los estudiantes creen que la facultad existe porque ellos la cargan. De otro modo, la facultad no funciona. Desde el punto de vista de los estudiantes, ¿dónde están los decanos? Sentados en el tope sin hacer nada. Los docentes son los encargados de que el sistema funcione y avance, tratando a los estudiantes como esclavos. Eso es lo que creen los estudiantes.

En lugar de presentarles la visión del docente, les sugiero hacer una tarea que ya propuso Aristoteles: “conóctete a ti mismo”, “*nosce te ipsum*”. ¿Cómo vamos a hacerlo?



Figura 16. Resolver los problemas de la facultad

Resulta que vamos a arreglar todos los problemas de la facultad. Por esa razón, miramos todo lo que sucede. Ustedes tienen un trabajo: mirar, de acuerdo con la propuesta que elaboren y presenten, cómo es la relación con el cliente, cuáles son los canales de distribución, qué segmentos de clientes se direccionan, cuál es el flujo de ingreso, cuáles son las actividades clave, cuáles son los recursos clave, cuál es la red de asociados y cuál es la estructura de costos para que todo funcione.

Para hacer todo esto, necesitamos hablar de evaluación. Ustedes han recibido dos hojas: una con instrucciones y otra para escribir. Tienen cuatro minutos para hacer la tarea. Empiecen, por favor. No hay prórroga de tiempo. Al final, un asistente pasará recogiendo las respuestas. (Imagino este intermedio fantástico: cuatro o cinco minutos de silencio...). Bueno, se terminó el tiempo. Ahora ya saben ustedes lo que sienten sus estudiantes cuando escuchan: “se terminó el tiempo”. Yo voy a ampliarles el tiempo hasta el final de la ponencia. Así no tienen que escuchar el resto de mi intervención... Después me entregan el escrito o me lo remiten por correo.

La gestión también es así. Hay que hacer las cosas en poco tiempo, o sin tiempo. Ésta es una parte del problema. Conseguir más tiempo no es tan sencillo como parece. En muchos casos, además, las instrucciones no están tan claras, ni son tan evidentes. Todo el que hace gestión experimenta estas sensaciones continuamente.



Figura 17. Ejemplo I de percepción

Ahora bien, conocemos el mundo mediante percepciones; pero las percepciones no existen en sí mismas: son ficciones de la realidad. Es decir, podemos considerarlas como errores cometidos por nuestra mente. Aunque no seamos conscientes de ello, la gerencia que llevamos a cabo en nuestras instituciones, es alterada de acuerdo con los estados de ánimo, las emociones, la cultura. El trabajo de gerencia de un decano o de cualquier directivo, tiene este problema. No resulta fácil protegerse de esta influencia.

Lo muestra la imagen de la figura 17. ¿Qué ven en ella? Unos dirán que ven una calavera, otros una pareja. La imagen es la misma; pero las percepciones, distintas. Ese es el problema del cambio: que cada uno lo percibe de una manera.

Veamos otro ejemplo más. Por favor cuenten los puntos que ven en la imagen de la figura 18.

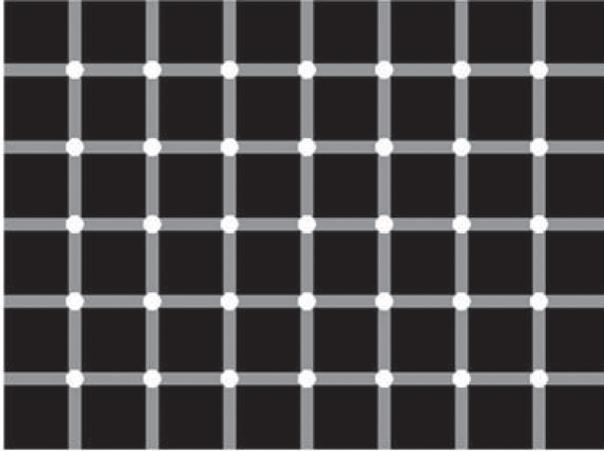


Figura 18. Ejemplo 2 de percepción

Algunos verán pocos, otros muchos. Algunos, se pondrán a contarlos. En realidad no hay puntos.

Así sucede con el cambio: unos lo perciben positivamente; otros lo perciben negativamente. Pero son sólo percepciones.

### **Conflicto**

Voy a empezar por la percepción negativa. ¿Qué sucede si su percepción es negativa? Produce temor. Y si produce temor, ¿qué hace usted? Entra en conflicto. La reacción es inmediata y muy humana. Por eso hay tantos conflictos en las instituciones. El temor es una de las emociones más poderosas de los seres humanos. Es una necesidad de supervivencia. La persona se siente amenazada. El temor sirve para desencadenar las acciones. Prepara el cuerpo para la lucha, se exageran los sentidos, hay excitación nerviosa y palidez, sube la adrenalina, hay evacuación de los intestinos... Esto lo saben todos. Si se convoca una reunión para resolver un asunto muy complejo, la mitad de los asistentes sale para ir al baño, con un miedo tremendo de lo que se está proponiendo. Esto ocurre en la realidad, también en las facultades de ingeniería.

Se trata de conocer el temor para dominarlo. No hay ningún ejecutivo, decano o directivo que no haya experimentado situaciones de mucha dificultad: no saber si podrá pagar los salarios, no saber si va a asegurar que las personas trabajen bien, no saber si una carrera va a funcionar... En estas situaciones es cuando se puede sacar una ventaja, si no se miran como un problema, sino como una oportunidad. Se trata de saber encontrar las ventajas competitivas que hay en estas circunstancias. En portugués se dice que ahí se separan los adultos de los niños. Es verdad. El directivo tiene que estar preparado para situaciones de conflicto y para poder utilizarlas como ventaja. Pero el conflicto es un proceso que comienza cuando una parte percibe que otra ha afectado negativamente algo que interesa a la primera, o que está a punto de afectarlo. Requiere la percepción mutua de la situación, la oposición o incompatibilidad y la interacción.

No voy a profundizar mucho sobre este asunto, pero puedo decirles cómo han sido las transiciones del pensamiento acerca del conflicto.

- Enfoque tradicional (1930 – 1940). Se trata de evitar el conflicto, porque es indicio de mal funcionamiento del grupo.
- Enfoque de relaciones humanas (1940 – 1970). El conflicto es natural dentro del grupo. Tiene potencial para convertirse en fuerza positiva.
- Enfoque interaccionista (1970 a hoy). El conflicto es absolutamente necesario para el desempeño eficaz del grupo. Ustedes ya lo saben. ¿Cómo hacen para que los profesores tengan más publicaciones? Imponer una puntuación (si publica recibe puntos y plata) o una obligación (o publica o se va). Es una forma de inducir el conflicto. Quien trata de ser presidente, rector, decano, debe inducir el conflicto en los equipos de trabajo. Si quieren ser buenos gestores no van a poder ser buenas personas. Hay que ser “malos” en este aspecto; deben ser inductores de conflicto. Lo lamento, pero ustedes eligieron esta profesión.

El proceso del conflicto tiene varias etapas.

Etapa 1. Oposición o incompatibilidad potencial. Las condiciones creadoras de la oportunidad de conflicto son:

- Comunicación: cantidad, calidad y forma
- Estructura: obligaciones de la actividad o profesión
- Variables personales: primeras opiniones, etc.

Etapa 2. Conocimiento y personalización. Las condiciones del conflicto son:

### Afectación negativa de algún factor de interés

- Percepción y conciencia

Aspectos importantes del conflicto son:

- La definición del conflicto, delimitando el conjunto de soluciones posibles
- Las emociones que modelan las percepciones y actúan como catalizadores

Etapa 3. Intenciones. Es necesario estimar las intenciones del otro a fin de responder a su comportamiento. Con la intención se llega a un comportamiento más o menos explícito, lo que resulta importante en términos de conflicto. En la gráfica de la figura 19, se muestran las dimensiones de la intencionalidad. Resulta interesante ver que, de acuerdo con la asertividad y la cooperación, pueden identificarse varios tipos de conflicto: evasor, competidor, colaborador, complaciente y de arreglo con concesiones. Se trata de identificar cuál es el tipo de conflicto mejor para un conjunto de personas, inducirlo y estimularlo.

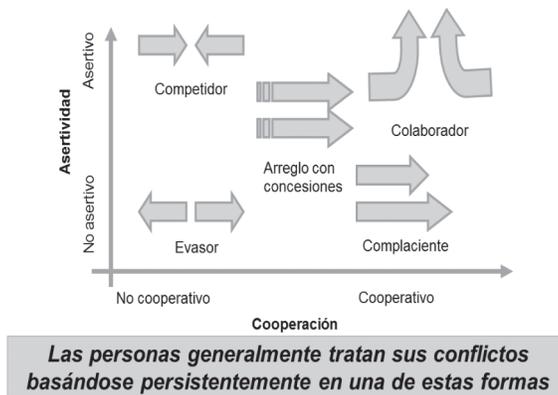


Figura 19. Dimensiones de la intencionalidad

Etapa 4. Comportamiento. Es la fase visible del conflicto. Se pasa de desacuerdos menores y malentendidos a esfuerzos abiertos por destruir al otro: amenazas, ataques verbales e incluso físicos... Existen en toda estructura e institución. Hay que saber identificarlos y controlarlos.

Etapa 5. Resultados. En esta etapa se identifican resultados funcionales, largos, que mejoran la calidad de las decisiones, estimulan la creatividad y la innovación, alimentan la curiosidad y fomentan la autoevaluación. Pero también hay resultados disfuncionales,

como el descontento, los lazos comunes se disuelven, se retrasa la comunicación, se reduce la cohesión del grupo y se subordinan las metas del grupo a las luchas internas. El conflicto funcional es algo que existe, y hay que aceptarlo e incorporarlo.

### **Administración del conflicto**

Hay varias técnicas para administrar los conflictos:

<b>Técnicas de resolución</b>	<b>Técnicas de estimulación</b>
Solución Metas superordinales Ampliación de recursos Evasión Allanamiento Arreglo con concesiones Mando autoritario Modificación de la variable humana Modificación de las variables estructurales	Comunicación Incorporación de personas externas Reestructuración de la organización Nombramiento de abogado del diablo.

Tabla 4. Administración del conflicto

Hoy en día, un directivo es un estimulador del conflicto, alguien que lo utiliza continuamente para lograr lo que quiere.

Un tema interesante es el de la percepción positiva. La percepción positiva se convierte en la gran motivación para entrar en el grupo de trabajo.

Solamente desarrollaré la diferencia entre equipo y grupo, tal como se plantea en la tabla 5.

<b>El equipo</b>	<b>El grupo</b>
Trabaja por un objetivo común Satisface colateralmente objetivos individuales Hay interdependencia entre los miembros Hay compromiso	Se reúne para compartir activos Satisface esencialmente objetivos individuales Hay independencia entre los miembros Hay involucramiento

Tabla 5. El equipo vs el grupo

Para materializar el cambio es imprescindible contar con un equipo. Los grupos no funcionan para llevar a cabo cambios. También es imprescindible pertenecer a un equipo. Por eso, la capacidad de trabajar en equipo es una habilidad social imprescindible en los trabajadores de todas las empresas y también en la universidad.

Hay que hacer seguimiento y evaluación. De otro modo habrá problemas. Se deben establecer señales de alerta, porque las situaciones actuales son muy complejas.



Figura 20

Tal como se muestra en la figura 20, para que un plan sea exitoso se precisan líderes, personas, recursos, acción. Si no hay plan, aunque haya todo lo demás, el resultado será confusión. Si fallan los líderes, el resultado será la ansiedad. Si faltan personas, el proceso se vuelve lento y no se alcanzan los objetivos. Si faltan los recursos, el resultado es la frustración. Si no hay acción, todo queda en el mundo de los sueños.

Algunas consideraciones complementarias para terminar.

- Hay que mirar los enfoques estratégicos afines.
- Como las organizaciones no son planas, es preciso tener en cuenta sus diversos niveles de estructuración.
- La dirección participativa y aventurada está muy relacionada con el conflicto.
- Ser líder es completamente impredecible. El líder no necesita estimular el conflicto. Él mismo es centro del conflicto.

- En la integración del personal, hay que tener en cuenta el profesionalismo.
- Existe una estrecha vinculación entre ingeniería y diseño.
- Resultan muy importantes el control y los incentivos amplios.

Sólo así una organización producirá en el entorno los cambios que la harán relevante y justificarán su existencia.

No quiero terminar sin decir cuál es la visión ideal para una institución. Ya mostré la visión de los estudiantes y la de los decanos. Ustedes intentaron construir la de los docentes. Pero, ¿cuál sería la visión ideal?

Una institución ideal es aquella en la que los estudiantes literalmente la cargan. Sin estudiantes que la carguen, no hay institución de educación. Pero la cargan contentos, porque sienten que tienen como decano a un visionario, a alguien que está atento a lo que sucede, que no está sentado sobre ellos. La idea es que no se sientan esclavos y que no sientan que los docentes son esclavizadores.

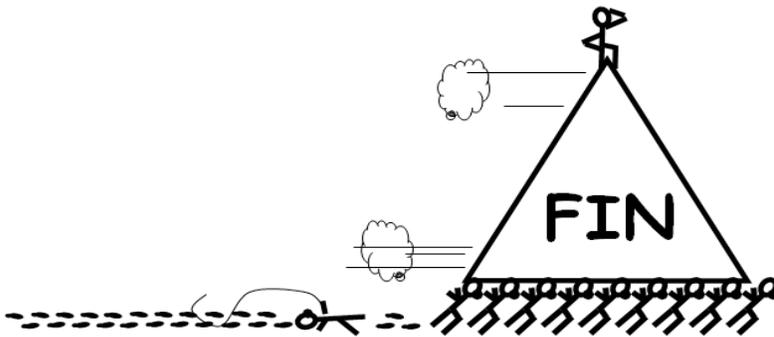


Figura 21. Visión ideal de una facultad de ingeniería

Esa es la visión utópica, y posible, para una institución de educación. Espero que mis palabras no produzcan un movimiento negativo en Colombia, sino que muestren la necesidad de abordar estos temas. Se trata de descubrir entre todos cómo utilizar los conocimientos para gerenciar las instituciones, para gerenciar el cambio y para asumir la parte del cambio que es el conflicto.

## Conferencia

### **Experiencia de la creación de la Escuela de Ingeniería en la Universidad de California Merced, UC Merced**

German Gavilán, Universidad de California Merced

Mi conferencia está centrada en la presentación y reflexión acerca de una parte del diseño práctico de la creación de la escuela de ingeniería en un nuevo campus de la Universidad de California Merced. El nuevo campus es el décimo de la Universidad de California. El sistema de la Universidad de California lo conforman campus como Berkeley, Santa Cruz, San Diego, Invine, Riverside y Merced. En el año 1995, el consejo superior de la Universidad de California decidió crear un nuevo campus. Para la creación de dicho campus se hizo toda una evaluación de la posible ubicación geográfica y se encontró que la Universidad de California tenía todos sus campus ubicados cerca de las grandes ciudades: Davis, San Francisco, San Diego y Los Ángeles.

Carolina, la zona de California más productiva desde el punto de vista agrícola, conocida como el Valle de San Joaquín, en el centro de California, no tenía ninguna sede de la Universidad de California y tenía unas grandes necesidades de investigación. Por eso el campus se ubicó en lo que se conoce como el Valle de San Joaquín o Valle Central. El Valle San Joaquín tiene una configuración atmosférica con una contaminación muy alta. Ese es uno de los principales problemas que tiene esa área y de ahí nacen las líneas de investigación para la creación del campus: la componente ambiental. En la zona hay importantes índices de movilidad en grandes camiones que se desplazan para transportar los productos agrícolas, lo que genera continuamente mucha contaminación y crea problemas de salud. También existe una gran problemática de abastecimiento de agua, porque sólo llueve entre dos y tres meses al año. Asimismo hay problemas de tipo energético. Simultáneamente se dan grandes consumos de energía y baja producción de energía cuya generación es contaminante. Es evidente que hay un problema de sostenibilidad en el Valle Central.

Cuando se decidió construir el campus en la sede Merced, se tuvo en cuenta la situación del Valle Central, y se intentó responder a las necesidades de la comunidad. A pesar de que California tecnológicamente es uno de los estados más avanzados, es la sexta economía del mundo, el Valle Central tiene un nivel de educación promedio muy bajo, que no alcanza a llegar al nivel secundario. Ese es otro de los factores que influyó en la creación del campus Merced.

Estaba previsto abrir el campus en el año 2004; pero debido a la crisis del .com de los inicios del 2000, su creación se retrasó.

Para ponerlos en contexto, les muestro la figura 1 que presenta la distribución de los gastos y los ingresos que tiene la Universidad en los diez campus de la UCLA. El 53% de los ingresos son externos, de los que una gran parte el 25% la producen los tres grandes centros médicos de UCLA, Davis y San Francisco. Son hospitales y centros médicos que hacen investigación y prestan servicios. También son importantes los proyectos de investigación, que tienen un peaje del 52% para la Universidad. Ese 52% de los programas de investigación que conseguimos los profesores, constituye aproximadamente el 17% del presupuesto. En cuanto a los gastos, el 75% corresponde a personal, tanto académico como administrativo. La mitad del resto se invierte en equipos y la otra mitad se invierte en los estudiantes.

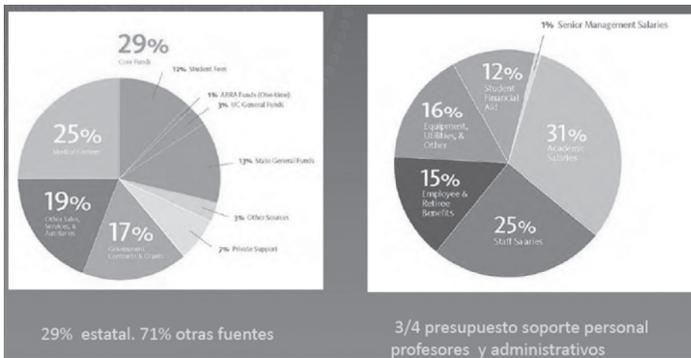


Figura 1. Presupuesto de la Universidad de California

En el año 2002 se empezó a reclutar gente para la Universidad de California, bajo las premisas que definió el Consejo Superior. La construcción del nuevo campus constituyó para nosotros una gran oportunidad. Podíamos inventar un sistema, una universidad que prestase el servicio como nosotros queríamos; teníamos la gran oportunidad de no tener un legado previo, de no tener unas estructuras montadas. Teníamos esa gran oportunidad; pero muy pronto nos dimos cuenta que esa oportunidad era un reto. Porque teníamos toda la libertad de hacer lo que nosotros siempre habíamos deseado, lo que no podíamos hacer en otras instituciones; pero también teníamos el gran temor de que si no resultaba bien, nosotros éramos los únicos culpables, porque no había nadie más a quien echarle la culpa. Era un reto y oportunidad.

Antes de continuar, analicemos otras características de la Universidad de California. Se trata de una universidad, tal vez la única en el mundo, de gobierno compartido. O

sea, el rector no es la persona que da los lineamientos generales para la universidad; el gobierno es compartido y existe la estructura de *senado*, el cual está conformado por *faculties* y por profesores. Ese senado es el que define los lineamientos, y el rector es más un gerente que sigue a la junta directiva y aplica esos lineamientos. En ese sentido es muy diferente a otras instituciones. El gobierno compartido es una gran ventaja que tenemos los docentes en la Universidad de California, pero también es una gran obligación que tenemos con el sistema.

Debido a la cercanía y a su tradición, la Universidad de California nos ofreció el campo de Berkeley para que nos acompañara en el proceso de creación del nuevo campus. Esto nos creó cierta dependencia: teníamos libertad, pero también teníamos cierta influencia del campus más antiguo de California. Desde el principio nos encontramos con que los estudiantes de esta universidad son muy diferentes a los estudiantes tradicionales de las demás universidades, donde todo está enfocado alrededor de un currículo único como medio de educación. Estamos enfrentando otro tipo de estudiantes, otro tipo de esquemas y esto para muchas universidades podría ser un problema. ¿Por qué? Porque cuando hay que hacer cambios, y hay estructuras ya montadas, resulta muy difícil. Nosotros no teníamos esa limitante. Podíamos arrancar de cero y tomar eso como una oportunidad: definir cuál era el modelo de educación que nos podía servir. El estado actual del conocimiento es muy diferente al estado de conocimiento de cuando fueron creadas las otras universidades, en parte porque las universidades han sido muy exitosas en generar conocimiento, y en parte, también, porque a nuestros egresados se les está exigiendo actualmente un poco más que anteriormente.

Las empresas y las personas que contratan a nuestros ingenieros reclaman una serie de habilidades, con exigencias mayores y con un conocimiento mucho mayor. El conocimiento cambia cada diez años; es decir el crecimiento del conocimiento es demasiado rápido y nosotros en la universidad tenemos que estar preparados para ese cambio. Las herramientas de aprendizaje también son muy diferentes: son mucho más penetrantes. Hace 20 o 30 años, la única manera de acceder a un documento técnico, a un *paper*, a un libro, era la biblioteca. Hoy en día, un estudiante accede a los materiales de clase desde su teléfono, en cualquier momento, en cualquier lugar. Las herramientas de enseñanza son mucho más penetrantes. Recuerdo que, en mis años de estudio en la UIS, ciertas clases como la programación de computadores, se veían *como lo que se iba a estudiar, pero no interesaba*. Hoy en día el estudiante exige que la tecnología forme parte de su proceso de formación como profesional. Hay que tenerlo en cuenta.

Estábamos en una posición única para poder definir nuestro propio futuro y el modelo de educación que queríamos trabajar. Con estos parámetros decidimos

que la educación no solamente debía dedicarse al currículo único, al esquema tradicional, sino que debíamos implementar lo que nosotros llamamos los sistemas de redes. Aparece un conjunto de personas que se puede reunir a trabajar para aprender, y se relacionan. En su conferencia, el profesor Reséndiz hablaba de cómo un ingeniero establece juicios, juicios profesionales por medio de la interacción con otras personas que tienen mayor experiencia. Se trata del mismo modelo: tenemos que trabajar con redes y utilizar la tecnología. Ese es el modelo de enseñanza que quisimos hacer.

Otra característica de este campus es que nació completamente interdisciplinario. Los estudiantes se exponen a conocimientos de otro tipo, en otras áreas, y aprenden a interactuar con personas de otras áreas diferentes a la propia de su conocimiento.

En este modelo, con la creación de este campus iniciando de cero, la investigación se definió basada en las líneas de sostenibilidad, energía y salud. Las líneas fueron definidas por la ubicación del campus. Existieron primero programas de posgrado, es decir, tuvimos estudiantes de doctorado antes de tener estudiantes de pregrado. Fue una situación un poco rara, porque normalmente sucede lo contrario: se crean los programas de pregrado y luego se abren los posgrados. Los programas de posgrado todos fueron interdisciplinarios: no tienen los nombres asociados a carreras individuales. Este proceso de creación de la universidad a partir de la investigación, ligó la educación a la investigación: estamos exponiendo los estudiantes de pregrado a la investigación y ellos entienden y reconocen el rigor de la generación de conocimiento valioso.

En el 2005, cuando abrimos el campus, teníamos cerca de 870 estudiantes, de los cuales aproximadamente 120 eran de ingeniería. La visión del plan estratégico es un documento vivo, que va cambiando año a año, conforme cambian las circunstancias. En ese momento teníamos una proyección de crecimiento

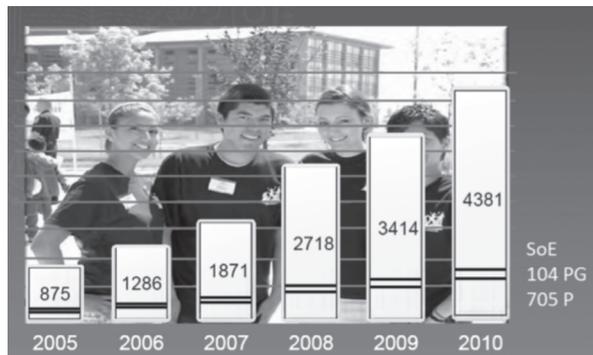


Figura 2. Aumento del número de estudiantes Universidad de California

de más o menos 1000 estudiantes por año. Llegó la crisis económica. Después del boom de la burbuja del .com llegó la burbuja de la vivienda. Entonces, los impuestos en California se redujeron notoriamente y tuvimos unos crecimientos

mucho menores que los esperados inicialmente. En el año 2010 teníamos 4300 estudiantes y en el año 2011 superamos los 5000 estudiantes. La escuela de ingeniería que tenía 705 estudiantes en el 2010, superó los 1000 estudiantes en el 2011. De ellos en este año, 150 son estudiantes de doctorado y maestría: un 80% de doctorado y un 20% de maestría. Este es el perfil de la Universidad de California Merced.

El siguiente cuadro muestra la relación entre los programas de posgrado, que nacieron primero, y los de pregrado que aparecieron después.

<b>Programas de pregrado</b>	<b>Programas de postgrado</b>
Computer Science and Engineering Mechanical Engineering Bioengineering Environmental Engineering Materials Science and Engineering	Biological Engineering and Small Scale Technologies (BEST) Electrical Engineering and Computer Science (EECS) Environmental Sciences (ES) Mechanical Engineering and Applied Mechanics (MEAM) Social and Cognitive Sciences (SCG) Quantitative and Systems Biology

### **¿Qué retos teníamos al nacer el campus?**

Desde el inicio, pensamos y decidimos que la innovación era un reto, en la formación de ingenieros. Tenemos que innovar. Creo que en esto hemos estado de acuerdo todos los expositores de la Reunión Nacional de ACOFI: la innovación es parte de la ingeniería. La sostenibilidad es otro fundamento de la escuela de ingeniería en la UC Merced: tenemos que ser sostenibles a través de todos los programas.

### **¿Cómo vemos el ingeniero del 2025?**



Figura 3. Visión del ingeniero 2025, UC Merced

La figura 3 muestra la visión que tenemos del ingeniero 2025. No sabemos cómo vamos a lograr el proyecto; tiene que ir cambiando año a año, pero la visión que tiene la escuela de ingeniería es preparar al estudiante para el cambio constante a nivel global. El ingeniero tiene que cambiar, el ingeniero tiene que aprender a aprender, tiene que renovarse continuamente. La estrategia que queremos apalancar es el foco interdisciplinario y la visión de sostenibilidad para el desarrollo de todas las carreras. Es muy común, como vamos a ver más adelante, que todos los estudiantes de las cinco carreras tengan unas materias comunes, independientemente de la carrera, con esos focos interdisciplinarios y de sostenibilidad.

### ***¿Cómo lo vamos a lograr?***

- **Innovación.** Es fundamental. Se puede lograr con conocimiento. La universidad es la encargada de transmitir el conocimiento. Tenemos que crear habilidades analíticas, integrar al estudiante a la enseñanza mediante la solución de problemas, haciendo un diseño creativo, casi artístico, como lo mencionaba el profesor Reséndiz. El ingeniero tiene que ser riguroso al revisar el diseño para seleccionar la alternativa más adecuada.
- **Sostenibilidad.** Es muy importante. Pretendemos atacar el problema del desempleo en el Valle Central. Para ello, queremos que los estudiantes egresados de nuestra facultad sean creadores de empresas y generen el empleo de calidad que se necesita; no el empleo de agricultor típico que existe actualmente. La sostenibilidad requiere de mucha fundamentación científica, de conocimiento, de alianzas estratégicas. Tenemos que saber dialogar con la sociedad, con todos los actores relacionados con la sostenibilidad ambiental. Si no nos sabemos comunicar, si no sabemos establecer vínculos con ellos, no podemos llegar a una sostenibilidad completa. Hablamos de la ética en el sentido de entender que el medio ambiente es un bien común. Por último, la sostenibilidad no debe ser solamente económica y ambiental, sino también social: es una sostenibilidad completa.
- **Compromiso.** Queremos que nuestros ingenieros tengan iniciativas de impacto local y global, que aprendan a compartir recursos, que tengan soluciones, tanto locales como globales, que se adapten a los cambios del mundo. Es importante que estén en aprendizaje continuo y que tengan valores, que piensen siempre en el impacto social. Es una de las razones de este campus y por eso lo hacemos. ¿Como lo hacemos?, Mediante la innovación tecnológica y teniendo siempre en mente que es para el desarrollo económico del área donde está el campus: esa es la componente social del campus.

### **Iniciativas clave**

#### a. Grupos de trabajo interdisciplinarios/multiculturales

Los grupos tienen que ser interdisciplinarios y multiculturales. Tenemos una población muy diversa en el Valle Central. De hecho, la UC Merced es una de las pocas universidades en Estados Unidos que fue declarada universidad hispana. El 42% de los estudiantes de nuestra institución son hispanos y por lo tanto tenemos unos recursos adicionales de la nación para promover estos programas. Por eso, la diversidad es un gran elemento de nuestro plan.

- El Service Learning es un proyecto que tenemos en la Universidad para aumentar la retención. La retención en ingeniería, en el mundo, está en el orden de 50%: la mitad de los estudiantes que inician sus estudios se pierde en el camino, sale o no se gradúa. En Estados Unidos deserta en promedio el 52%. Hemos logrado una buena retención en las tres primeras promociones: el 81% de nuestros estudiantes de ingeniería se ha graduado. Es una retención muy alta. Creemos que en parte se debe a este programa que voy a explicar un poco más adelante.
- Clínica de diseño e innovación, que es el equivalente a un proyecto de grado, pero que se hace en un semestre. Es una asignatura totalmente monitoreada por el profesor y en un ambiente más controlado, con cierto soporte de algunas personas, de donantes de empresas que colaboran con los proyectos. Es otra herramienta que nos ha dado muy buenos resultados.

#### b. Sostenibilidad – “Living Lab”

- Está basada en tres elementos. El primero que yo llamo los laboratorios vivientes. ¿Cuáles son los laboratorios vivientes que tenemos? Estamos rodeados de montañas. La Sierra Nevada es un laboratorio que usamos para el análisis hidrológico, de contaminación de agua, de producción de agua a partir de la nieve. Otro laboratorio viviente es el campus. Todos los edificios están diseñados con huella de carbono casi cero y son muy eficientes. Les hacemos un pequeño cambio a un costo muy bajo y dejamos la infraestructura necesaria para que los profesores que hacen investigación en edificios inteligentes, tengan el edificio como laboratorio y no un pequeño cuarto en un laboratorio. Eso nos ha dado muy buenos resultados; tenemos los edificios totalmente automatizados mediante productos de investigación que hacen control de temperatura, control de energía y de iluminación. Hemos reducido los costos de funcionamiento haciendo estos edificios como laboratorios vivientes. Otro laboratorio viviente es el proyecto de energía

solar que tenemos en el campus. Tomamos cuatro hectáreas del campus, pusimos celdas solares y estamos generando la energía propia como parte de investigación; estamos haciendo un laboratorio en tamaño real, con datos reales. Además de investigar, como vamos a ver más adelante, estamos subsidiando la energía del campus.

- Tenemos un grupo que está creciendo a nivel mundial. Se trata de ingenieros para un mundo sostenible (*Engineers for Sustainable World*). Son estudiantes de ingeniería que participan en proyectos internacionales. Tenemos benefactores o patrocinadores de este proyecto y los estudiantes hacen intercambios. Los estudiantes viajan y desarrollan proyectos de ingeniería con fines de sostenibilidad. También nos está dando buenos resultados.
- Por último, hemos trabajado en las ciencias del conocimiento y sistemas inteligentes. Tiene que ver mucho con los edificios, con el ahorro de energía.

### **El currículo**

El primer año es común. Procuramos no forzar al estudiante: le decimos que es mucho mejor no elegir su programa en el momento de ingresar. El estudiante ingresa a ingeniería. Tenemos un problema de cupos cuyo resultado final es la selección en las carreras de alta demanda. Los estudiantes también se ubican mucho mejor, tenemos un currículo único para el primer año, de modo que el estudiante no pierde nada al entrar sin decidirse por ningún programa. Después elige y se inserta en un programa. También ésta es una innovación.

A un grupo de profesores se le ocurrió, y yo estuve muy de acuerdo, que la enseñanza de las matemáticas y de la física siempre es un problema, porque cuando al estudiante que está estudiando física se le dice que hay que utilizar un concepto de matemáticas, responde: “yo no lo vi” o “yo no me acuerdo”. Pero cuando lo está estudiando en matemáticas responde: “para qué me va a servir esa cantidad de ecuaciones”. Es decir, no hay interrelación entre la física y las matemáticas. Entonces se nos ocurrió una idea que pudimos llevarla a la práctica porque no existía la estructura de departamentos, de departamentos con muros que no se pueden tumbar. Decidimos enseñar la física y la matemática en una sola clase. El estudiante de primer semestre ve algo que se llama “física y matemáticas integradas”. Es un curso de 8 créditos. Los estudiantes son muy temerosos con el curso, porque, de 16 créditos que toman en un semestre, la mitad suponen una sola nota. Si les va mal, les fue mal en el promedio; pero si les va bien, es una ventaja. De modo que, al principio, son muy temerosos.

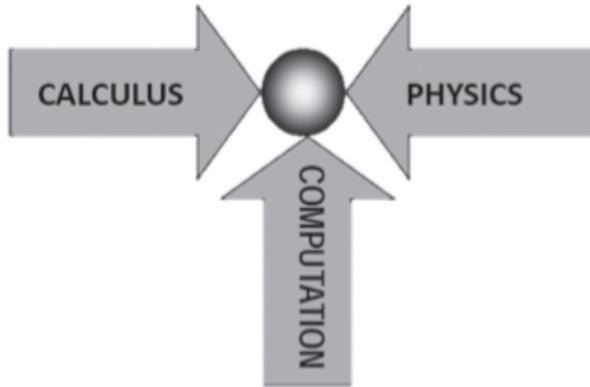


Figura 4. Integración de matemáticas, física y computación

¿Qué hacemos? La clase de física empieza normalmente con temas de física y luego se introducen temas de matemáticas. Hay que hacer un desarrollo curricular muy cuidadoso. Cuando se hace el desarrollo de la parte de matemáticas, básicamente es para justificar el uso de las matemáticas en el siguiente tema de física. El estudiante va entendiendo a medida que va avanzando, encuentra la justificación del porqué está estudiando eso. Además, tienen el curso de introducción a los computadores: hacen los programas, codifican los programas que tienen que ver con la solución matemática de los problemas de física. Es decir, que la clase de ciencias de la computación toma el primer mes para enseñar un poco de la fundamentación de programación y cuando llegan al segundo mes están resolviendo los problemas de física a partir de las ecuaciones matemáticas. Este modelo nos ha funcionado bien. Se requirió de mucha comunicación, de mucho arreglo. Los profesores de física de la escuela no tuvieron problemas para trabajar con los de ingeniería, ni con que los de ingeniería les colaboraran con matemáticas. Esa fue una alianza muy estratégica que se pudo hacer por haber iniciado de cero.

Este es uno de los programas más exitosos. Los estudiantes evalúan este curso con altos resultados y siempre hay comentarios favorables como: “ésta es la manera de enseñar la matemática”; “ésta es la manera de enseñar la física”. Yo sé que este cambio es muy drástico. Cuando yo estaba en la Universidad Industrial de Santander -UIS, el solo hecho de decir que un profesor de ingeniería iba a dictar una clase de matemáticas era un problema: “eso lo dictan los matemáticos”; y si se iba a dictar una clase de física, la respuesta era: “eso lo dictan los físicos”. Hay una cantidad de problemas, de barreras, que hay que romper. Pero quería mostrarles este ejemplo real, con casi siete años de funcionamiento.

El segundo proyecto que quiero mostrar es el del *Service Learning*. La deserción que tenemos en Estados Unidos es del 52%. Los programas de ingeniería son de 4 años. La gran mayoría de ese 52% que no termina la carrera de ingeniería, se retira antes

del tercer año, o sea lo que nosotros llamaríamos en el ciclo básico, y sale a decir que la carrera de ingeniería no les gustó. A la primera pregunta que uno les hace, “¿qué no le gustó de la ingeniería?”, responden: “esa cantidad de ecuaciones”, o “la física”. Pero nunca vieron una materia de ingeniería, no conocieron la ingeniería y se fueron de ingeniería. Se perdieron futuros ingenieros porque nunca vieron qué era la ingeniería. Con ese concepto en mente, en los años 80, en la Universidad de Purdue, un profesor escribió una investigación para la NSF para conseguir fondos para evaluar por qué había tanta deserción en ingeniería. Encontró que el estudiante se retiraba sin conocer para dónde iba y qué era la ingeniería. De ahí nace este programa. Tenemos estudiantes que necesitan desde muy temprano experiencias en ingeniería, del mundo real. Ese es el problema que tenemos.

### ***Proyectos de ingeniería al servicio de la comunidad***

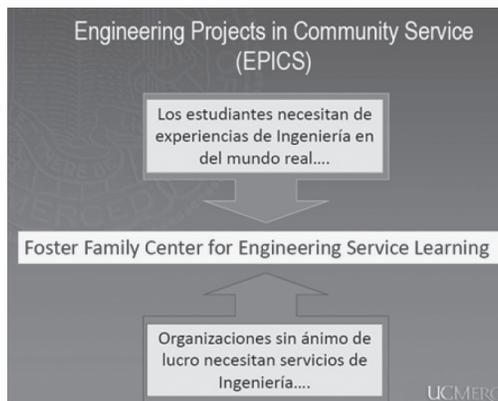


Figura 5. Engineering Projects in Community Service (EPICS)

Hay organizaciones sin ánimo de lucro que requieren servicios de ingeniería para desarrollar proyectos comunitarios. El aspecto de ser sin ánimo de lucro es importante para nosotros para evitar hacer competencia con nuestros profesionales. Nosotros no queremos quitarles el trabajo a nuestros egresados, que requieren de servicios de ingeniería. Lo que hicimos para financiarnos un poco, fue convencer a uno de los grandes empresarios de la zona, una empresa productora de pollos, huevos y productos lácteos, que nos patrocinara el proyecto. Fue la familia Foster. Con este esquema, establecimos el programa EPICS en UC Merced y hemos desarrollado alrededor de 80 proyectos en los siete años.

Esta es una pequeña muestra del tipo de proyectos que hemos realizado:

<p>Current Service Learning Teams...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A Woman's Place, Merced</li> <li>• Bloodsource, Merced</li> <li>• California State Mining and Mineral Museum, Mariposa</li> <li>• Castle Science and Technology Center, Atwater</li> <li>• Family Resource Council, Merced</li> <li>• Merced Animal Shelter</li> <li>• Merced County Office of Education, Merced</li> <li>• Radio UC Merced</li> <li>• Resource Management &amp; Science Division, YNP</li> <li>• Wetlands Project</li> </ul>	
---	--

Figura 6. Proyectos programa EPICS

¿Cómo hacemos para conseguir esos proyectos? ¿Cómo no competimos con los ingenieros egresados? He aquí hay un ejemplo. Cerca del Parque Nacional Yosemite, en California, hay una ciudad que se llama Mariposa y que tiene un museo, principalmente de muestras geológicas situadas en pequeños cubículos iluminados con luz incandescente. Las muestras se estaban deteriorando por efecto de la luz. Debido a la iluminación, el museo estaba perdiendo muestras; pero tenían la necesidad de iluminarlas. Tenemos un profesor que está investigando en tubos de transmisión de luz solar, tuberías para transmitir luz solar. El profesor tomó el proyecto, con unos diez estudiantes, e implementaron el sistema de iluminación natural mediante tubos de conducción de luz solar, para todas las muestras del museo. Este es el típico caso de trabajo con una organización sin ánimo de lucro. No estamos compitiendo con nuestros ingenieros, le prestamos el servicio a la comunidad y los estudiantes adquieren experiencia de primera mano.

### ***Cómo se forman los grupos***

Cuando empezamos era muy complejo porque teníamos algunos estudiantes primíparos y otros estudiantes de transferencia que habían llegado a cursar el tercer año de carrera. Actualmente los grupos típicos son 25% de estudiantes de primer año, 25% del segundo año, 25% del tercer año y el 25% del cuarto año. ¿Qué hacen? Los líderes son los que van en el último año, son los que ayudan con el diseño. Un profesor les dirige y los estudiantes primíparos entran a compartir esa experiencia y a aprender, para que cuando lleguen al último nivel hagan la labor de líderes.

Otro proyecto tiene que ver con las escuelas elemental y secundaria. Ayer hablábamos de que las universidades les echamos la culpa a los colegios porque los estudiantes no llegan preparados, y los colegios responsabilizan a los de primaria que no les entregan los estudiantes bien preparados. Eso pasa en todas partes. Además, en nuestro caso, estamos en una zona de mucha necesidad, donde la educación no es considerada como primordial. El distrito escolar solicitó que les ayudáramos a desarrollar un currículo para los estudiantes de la escuela elemental y de la escuela secundaria. Se creó un grupo que ha trabajado sin parar durante siete años. Ha desarrollado todas las herramientas curriculares para la enseñanza de las matemáticas y de las ciencias a nivel de primaria y secundaria. Es otro trabajo social. Las herramientas incluyen programas de computador, simulaciones, trabajo de ingeniero, trabajo para transmitir la ciencia. Pero no les estamos quitando mucho trabajo a nuestros egresados, porque se trata de educación.

El tercer proyecto de la universidad nació porque primer rector quiso que la universidad tuviera emisora. Dimos este proyecto a los estudiantes, que se encargaron de las licencias, construyeron la primera antena y empezaron a transmitir. Actualmente tenemos una estructura mucho más grande. Ese proyecto lo hicieron los estudiantes de *service learning*.

Por último, en uno de los humedales más grandes, cerca a la universidad, ya que hay varios, estaban implementando un sistema de monitoreo y bases de datos para tener toda la información de todos los parámetros ambientales. Los estudiantes diseñaron la base de datos. Instalaron una cámara, con la que pueden ver en la web cómo está el humedal en tiempo directo. Todo lo hicieron los estudiantes. Son proyectos de ingeniería.

Estos son algunos ejemplos de lo que se puede hacer con el programa de *service learning*. Creemos que debido a este programa mantenemos la retención de estudiantes en ingeniería en más del 80%.

### **“Clínica” de innovación y diseño**

Es parecido al proyecto de grado que existe en algunas universidades en Colombia; pero es un proyecto de un semestre. La idea es tener la formación y la experiencia práctica de un proyecto de ingeniería: mentalidad, innovación y transferencia tecnológica. Es muy importante. Se trata de una experiencia guiada. El trabajo del profesor por dictar esta asignatura se considera como carga académica, no es como en los proyectos de grado, cuya dedicación se suma la carga académica. Éste se considera como carga académica y requiere un poco más de recursos.

Es interesante el manejo del proyecto desde su inicio, desde su creación, su concepción, su validación, hasta su implementación. Se habla de la propiedad intelectual ¿Por qué? ¿Sabían cómo nació Google? Fue un proyecto de clase en la Universidad de Stanford. Los estudiantes ya llegan con la mentalidad sobre sus desarrollos. Por eso se maneja el concepto de propiedad intelectual. De hecho, se firma el contrato de propiedad intelectual antes de empezar la clase y se hace el arreglo con el estudiante. En caso de que el resultado llegue a ser un producto comercial, se hacen notas de diseño, se les enseña a los estudiantes a hacer los reportes de avance y el informe final. En este semestre hicimos un proyecto para *Lawrence Livermore*<sup>1</sup>. Ellos tienen un simulador de láser y no tenía visor, para que la gente que fuera a visitar el laboratorio lo pudiera ver. Nuestros estudiantes diseñaron el visor, tanto la parte física como la mecánica. De hecho, *Livermore* lo va a implementar. Los estudiantes quedaron con la propiedad intelectual de ese diseño para laser utilizado en *Livermore*. Es algo que pueden utilizar en su presentación, como hoja de vida. Además, van a recibir ganancias por ese producto que se va a implementar.

### ***Ingenieros para un mundo sostenible***

Este programa tiene su sede en UC Merced. Tenemos 26 capítulos en Estados Unidos con unos mil estudiantes miembros. También tiene capítulos internacionales, sobre todo en Asia: en Singapur, en Japón, en China. No tenemos ninguno en Suramérica y queremos empezar a trabajar con la gente de Suramérica. Tenemos ya una conferencia institucionalizada y proyectos nacionales e internacionales. Algunos de los patrocinadores de este proyecto son los siguientes: Autodesk (que produce AutoCAD), Boeing, SunEdison y otras firmas que nos aportan capital tanto humano como económico para financiar estos proyectos. Es una idea muy grande.

Como segunda parte de la charla quiero aportar un documento que encontré hace un mes en las publicaciones del Delloitte.

- Retos de la Educación superior
  - Reducción de presupuesto
  - Disminución de personal
  - Dificultad para atraer la atención de los estudiantes
  - Aumento competencia

Figura 7. Making the grade, 2011 - Delloitte<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de desarrollo e investigación financiado con fondos federales de los Estados Unidos, fundado por la Universidad de California

<sup>2</sup> Disponible en [http://www.delloitte.com/assets/Dcom-Canada/Local%20Assets/Documents/ca\\_en\\_ps\\_making-the-grade-2011\\_041811.pdf](http://www.delloitte.com/assets/Dcom-Canada/Local%20Assets/Documents/ca_en_ps_making-the-grade-2011_041811.pdf)

Es un referente, una visión externa, de la empresa privada, de la ingeniería. Nosotros conocemos la visión interna, la visión de los que estamos adentro. Con esa visión creemos tener el control. Pienso que nosotros no tenemos el control del todo. También debemos mirar a nuestros clientes. Los clientes de nuestros estudiantes son quienes los contratan. Este documento público, escrito por Delloitte, disponible en la Web, se llama *Making the grade 2011*. Habla de los retos de la educación superior, incluida la ingeniería, en los próximos años, como se ve en la figura 7. Estos retos aparecen porque hay una reducción de presupuesto: tenemos problemas económicos. La situación ha ido empeorando. Hay una disminución de personal. Estamos acostumbrados a reclamar más gente porque no nos alcanza el personal. Esto también tiene que ver con la retención. Muchos estudiantes se retiran de la universidad sin graduarse. Ni siquiera cambian de programa: simplemente no se gradúan. Por último, está el tema del aumento de la competencia: hay mucha más competencia a nivel educativo. Los estudiantes siempre están explorando mejores opciones de salir del país y estudiar en otras universidades. ¿Cómo hacemos para manejar la competencia? Estas son las dificultades.

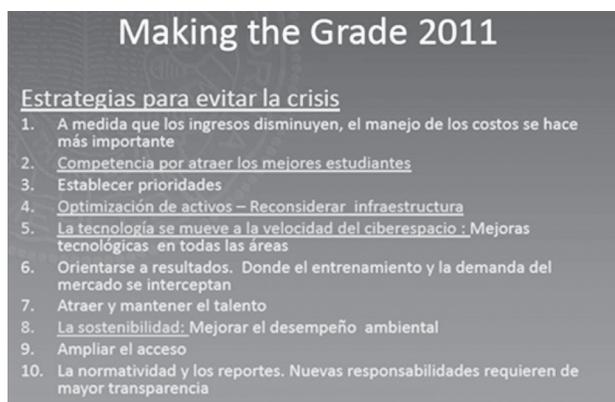


Figura 8. Estrategias para enfrentar la crisis. Delloitte, 2011

En la figura 8 se presentan las estrategias para enfrentar la crisis. Voy a hacer énfasis en algunas de ellas subrayando cómo hemos atacado el problema en la Universidad de California Merced. Una a la que no me voy a referir en mi presentación es ampliar el acceso. De acuerdo con los datos aportados por el señor viceministro, 3,2 millones de estudiantes en Colombia, en la última década, se quedaron por fuera del sistema de educación superior: éste es un número inmenso. Él hablaba del 37% de cubrimiento y de que para el año 2014 tenían la expectativa de subirlo al 50%. Este dato sigue siendo bajo. Lo que dice el informe es eso: hay que mejorar el acceso a la educación.

Voy a tratar de dos estrategias: una que tiene que ver con la sostenibilidad y la otra que tiene que ver con la tecnología, que a su vez nos ayuda a un manejo más eficiente de los recursos, porque los podemos distribuir en otras áreas de la educación diferentes a las que inicialmente estábamos investigando.

Las prácticas sostenibles, que es una de las propuestas que hace este documento, deben ir más allá de los edificios inteligentes o los nuevos proyectos de tecnologías de información. Debe haber prácticas sostenibles en la universidad en otro tipo de proyectos: manejo de residuos, ahorro de energía... Queremos enseñar a nuestros estudiantes a ser sostenibles en su vida profesional, pensar siempre en lo sostenible. Si no hacemos sostenibilidad dentro de nuestra institución, no les estamos mandando el mensaje positivo y correcto.

En la figura 9 se muestra el proyecto del que les hablaba anteriormente. Son cuatro hectáreas que un grupo de profesores de ingeniería mecánica, de físicos y de ingeniería de materiales, ha estado diseñando para hacer concentradores de energía solar que maximicen el uso de la luz solar en el Valle Central.



Figura 9. Retos de sostenibilidad. Campus UC Merced

Veamos algunos datos. Este proyecto genera un megavatio de energía solar en cuatro hectáreas. Esto supone el 20% de la energía del campus y en épocas pico, como el verano, puede llegar a generar el 60% de la demanda del campo. En esta época es cuando la energía cuesta más, y el ahorro de energía llega a ser del 60%. La producción de energía que estamos haciendo es al 40% del costo. Los profesores tienen un laboratorio viviente, real, para hacer su investigación. Estamos generando infraestructura de investigación, estamos reduciendo costos de energía, que en dólares es bastante alto, para el campus, y estamos teniendo a los estudiantes expuestos a un proyecto, a dos cuadras del campus. Éste es un

modelo de uso sostenible y de implementación de manejo sostenible del campus, que no tiene que ver exclusivamente con la tecnología de la información, o con los edificios inteligentes.

Al diseñar nuestros edificios, tomamos la decisión de que fueran certificados LEED. Dos de nuestros edificios son LEED gold y uno es LEED platino. Eso quiere decir que superan los estándares de eficiencia del IES.

En cuanto a la tecnología, éste es un proyecto que siempre lo presento porque fue una idea que tuve en la UIS, en la época en que me contrataron en la Universidad de California. Cuando llegué, se lo presenté a la rectora de la universidad de California y ella estuvo muy abierta a este cambio, de modo que se implementó este sistema tecnológico en la Universidad. El sistema es la base para toda la *Information Technology* y soporte computacional del campus.

Es un proyecto que tiene que ver con algo que hoy ya es muy conocido. Tiene que ver con el concepto de nube, en el que el poder del computador no está ubicado en un sitio fijo dentro del campus. Está ubicado en alguna parte del mundo que a mí no me interesa: lo utilizo como un servicio. Este es, sencillamente, el concepto general. Las ciencias de la tecnología cambian muy rápidamente ¿Cuántos han comprado un servidor y a los 3 o 4 años tienen que comprar otro? Entonces si tienen 20 servidores, toca cambiar los 20. El concepto de nube nace precisamente porque el costo de manejo de los servidores, de la infraestructura, de la energía... resulta muy alto. Hay que conseguir un uso más eficiente de esa herramienta, necesaria como soporte de la educación, de la investigación y de la administración en el campus.

Voy a presentarles una de las componentes de este tema, que es el concepto de colaboración a través del aula de clase. La enseñanza colaborativa es otra de las herramientas. Al comienzo indicaba que el concepto de educación en UC Merced no es el tradicional, de un currículo único, sino también tener redes de comunicación para hablar con los estudiantes de otras partes y con profesores de otras partes. Entonces, diseñamos este modelo que es un laboratorio de computadores, tal como se ve en la figura 10.



Figura 10. Aula de clase – Laboratorio UC Merced

Es un laboratorio de apariencia normal, pero que tiene unas características especiales: tiene arquitectura de código abierto. Éste fue el gran cambio. Supone una lucha muy grande con los ingenieros de los centros de cómputo que están mucho más interesados en el uso de herramientas que se compran: usted paga y le funciona. No tiene que preocuparse. Si no funciona, llama, viene alguien y se lo arregla. Pero hay que pagar. Nosotros le apostamos al código abierto. El código abierto tiene dos ventajas. La primera es que nuestros estudiantes nos ayudan a desarrollar estas herramientas, aprenden haciendo ese código, porque se puede modificar. Al poderse modificar pueden aprender. En el software de código cerrado, los estudiantes nunca saben cómo funciona, porque está cerrado. De este modo, esta es una herramienta de enseñanza. La segunda ventaja es que, cuando le apostamos al código abierto, todo el software que desarrollamos también es de código abierto, y nosotros diseñamos los laboratorios con los estudiantes, construimos los computadores. El costo de los computadores que estamos haciendo, es un tercio del precio de un computador normal. La renovación de mi laboratorio, el año pasado, fue en promedio de 200 dólares por estación, para cambiar el hardware. ¿Por qué? Porque como estamos utilizando el concepto de nube, ningún computador tiene disco duro, todo viene a través de la nube. El almacenamiento, el procesamiento de software: todo viene de la nube. Por eso el costo es un tercio. Ahora bien, como nosotros logramos reducir partes del hardware, el consumo de energía es del orden del 25%. Por lo tanto, estamos ahorrando en energía, en aire acondicionado. Por otra parte, el mantenimiento es mínimo. Nosotros manejamos nuestra propia nube: no usamos una nube comercial, tenemos la nuestra, con lo cual podemos hacer un mantenimiento mínimo. ¿Por qué? Porque utilizamos la virtualización: usamos servidores virtuales. Para mantener alrededor de los 100 servidores que tenemos en este momento funcionando, tenemos dos personas, con lo que el costo de mantenimiento se reduce a un valor mínimo. Esa fue otra apuesta difícil de hacer.

Otra característica desde el punto del ambiente colaborativo en el aula de clase es que tenemos acceso remoto a todos los elementos del hardware, desde el mouse, hasta el teclado, el proyector, la pantalla. Cualquier persona que esté enseñando, puede controlar cualquiera de las máquinas que están en el laboratorio. Las máquinas están numeradas. Si hay un estudiante en la estación 23, que quiere mostrar un problema de código que no le funciona, el instructor que está en otro campus puede poner la pantalla 23 en el proyector desde donde él está, y mostrar el problema a todos los estudiantes, haciendo un trabajo colaborativo. Esto lo podemos hacer porque tenemos control del sistema.

Los estudiantes actuales están acostumbrados a la comunicación moderna: *chatean*, se comunican por el teléfono inmediatamente. En el campus implementamos un sistema de *Voice over IP* para todos los computadores. Es decir, todos los estudiantes

pueden poner sus micrófonos, sus audífonos y hablar con cualquier persona de cualquier otro campus. Éste es un estándar en el laboratorio. También tenemos el *KVM over IP*, que es básicamente el control de teclado y mouse. A través de sistema remoto, yo puedo manejar el teclado de la persona que está en otro campus; la persona de allá me puede arreglar el código, hacer los cambios y hacer el control. También es un estándar del laboratorio.

Tenemos servidores de archivo y software integrados. Es decir, todo está integrado en un solo sistema. Los computadores, al no tener disco duro, cargan su sistema operativo a través de la red. No hay problemas de virus, ni problemas de desconfiguración, porque cada vez que se prende, el equipo trae el sistema operativo del servidor instalado, con el software que necesita, lo que nos permite tener varios sistemas operativos en un solo computador. Por ejemplo, si voy a dictar una clase de Autocad, cuando el estudiante prende el computador le sale el menú MEI 37. Entonces hace clic y le sale instalado el software que necesita para esa clase. Pero si entra a otra clase, lo que le aparece es el software de esa otra clase. Lo tenemos todo en uno solo; está distribuido por imágenes. Tiene mucha flexibilidad. Utilizamos Linux, Ubuntu. También es multilingüe: lo hemos usado para la enseñanza de idiomas. Los profesores que enseñan francés e inglés tienen el laboratorio y cuando el estudiante hace *login* escoge el idioma y le aparece en el idioma francés, o inglés, o español. Es muy versátil.

Otra gran ventaja de estos laboratorios es que, si se daña un equipo, lo único que hay que hacer es traer otro nuevo e instalarlo en la red, porque no hay que instalarle software: todo el software viene de la nube. Por eso, el reemplazo de un computador que se dañe en un momento de clase, tarda cinco minutos. Se pone la nueva unidad, se conectan el mouse y el teclado, a la red, y funciona inmediatamente. Con esto hemos logrado reducir los costos y hemos podido redirigir la inversión a otros elementos del sistema educativo. Todos tienen libertad de usarlo. Es un sistema de código abierto que está disponible para cualquier entidad. De hecho ya lo están utilizando otros dos campus de la Universidad de California.

Esto es, en general, lo que quería presentarles como experiencia de la creación del campus de la Universidad de California Merced. He tratado de condensar dos aspectos que me parecen muy importantes: primero la experiencia de cómo se gestó la universidad, y segundo qué hemos hecho en la universidad para cumplir los objetivos que nos fijamos cuando la iniciamos en el año 2004.

## Diálogo de Pares



Después de las conferencias de los ingenieros José Carlos Quadrado y Germán Gavilán, tuvo lugar el Diálogo de los conferenciantes con los pares colombianos, ingenieros Luis Eduardo Becerra, director financiero de la Universidad Industrial de Santander, y Roberto Enrique Montoya Villa, Vicerrector Administrativo de la Pontificia Universidad Javeriana. La moderación estuvo a cargo del ingeniero Javier Páez Saavedra, Decano de la División de Ingenierías de la Universidad del Norte.

### Javier Páez Saavedra



El ingeniero José Carlos Quadrado mostró en su exposición elementos relacionados con el cambio, sus implicaciones y cómo llevarlo a cabo en el ámbito académico. El caso de la Universidad de California también nos da ideas para aplicar en las facultades de ingeniería. Como nos vamos a centrar en el tema de gestión, hay una primera inquietud que quiero plantear.

En las facultades de ingeniería hay un líder llamado decano.

¿Piensan que las personas asumen este cargo están preparadas para llevar a cabo la gestión completa de la facultad? Esta primera pregunta va acompañada de otras tres: ¿Cómo llegamos a ser decanos?; ¿nos eligen por ser buenos profesores?; ¿nos designa el rector en virtud de otros aspectos? Lo que generalmente sucede es que aparece un buen profesor y se le promueve como decano. ¿Creen que quienes llegan a la decanatura tienen la formación adecuada para tal efecto?; ¿conocen las herramientas necesarias para atender los retos y desafíos que implican la gestión de las facultades de ingeniería?

### Luis Eduardo Becerra



En términos generales, creo que la universidad tiene herramientas y capacidades para hacer gestión, aunque desde la realidad, la elección de la mayoría de los decanos obedece básicamente a su desempeño académico. Desafortunadamente, a esa función académica se le terminan colgando una gran cantidad de tareas

administrativas. En general uno no está preparado para afrontar eso y lo que sucede es que se llega a situaciones críticas en el desarrollo de los procesos. Sin embargo, si se miran la capacidad de los decanos y las capacidades institucionales se llega a la conclusión de que probablemente podrían apoyarse entre sí. Hay que entender que la institución, en el momento de nombrar un decano, debe darle las herramientas para que su función, que antes era netamente académica, se pueda combinar con lo administrativo. Hoy es muy difícil separar estas funciones porque la dinámica de las instituciones es muy grande y no es posible enfocarse sólo en lo académico y dejar de lado lo administrativo. En términos absolutos, la formación del decano no es administrativa; es académica. En términos reales, la actividad que tiene que desempeñar es tanto académica como administrativa, y en ese sentido debe recibir apoyo institucional.

“La institución, en el momento de nombrar un decano, debe darle herramientas para que su función, que antes era netamente académica, se pueda combinar con lo administrativo”.

Les comparto lo que se hace en la Universidad Industrial de Santander, UIS. Para todos los directivos se hace anualmente un Diplomado de ciento veinte horas en el que se dan conceptos básicos de administración, y se enseña sobre los procesos, las normas y las metodologías. También se les indica a quién acudir en caso de presentarse una situación crítica en la parte administrativa. Eso permite un poco más de agilidad. Sin embargo, es claro que la experiencia no se puede reemplazar con un curso de ciento veinte horas.

### José Carlos Quadrado



Yo soy más crítico en el tema. ¿Cómo llega una persona a decano? Empieza siendo un buen estudiante; luego lo designan como asistente; después es profesor y, por ser bueno en lo que hace, lo proponen como decano. Realmente ese es un recorrido en la carrera que va a poner a las personas en un nivel de incompetencia, porque asciende de posición en posición hasta que llega a ser incompetente. En ese orden de ideas, tenemos dos tipos de decanos: los que están de paso porque son tan competentes que van a seguir adelante para llegar a ser rectores; y los incompetentes, que nunca van a ascender y se quedan en la misma posición. Esta visión, muy crítica, tiene que ver mucho con la carrera que se hace: cuando las personas son buenas las cambian y pasan a asumir un reto distinto. Eso es parte de lo que sucede en la universidad. Esto es muy negativo.

¿Cómo cambiar esta situación? Cuando uno siente que está siendo incompetente, lo que debe hacer es buscar conocimiento. También compartir con otros pares que pueden ser más o menos competentes, en una especie de grupo de decanos, para entender las propias limitaciones y adquirir así ciertos niveles de competencia.

### **Germán Gavilán**



Mi perspectiva viene del concepto que se usa en la Universidad de California. El decano allá es parte del *staff*; no es profesor. Esta situación muestra una gran diferencia con el concepto de decano que se tiene en Colombia. Los decanos llegan a esa posición por un concurso de méritos que se abre fuera de la universidad. Eventualmente ocurre el proceso inverso. Si es un investigador de tradición en la empresa privada que tiene experiencia administrativa

llega a ser decano, puede quizás llegar a ser docente, después de pasar ciertos filtros. Esa perspectiva ha generado que los decanos tengan la formación administrativa, de visión estratégica, que ayuda a que la universidad llegue al lugar que quiere, de acuerdo con su plan. La segunda parte es la formación que se da internamente. Cuando una persona llega a los grupos de liderazgo de la Universidad de California acude a unos espacios anuales, denominados “inmersión en el sistema”, en los que se explica para dónde va la universidad y cuáles son sus políticas. La gran diferencia está en que los decanos son administradores contratados por concurso externo.

### **Roberto Enrique Montoya**



No creo que haya un solo modelo para escoger a los decanos. En Colombia, en la mayoría de los casos, lo que hemos buscado es seguir el modelo de la universidad americana tradicional, en la que el decano procede del cuerpo de profesores y llega a esa posición por la autoridad y el liderazgo que tiene ante ese cuerpo de profesores. Esto es fundamental en una facultad: se le reconoce a esa persona que es par en un equipo de profesores.

Cuando llega a la universidad alguien externo, el gran reto que tiene esta persona es ganarse la autoridad y el reconocimiento de los profesores, que es el componente más complejo. En ese sentido creo que ambos modelos son válidos. En Colombia uno ve que muchos de los decanos llegan del cuerpo profesoral y acceden al cargo directivo careciendo de muchas de las habilidades de gestión directiva que se requieren. Eso sucede porque tenemos unas facultades que todavía están en un proceso de desarrollo, distinto de lo que ocurre en una facultad americana desarrollada, en el que el papel del decano es más académico que de gestión. Eso marca una diferencia sustancial entre uno y otro modelos.

En nuestra concepción, nuestros profesores ven lo administrativo -y en ese sentido qué bueno que hablemos de gestión y no de administración-, como algo de segundo nivel y que es un obstáculo para la gestión. Si de entrada se piensa que lo administrativo no es lo importante, comienza la tensión. Muchos decanos simplemente dicen: “Yo atiende lo académico; pero en lo administrativo pónganme a alguien que me apoye porque yo no me quiero meter en eso”. Hoy en día sin lo administrativo nada de lo académico se puede hacer. Se desconoce algo que es inherente a una organización: que lo académico, lo administrativo, la gestión, la infraestructura y lo financiero, son todos aspectos fundamentales para el desarrollo. Por supuesto que es necesario que haya un proceso de formación.

### **José Carlos Quadrado**

¿El decano debe ser un profesor? Si hacemos esa pregunta en una sala como ésta, llena de profesores, todos van a decir que sí. Si preguntáramos en una sala donde las personas no son profesores, dirían que no. Esa es la cuestión de fondo.

### **Javier Páez Saavedra**

Cuando Roberto destacó las habilidades financieras que debe tener el decano surgió una inquietud que suele ser reiterativa. ¿Por qué decimos que hay diferencias entre gerenciar a un grupo de profesores y a un equipo cualquiera? ¿Cada caso tiene unas complejidades distintas?

### **Roberto Enrique Montoya**

Se trata de reconocer que uno, como decano, está al frente de un grupo con gran talento humano y con unos niveles de conocimiento muy altos. Lo que podría ser típico en una organización cualquiera respecto al ejercicio de la autoridad no funciona en la universidad. Se trata más de convencer que de imponer. Este es un reto mucho más grande. No se ejerce la autoridad simplemente por ser decano. Hay que lograr convencer al equipo de profesores acerca del camino elegido para la facultad. Aquí entra un componente muy delicado de la gestión de los decanos y es que, al final, uno lo que ve es que los profesores tienen una filiación, una lealtad mayor a su grupo, que a la misma institución. Uno ve a directores de departamento con dificultades para tomar decisiones porque afectan a sus compañeros de trabajo.

La realidad de contar con un cuerpo profesoral de gran talento y la característica de filiación de las comunidades académicas, hacen que la gestión de un decano o de un director de departamento sea mucho más complicada. Hay límites; pero al final hay que ejercer la autoridad y tomar decisiones.

“La realidad de contar con un cuerpo profesoral de gran talento y la característica de filiación de las comunidades académicas, hacen que la gestión de un decano o de un director de departamento sea mucho más complicada”.

### **Luis Eduardo Becerra**

En una empresa de manufactura todo el mundo está enfocado hacia la producción. Hay distintos niveles en la organización, pero todos están bajo esa misma filosofía. En una universidad, en cambio, existe diversidad de disciplinas e incluso en cada una de ellas hay gran cantidad de conocimientos, lo que hace mucho más complejo lograr entender el propósito de cada uno. Cada profesor tiene en su mente un propósito. Tratar de satisfacer las necesidades de todos y cada uno no es fácil, porque no se está produciendo carros sino manejando conocimiento. Son dinámicas distintas. Además, hay poblaciones impredecibles. Hay estudiantes de todos los niveles, profesores formados en muchas disciplinas, administrativos y una cantidad de relaciones que están continuamente impregnando la universidad. Si se intenta controlar todo eso, se puede terminar en un hospital psiquiátrico.

### **Germán Gavilán**

En California tenemos un modelo atípico de universidad. Se mencionó ahora el modelo americano que se ha implementado en Colombia. Esa concepción de que la decanatura es asumida por un profesor no aplica en nuestro caso. El decano debe estar al servicio de los profesores para que los profesores sean exitosos. Si los docentes consiguen investigaciones, ganan premios y logran promoción es porque hay un decano exitoso. Los profesores piensan en cómo hacer su investigación de la mejor manera y en los recursos necesarios para trabajar en ello. Tenemos profesores que investigan y que exigen al decano el apoyo en esta área específica. Y por otro lado, tenemos profesores dedicados exclusivamente a enseñar, que no se involucran con la investigación. Estos exigen la infraestructura para la labor que desempeñan, es decir, salones de clase, biblioteca, equipos. Se trata de dos visiones completamente diferentes que, en mi concepto, hacen la labor del decano un poco más difícil. Un buen decano se mide por los resultados de los profesores.

“El decano debe estar al servicio de los profesores para que los profesores sean exitosos.(...) Un buen decano se mide por los resultados de los profesores”.

## **Javier Páez Saavedra**

La interacción entre el decano y su equipo es clave. Es vital para lograr que todos vayan en la misma dirección y se enfoquen en el crecimiento y desarrollo requeridos. José Carlos Quadrado hablaba del liderazgo y justamente el cuerpo de profesores debe ver al decano como su líder para evitar confusiones y situaciones problemáticas. ¿Qué opinan ustedes?

“El cuerpo de profesores debe ver al decano como su líder”.

## **José Carlos Quadrado**

Hay una búsqueda permanente por evitar el conflicto. Lo que se ve hoy en día es que aquellos que están dispuestos al conflicto, aunque controlado, son los que logran tener liderazgo. Un líder tiene que ser alguien que está dispuesto a romper los cánones establecidos; si no, difícilmente va a funcionar. Un líder tiene que ser capaz de provocar una ruptura en el sistema. Es verdad, como dijo Roberto Montoya, que las personas buscan las soluciones más pacíficas; pero nosotros no estamos gerenciando monjes, sino estructuras que tienen que ser muy activas y tener la capacidad de interrelacionarse en una sociedad que es muy agresiva en sí misma. Hay que tener propuestas que van a sacarnos del propio balance. Eso lo han evidenciado varias escuelas, incluso en Estados Unidos, en una fuerte competencia entre pares, que tienen niveles enormes de reconocimiento mundial.

Un líder es quien está dispuesto a hacer lo que es necesario hacer, aunque no sea tan aceptado o aun sabiendo que va a generar conflicto. No se debe pensar ni en el pasado ni en el futuro. Las personas creen que van a ser más valoradas si, al terminar su mandato, no han generado conflictos. Eso no es cierto. El líder no va a ser amado; quizás va a tener más enemigos. Pero de eso se trata: de ser un verdadero líder.

“Lo que se ve hoy en día es que aquellos que están dispuestos al conflicto, aunque controlado, son los que logran tener liderazgo. (...) Un líder tiene que ser capaz de provocar una ruptura en el sistema”.

## **Roberto Enrique Montoya**

Comparto esa idea. Pero una cosa es la teoría y otra lo que se vive en la práctica. Ninguno de los dos modelos es inválido. Tan válido es tener una persona que

llega de fuera, como promover como decano a un profesor. En ambos casos hay ventajas y desventajas.

Cuando llega alguien de fuera, se plantea el tema del conocimiento y sobre todo de la autoridad ante sus pares, que es muy difícil de ganar. Los profesores reconocen finalmente la autoridad del conocimiento. Para la persona que llega de fuera, salvo que tenga un reconocimiento ya ganado, el ejercicio de la autoridad es un reto muy grande. Ahora bien, el que llega de fuera tiene la ventaja de no tener que responder a filiaciones o lealtades, lo que le permite tomar las decisiones con mayor independencia y tranquilidad.

En la práctica, se encuentran éxitos y fracasos en ambos modelos. Hay gente que ha llegado de fuera a asumir la decanatura de una facultad, con un resultado terrible, porque se evidencia que no tiene autoridad, lo que le lleva a fracasar. De la misma manera, hay profesores que asumen el cargo de decanos, que son académicos reconocidos, pero que en lo gerencial y en la toma de decisiones tienen dificultades. Al final hay que reconocer que la gestión de una facultad es algo muy complejo por la particularidad que supone el manejo de un cuerpo profesoral.

### **Javier Páez Saavedra**

Hay otros temas y desafíos que involucran a los decanos de las facultades de ingeniería que es otra responsabilidad que les cuelgan a los decanos. Pensemos en el tema de los estudiantes. Siempre nos movemos, más o menos, en los siguientes términos. Por una parte, tratamos de buscar la viabilidad financiera de las universidades, lo que requiere un número de estudiantes, seamos universidad pública o privada, para tener estabilidad. Pero por otra, si se busca la excelencia, se nos exige ser muy selectivos. ¿Qué opinión tienen al respecto?

### **Luis Eduardo Becerra**

En Colombia hay dos esquemas bien distintos. La universidad pública no se financia con las matrículas de los estudiantes. En el caso de la Universidad Industrial de Santander el presupuesto por esta vía no alcanza al 4%, es decir, no es significativo. Lo que prima en nuestro caso es el conocimiento, la capacidad del estudiante para cumplir con los estándares que se han definido. Ni el tema social, ni el económico se evalúan. El elemento clave para ingresar son los resultados en las pruebas que hace el gobierno nacional. No es la filosofía de la universidad pública seleccionar a los estudiantes teniendo en cuenta cómo financiarse.

## **Germán Gavilán**

En la Universidad de California ocurre algo similar. Es pública, y el criterio de ingreso es muy simple. Se evalúa a los estudiantes y solamente se acepta a quienes tienen un nivel de más del 12% en las pruebas de estado. De ahí salen unos cien mil candidatos, de los cuales recibimos de veinticinco a treinta mil. Es decir, lo que prima es la calidad.

El ingreso que se tiene por matrícula en la Universidad de California es equivalente al 10% ó 12% del total, lo que evidencia que las matrículas no soportan la institución. El problema real es la competitividad. Muchas de las personas de este grupo, del 12% que clasifica, van a querer ir a Cornell o a Harvard; y el problema es cómo atraerlos a nuestra universidad. Muchos de estos estudiantes son de escasos recursos. Entonces, gracias a los filántropos y a algunas entidades, podemos ofrecer becas para que no se vayan a otra universidad. Lo que hacemos es financiarles completamente los estudios. Así los enganchamos. Como campus nuevo, con muy poca reputación a pesar de ser de la Universidad de California, logramos así retener a algunos de estos estudiantes brillantes. El problema es económico, pero no propiamente del presupuesto de la universidad, porque hay que hacer muchas relaciones públicas, lo que es parte de la gestión que tienen que hacer los decanos. A cada facultad le corresponde realizar la gestión para conseguir becas en su área.

## **Roberto Enrique Montoya**

Cuando se habla de matrículas en una universidad privada aparece un desafío claro para los rectores y decanos de facultad con relación a la sostenibilidad. Como las facultades no son entes independientes ni autónomos y hacen parte de algo más amplio, que es la universidad, no siempre los dilemas por las matrículas se resuelven a nivel de facultad, sino que se trata de opciones institucionales. Eso agrega una mayor complejidad a la tarea de un decano, ya que no sólo responde a su facultad sino al gobierno central de la universidad que involucra decisiones de rectores y vicerrectores, lo que también genera tensión. En la práctica el decano no es ciento por ciento autónomo, sino que es corresponsable. ¿Hasta dónde es el gobierno central el que designa el quehacer de la facultad o hasta dónde está realmente en manos del decano? La solución es encontrar un punto medio. Yo creo que no todo puede ser autonomía de los decanos, ni todo debe estar en cabeza del gobierno central. Creo que debe haber un trabajo compartido, pero lo difícil es cómo lograrlo.

El tema de las matrículas es una opción institucional. Hay algunas universidades que optan por una reducción en lo económico y no sacrificar la calidad. Pero también hay una realidad en lo práctico y es que hay una infraestructura y unos profesores

que se deben sostener, y eso exige un nivel de ingreso importante, en particular en las instituciones que dependen de las matrículas.

La gestión de un decano no sólo es compleja en su propia facultad, sino también en su relación con el gobierno central de la universidad porque ahí se juega lo que se puede decidir de manera autónoma y lo que no. Eso supone estar en medio de un cuerpo profesional que cuestiona y al que se debe convencer para que vaya por el camino elegido; y además hay un rector y unos vicerrectores dando instrucciones. Esta situación dificulta tener claridad respecto de la autonomía de la que disfruta el decano.

“La gestión de un decano no sólo es compleja en su propia facultad, sino también en su relación con el gobierno central de la universidad porque ahí se juega lo que se puede decidir de manera autónoma y lo que no”.

### **José Carlos Quadrado**

En Europa la ingeniería es calificada como una carrera difícil, lo que la hace poco atractiva para los posibles estudiantes. Nosotros tenemos una situación que quizás Colombia podría aprovechar ahora que está aún en una fase de expansión, porque llegará el momento en que la oferta será superior a la demanda. Hay que procurar reestructurarse antes. ¿Qué estamos haciendo en Europa? Una fusión de instituciones, porque no hay demanda suficiente. Las facultades se han adaptado a los alumnos que reciben, lo que quiere decir que si no saben leer ni escribir hay que enseñarles a leer y a escribir. Es como una fábrica. Hay que adaptarse a la materia prima que llega y producir con esa materia prima. Hay que ser flexibles. Hablábamos de la calidad de los alumnos y de la responsabilidad de la escuela secundaria; luego de la responsabilidad de la escuela primaria. Al final, de ese modo, la culpa sería de la partera que ayudó a nacer al niño. Por otro lado, hay que lograr que la gestión sea sostenible y hay que entender que lo que está sucediendo es momentáneo. Es necesario adaptarse a la situación. Sugiero que no vean al estudiante como un número; intenten verlo como una persona. Las instituciones que hacen eso son las que logran tener mejores resultados. Si no se puede tener a los mejores estudiantes, no importa; se tiene a los que quieren estar ahí.

### **Javier Páez Saavedra**

En el mundo moderno tiene importancia la relación cliente – proveedor, con el que se trata de interactuar para lograr mejores condiciones en el ingreso a la planta. En el caso de la universidad, nuestra responsabilidad llega también hasta tratar de interactuar más con el proceso de formación básica primaria y secundaria. ¿Debemos

entender que los estudiantes llegan con ciertas condiciones y adaptarnos a ellos? ¿Debemos tener una responsabilidad adicional y actuar con los colegios?

### **José Carlos Quadrado**

¿De qué población de educación secundaria hablamos? Seguimos viendo el tema como si fuera la población del barrio. Estamos asistiendo a una globalización. En Europa los ministros de educación asumieron que, en 2020, el 20% de todos los estudiantes deben hacer una pasantía internacional. Hoy en día, con los créditos europeos, ya hay mucha movilidad. Entonces, los alumnos que llegan a la universidad pueden haber hecho su secundaria en cualquier país. ¿Hay que hacer un programa especial para los alumnos dependiendo del país que vengan? Claro que no.

No creo que sea posible inducir cambios en la secundaria; pero sí podemos adaptarnos y prepararnos para los estudiantes que recibimos. Hago una recomendación con relación a la esquizofrenia que existe: no perder la cultura, el espíritu, la calidad; pero sí adaptarse.

### **Luis Eduardo Becerra**

Hay dos elementos que debemos tener en cuenta. En Colombia, el modelo de la secundaria no tiene una interfase con el modelo de la universidad. Incluso la evaluación es totalmente distinta. Desde el primer momento que vive el estudiante en la universidad ya sufre un choque. No están sincronizados los modelos de primaria, secundaria y universidad. Cuando esta última pretende hacer ese acercamiento con los colegios, debe pensar incluso en aspectos psicológicos, afectivos, familiares y sociales.

Hace seis años la Universidad Industrial de Santander hizo un estudio para conocer el perfil de los estudiantes que ingresan. Visitamos los colegios y todo quedó reducido a sesiones de críticas y ataques a las universidades. No logramos ningún acuerdo. Les abrimos la posibilidad de que la universidad enviara personas a los colegios para que los docentes ayudaran a identificar las dificultades y poder hacer algo para impedir que esos problemas ya estuvieran muy avanzados cuando llegan a la universidad. No fue posible seguir adelante con la iniciativa, porque los colegios ven a la universidad como una élite, como algo totalmente independiente que no ha tenido en cuenta a los colegios y que, por el contrario, es la responsable de todo. Sólo un colegio, y curiosamente de nivel económico muy alto, en Bucaramanga, se interesó por el programa. Hay un divorcio total, desde todo punto de vista, entre los colegios y las universidades.

### **Javier Páez Saavedra**

En Estados Unidos son muy típicos los programas desde el *kindergarden* hasta el último año de colegio. Por supuesto, el objetivo central es despertar en los jóvenes el interés por estudiar ciencias e ingeniería. Pero sería útil, profesor Gavilán, que nos hablara de las bondades de estos programas para tenerlos en cuenta en nuestras facultades.

### **Germán Gavilán**

Los programas de formación se han ido distorsionando. Antes era un solo distrito escolar el que manejaba toda la formación hasta la secundaria. Esta situación se ha ido desintegrando por cuestiones políticas. Lo que muestran las estadísticas es que los distritos en los que se ha mantenido la unidad funcionan mucho mejor, y los estudiantes de estos distritos alcanzan mayores ingresos en la universidades de mayor nivel que los que se han dividido en elemental y secundario. La separación de esos niveles ha causado problemas de calidad. Los que conservan la unidad, en general son muy buenos.

### **Roberto Enrique Montoya**

Son realidades del sistema de educación que afectan como un todo a la universidad y particularmente a los profesores que son los que tienen que reconocer esa situación de la “materia prima” que les llega. La universidad debe tomar opciones para acercarse y buscar alternativas para que los estudiantes permanezcan, terminen el proceso y así se reduzcan los niveles de deserción. ¿Para qué nos sirve tener un gran ingreso en el primer semestre si hay una caída impresionante en los siguientes semestres? En ciertos programas, cuando la demanda es muy alta, se escucha a los decanos pensar en admitir más estudiantes. Pero hay que ser conscientes del riesgo que se corre a largo plazo: en términos de estabilidad financiera, no es beneficioso.

### **Javier Páez Saavedra**

Creo que el tema de la deserción es muy importante. ¿Qué estrategias o experiencias se han adelantado en las instituciones para mitigar la deserción académica? No debemos olvidar que también hay muchos estudiantes que dejan de estudiar por razones económicas.

### **Luis Eduardo Becerra**

En la UIS se han planteado diversas alternativas: unas exitosas; otras no tanto. Cuando el estudiante ingresa se hace un análisis completo y muchos test para

tratar de identificar los perfiles y conocer así sus problemas de salud, psicológicos o familiares. Con base en esa información se le sugieren programas específicos entre los que tiene el departamento de bienestar. Con ello se espera disminuir el riesgo de deserción. No se ha podido todavía evaluar el resultado de ese trabajo porque es reciente, pero creemos que podrá dar resultados favorables. Entre las oportunidades ofrecidas a los estudiantes, en algún momento se les permitió ver de nuevo las materias que perdían. Pero desafortunadamente el modelo se pervirtió: se volvió facilista y el estudiante no hacía ningún esfuerzo. Esa estrategia se tuvo que suspender. Asimismo, se permitió que se hicieran cancelaciones incluso en el último día de clase; pero esta idea tampoco funcionó. Empezamos a ver que el número de cursos nuevos frente al número de repitentes con el anterior modelo era superior porque el motivo de la cancelación ya no era solo la pérdida de la asignatura sino también que se afectaba el promedio. Se han hecho muchos ejercicios: siempre se observan beneficios al comienzo de la aplicación y luego el modelo se pervierte.

### **Germán Gavilán**

En la Universidad de California intentamos identificar el perfil de los estudiantes y adaptarnos a lo que llega. Mediante ayudas informáticas, tenemos el perfil del estudiante “en línea”, el cual se puede consultar. En cada escuela tenemos uno o dos consejeros académicos, dependiendo del número de estudiantes, que tienen acceso a esta información. Hacemos exámenes de ingreso en diferentes áreas y así conocemos habilidades de todo tipo. A esta estrategia se le adicionó la publicación de notas. Los consejeros académicos y algunos estudiantes de últimos semestres evalúan los resultados y hacen tutorías a los estudiantes que van mal, con lo cual se ha hecho una intervención oportuna y se han logrado mejorías. A pesar de encontrar dificultades, como lograr que el profesor publique las notas, lo más valioso es que ya es una política de la universidad.

### **José Carlos Quadrado**

No hablemos de deserción sino de retención. Son complementarias, pero distintas. La retención es crear condiciones para garantizar la permanencia de los estudiantes. En Europa existen muchos abordajes del tema, pero quiero destacar el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) que es muy fácil de implementar y realmente ayuda en la retención. También el sistema de mentores o tutores es bastante útil.

En ingeniería sigue funcionando mucho el contacto con la comunidad. La idea, de nuevo, es que los alumnos no sean números sino personas, que sepan lo que sucede. Hay que ver estrategias para saber qué pasa con las personas y por qué no logramos retenerlas. Es necesario, incluso, para no volver a cometer los mismos errores. Hay alumnos que no vuelven a sus clases y nadie en la comunidad académica

sabe dónde están. Tampoco lo saben sus colegas, ni los profesores ¡Nadie! Es una deshumanización de la sociedad y de la academia.

### **Luis Eduardo Becerra**

Ese es un modelo bastante interesante cuando el número de estudiantes que tiene cada docente no es tan elevado. En nuestro caso, hablamos de grupos de cuarenta o cincuenta estudiantes por curso, y así es muy complicado. Sin exagerar, se termina el semestre y todavía los profesores no alcanzan a saber quiénes son sus estudiantes.

### **José Carlos Quadrado**

Esa es la completa deshumanización de la educación. Reemplacemos entonces a todos los docentes por máquinas. Pongamos computadoras con inteligencia artificial. Si se pierde la dimensión humana, se está perdiendo la facultad de ingeniería. Los ingenieros creados por máquinas pueden ser muy peligrosos.

“Si se pierde la dimensión humana, se está perdiendo la facultad de ingeniería. Los ingenieros creados por máquinas pueden ser muy peligrosos”.

### **Germán Gavilán**

Una de las preguntas del público trata sobre la evaluación del trabajo en los laboratorios. Al respecto destaco que es más una herramienta de trabajo que un sistema de enseñanza. No queremos que el estudiante trabaje en el computador y no tenga una persona que esté al frente de la clase. Promovemos la interacción entre los estudiantes y la comunicación fácil con los profesores. Siempre hay un profesor al frente y la metodología de evaluación sigue siendo la que define el profesor. No se trata de reemplazar al profesor.

### **Javier Páez Saavedra**

He aquí algunas otras preguntas del público. El reto actual es contar con decanos que lideren las actividades relacionadas con la docencia, así como lo administrativo y organizacional, lo investigativo, la interacción con el sector productivo... ¿Cómo nos vemos frente a ese panorama?

### **José Carlos Quadrado**

Antes de comenzar el diálogo, pedí a algunos docentes que me contaran algunos detalles sobre el modelo de gestión de su clase. Espero que todos los estudiantes

presten atención, porque a sus profesores realmente les fue muy mal. ¿Por qué? Muy pocos lograron identificar el modelo. Hay una referencia interesante de la Escuela Colombiana de Ingeniería; pero no mucho más. Esto es un reflejo justamente del desconocimiento de cuáles son las propuestas de valor de sus instituciones, cuáles son los canales, cómo vender eso a los clientes, cómo buscar los socios para los inventos. Si las personas no lo saben, ¿cómo se puede gerenciar?

### **Luis Eduardo Becerra**

El asunto planteado no es exclusivo de los decanos. El planteado es un perfil que se exige hoy en día para todos los cargos. Incluso en el sistema productivo hay cada vez mayor exigencia en ese sentido. Es preocupante, porque se pretende que una persona maneje toda una diversidad de conocimientos, lo que no debería ser así, porque precisamente la formación universitaria es disciplinar y, en ese sentido, estaría en contra de lo que nosotros mismos predicamos. Lo que tenemos que buscar es cómo hacer de ese modelo de gestión algo integral para que el decano, con su capacidad, pueda tener el control de ese modelo. Ahí es donde se deben focalizar los esfuerzos.

Existen herramientas que le permiten tener el control sobre los procesos, así como tener indicadores que evidencien si hay una implementación y desarrollo adecuados, o no. También hay que identificar muy bien los conocimientos clave de cada institución. Es decir, no se necesita saber todo, pero sí es indispensable identificar quién se puede hacer cargo de cada asunto. Más que conocer todo, se trata de identificar a quien tiene el conocimiento, para que pueda dar el apoyo adecuado cuando se requiera.

### **Roberto Enrique Montoya**

Lo que se plantea para un decano es que sea una persona que tenga todas las capacidades para sacar adelante la institución y creo que el punto neurálgico de este asunto es la capacidad de gobernabilidad que tenga en su facultad. El decano, para ser capaz de gobernar, debe encontrar el punto medio entre la convicción y el ejercicio de la autoridad, sin importar perfil ni orígenes, así como ser consciente de la realidad tan particular de este tipo de organizaciones.

### **Javier Páez Saavedra**

Aprovechando la representación de distintos niveles que tenemos en este espacio, entre ellos rectores, vicerrectores, decanos asistentes, decanos encargados..., querría conocer su opinión sobre la propuesta de programas de formación en ingeniería con una duración de cuatro años.

### **José Carlos Quadrado**

La discusión en Europa tiene como diez años. No es la cantidad de horas de formación lo que hace mejores o peores ingenieros. Lo importante es la forma como está estructurada la carrera. También tiene mucho que ver con la aceptación de la sociedad. Por ejemplo, la sociedad española no acepta que un ingeniero salga con tres años de carrera. Sería como una blasfemia. Alemania, en términos de ingeniería es mucho más avanzada que España, y en este país tres años se consideran suficientes. A veces, esta discusión puede ser una tontería. Es mucho más importante saber lo que la academia considera como fundamental.

En Europa cambiaron los paradigmas. Se evalúan las competencias y no importa mucho cómo se obtienen. Ahora estamos con el paradigma de que para ser ingeniero se requieren ciertas competencias. Los seres humanos tienen niveles de aprendizaje muy diferentes. Seguro que hay colombianos con competencias para ser ingenieros en tres años, y quizás otros necesiten de treinta años. ¿Por qué tenemos que estandarizar? No es importante. La persona debe seguir su carrera en los tiempos que quiera, si lo hace con dedicación. Lo importante son las destrezas, habilidades y competencias adquiridas.

### **Luis Eduardo Becerra**

Cuando se hace el ejercicio de pensar el tiempo que se necesita para ser ingeniero, llegamos a la conclusión de que necesitaríamos treinta años. Pero hay presiones, como las del sector productivo que exige que se den ciertos conocimientos. Además, es necesario conocer la ciencia para aplicarla y convertirla en un conocimiento útil para la sociedad. Se podría decir que hay que enseñar ciencias básicas a los estudiantes y mandarlos al sector productivo para que ellos les ayuden a moldear su conocimiento. Pero en ese sentido no nos vamos a poner de acuerdo.

Si decimos que la universidad pública va a formar ingenieros en cuatro años, probablemente el mismo estudiantado protestaría muy fuertemente. Ya ha sucedido en Colombia. No se va a lograr que se acepte un plan de formación en cuatro años, porque se tiene la concepción de que es el tiempo el que forma al estudiante.

### **José Carlos Quadrado**

En Colombia ya entendieron que un buen ingeniero nunca se va de la universidad. El aprendizaje durante toda la vida es fundamental y debe ser continuo. El estudiante hace primeramente la carrera de pregrado y luego una maestría. Los estudiantes nunca dejan de ser clientes potenciales. Voy a ser políticamente incorrecto con lo

que voy a decir, por decirlo en Colombia: el asunto es como la estrategia de un narcotraficante que garantiza que su producto tenga demanda toda la vida. Esa es la idea. Desde las facultades se deben generar los contenidos que requieren para que vuelvan siempre a la academia.

### **Luis Eduardo Becerra**

Cuando uno suma el tiempo de permanencia en la vida académica en Europa, quizás hay más niveles que en Colombia. Ahí está la diferencia. ¿Dónde se dieron los niveles de formación? En la universidad. Si se reduce el tiempo de formación los estudiantes pueden salir con graves deficiencias.

### **Germán Gavilán**

En Estados Unidos también son doce años para llegar al bachillerato y cuatro en la universidad. La escolaridad es la misma. Lo que hay que tener en cuenta es el control de calidad de las competencias al final del proceso, y ver si las competencias adquiridas son las adecuadas para otorgar el título de ingeniero y la licencia profesional.

El entorno donde se gradúa el ingeniero es importante. En Estados Unidos el ingeniero recién graduado lo máximo que puede hacer es tomar un examen. Le dan el título de ingeniero en entrenamiento, es decir, que puede ejercer la profesión bajo la supervisión de un ingeniero calificado, que es lo que finalmente le va a permitir demostrar que tiene las competencias. Después de siete años podrá presentar el examen *Fundamental Engineering*<sup>1</sup> que sólo el 25% de los estudiantes lo aprueba. Es todo un honor llegar a este punto, demostrando que sus competencias son buenas.

### **Roberto Enrique Montoya**

Este tema daría para otra hora y media de discusión. Más que fijar una posición, quiero destacar que esto es un ejemplo claro de lo que significa en términos de gestión la función de un decano con su cuerpo profesoral. Así usted, como decano, esté convencido de que hacia allá debería ir la reforma curricular de su facultad, se enfrenta a la realidad de un grupo de docentes que, con argumentos, le plantea un modelo distinto, que prefiere mantenerse en lo que se ha hecho, y a quienes

---

<sup>1</sup> Examen organizado por el National Council of Examiners for Engineering and Surveying – NCEES-, que es considerado como el primer paso en el proceso que conduce a la licencia profesional. Está diseñado para estudiantes que están cerca de terminar los estudios de ingeniería. El examen tiene una duración de 8 horas y se realiza en abril y octubre. Adaptado de [http://www.ncees.org/Exams/FE\\_exam.php](http://www.ncees.org/Exams/FE_exam.php), consultada en enero de 2012

les cuesta mucho cambiar. No se trata sólo ejercer la autoridad y decidir que se reduzca el número de créditos. Este es un ejemplo de los retos que enfrenta un decano. Es lo que hace tan difícil su tarea. En otra organización simplemente se toma la decisión; en una facultad, si se hace así, se pueden generar conflictos muy difíciles de manejar

## Mesa de trabajo

Coordinador:

Luis Marcos Castellanos

*Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias*

Participantes:

Apellidos	Nombres	Institución	Ciudad
		Corporación Universitaria UNITEC	Bogotá
Correa G.	Jorge A.	Escuela Militar de Aviación	Cali
Navas J.	Miguel José	Escuela Militar de Aviación	Cali
Amorocho S.	Faver Adrián	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Londoño	Juan Carlos	Fundación Universitaria del Área Andina	Valledupar
Oliveros	Germán	Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
Portillo	Nayades	Universidad Cooperativa de Colombia	Santa Marta
Meléndez Barros	José de Jesús	Universidad de La Guajira	Riohacha
		Universidad de la Sabana	Chía
Beltrán G	Omar Yesid	Universidad de los Llanos	Villavicencio
González Clavijo	Claudio Camilo	Universidad de San Buenaventura	Cali
		Universidad del Magdalena	Santa Marta
Angarita Castilla	Wilson	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Gallardo Amaya	Romel Jesús	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Latorre Bayona	Gerardo	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
Cifuentes W.	Ximena	Universidad La Gran Colombia	Armenia
		Universidad La Gran Colombia	Bogotá
		Universidad Nacional de Colombia	Medellín
		Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira

En esta Mesa de trabajo participaron 13 profesores pertenecientes a 11 universidades. Además participaron profesores de la Corporación Universitaria UNITEC, de la Universidad de la Sabana, de la Universidad del Magdalena, de la Universidad La Gran Colombia sedes Armenia y Bogotá, de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y de la Universidad Tecnológica de Pereira cuyos nombres no quedaron registrados. Además, tampoco quedó registro de las aportaciones de los profesores de la Escuela Militar de Aviación de Cali, de la Universidad de La Guajira, de la Universidad de los Llanos y de la Universidad Francisco de Paula Santander de Ocaña que participaron en la Mesa.

El trabajo de la Mesa, coordinado por el profesor Luis marcos Castellanos de la Universidad Tecnológica de Bolívar, se desarrolló con la ayuda de las dos cuestiones siguientes:

1. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería.
2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años.

Para facilitar la estandarización de las respuestas, se propusieron las tablas siguientes.

Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala

Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto Concreto (O.A.G.)	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala

Como puede observarse analizando los resultados consignados en la primera tabla por los profesores participantes en esta mesa de trabajo, en general parece que hay un buen grado de satisfacción respecto de la organización, administración y gestión: la mayoría de los aspectos son evaluados con una calificación de “bueno”.

En canto a la segunda cuestión, la información aportada por los participantes presenta una mayor dispersión y, a veces, falta de concreción en lo relativo a innovaciones. En algunos casos no se ha tenido en cuenta el periodo de tiempo señalado (tres años). En general, también en este caso, las innovaciones implantadas son evaluadas positivamente.

### Corporación Universitaria Unitec, Bogotá

1. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Asistente, profesores– Secretaría		X			
PIP, PEP, Plan desarrollo	X				
Convenios – laboratorios		X			
Apoyo de la dirección	X				

2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto Concreto (O.A.G.)	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Creación del área de investigación	Centralizar la investigación	2009		X			
Convenios con empresas	Prácticas pertinentes	2010		X			

## Fundación Universitaria de San Gil, Yopal y Chiquinquirá

1. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Sistemas informáticos - Bases información académica		X			
Estructura organizacional		X			
Gestión internacionalización			X		
Gestión relación sector empresarial			X		
Procesos administrativos institucionales				X	
Planes de mejoramiento		X			

2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto Concreto (O.A.G.)	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Comités de trabajo de grado		2008		X			
Unidad de ciencias básicas		2009			X		
Coordinación de laboratorios		2009		X			
Programa de apoyo y seguimiento académico		2010		X			
Reparaciones curriculares		2010		X			
Proyectos integra-dores –semilleros investigación		2008		X			

## Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga

1. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Organigrama			X		
Gestión de recursos humanos		X			
Gestión financiera		X			
Gestión académica		X			
Gestión investigativa		X			
Formación integral	X				
Disminución de la deserción	X				

2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto Concreto (O.A.G.)	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Núcleos integradores	Administración de la Academia	2002	X				
Práctica empresarial	Administración de la Academia	2007		X			
Actualización curricular	Administración de la Academia	2010	X				
Articulación con la enseñanza media	Administración de la Academia	2007		X			
Evaluación docente	Administración de la Academia	2007	X				
Planeación anual	Administración de la Academia	2007	X				
Disminución de la deserción	Administración de la Academia	2009	X				

## Universidad Cooperativa de Colombia, Santa Marta

- I. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Coordinaciones		X			
Programa Enlace		X			
Autoevaluación		X			
Currículo		X			

2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto Concreto (O.A.G.)	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala

## Universidad de la Sabana, Chía

- I. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Organización		X			
Administración		X			
Gestión		X			

2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto Concreto (O.A.G.)	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Coordinación del apoyo administrativo en áreas como prácticas, maestrías y doctorado: los coordinadores son profesionales no docentes	Organización	2008		X			
Creación del cargo de coordinación de proyectos con empresas	Organización + Gestión	2010			X		
Proceso de recuperación del campus post-inundación	Gestión	2011	X				

### Universidad de San Buenaventura, Cali

1. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Organización curricular		X			
Administración de recursos		X			
Gestión de la investigación		X			
Organización de procesos misionales		X			
Gestión de recursos externos			X		
Gestión del talento humano		X			



2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto Concreto (O.A.G.)	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Acreditación de programas		2009	X				
Nuevos laboratorios para toda la facultad		2005		X			
Programas de posgrados		2006					
Proyectos de investigación de gran impacto				X			
Ampliación de cobertura		2009		X			
Renovación curricular (7 programas)		2010		X			

### Universidad Industrial de Santander - Bucaramanga

I. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Organización: programas, escuelas, facultad	X				
Administración: directores de Escuela que son ordenadores de gasto	X				
Decano: ordenador del gasto, pero con acción limitada			X		
Gestión: orientada a la consecución de recursos de fuentes externas		X			
La gestión académica orientada a mantener estándares de calidad de acuerdo con el modelo de autoevaluación CNA		X			
Ampliación de cobertura a nivel de postgrados		X			

2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto Concreto (O.A.G.)	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy
Gestión	Los grupos de investigación lideran los procesos académicos de extensión y de investigación			X			

### Universidad La Gran Colombia Armenia

1. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Proceso continuo de autoevaluación para medir, a través de indicadores, el nivel de percepción, tanto de docentes como de estudiantes, de la administración y gestión de la facultad.	X				
Impacto en el medio mediante el trabajo de los estudiantes en consultorías empresariales	X				

2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena			Mala	Muy Mala
Rediseños curriculares		2010	X				
Políticas de inclusión con calidad para disminuir tasas de deserción		2009	X				

## Universidad La Gran Colombia, Bogotá

- I. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Estructura organizacional		X			
Gestión de los procesos		X			

2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto Concreto (O.A.G.)	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Procesos de investigación de la deserción			X				
Tutor de orientación académica				X			
Consejería				X			

## Universidad Nacional de Colombia, Medellín

- I. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Estructura administrativa			X		
Gestión administrativa		X			
Estructura organizacional de lo académico			X		
Oficina de asuntos estudiantiles		X			
Procesos de renovación de la acreditación		X			

2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto Concreto (O.A.G.)	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Creación de varias áreas curriculares	Áreas curriculares	2009			X		
Modificación de la estructura académico-administrativa	Creación de escuelas			X			
Autoevaluación permanente de los planes de estudio de los 12 programas curriculares	Reforma curricular	2009		X			

**Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira**

I. Evaluación de la organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería

Aspecto Concreto (O.A.G.)	Evaluación				
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Apertura a estructuras administrativas que faciliten la solución de problemas comunes en el quehacer diario: Proyectos de grado Atención a los estudiantes Mejora del ambiente organizacional docente Modernización curricular		X			

2. Evaluación de la innovación en organización, administración y gestión (O.A.G.) de su facultad de ingeniería en los últimos tres años

Innovación	Aspecto Concreto (O.A.G.)	Año de Implantación	Evaluación				
			Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Apertura a proyectos de investigación de alto impacto	Gestión	2009	X				
Impulso permanente de la extensión que requiere el medio	Gestión	2009	X				
Investigaciones pertinentes	Organización	2008	X				
Formación de docentes en una segunda lengua	Administración	2009	X				



# *Capítulo 4*

---

## **Impacto de las facultades de ingeniería en el desarrollo social**





El eje correspondiente al *Impacto de las facultades de ingeniería en el desarrollo social* tuvo por objetivo conocer acciones exitosas de las facultades de ingeniería, que han tenido un efecto positivo en el desarrollo social local, regional o nacional.

Durante la *Reunión Nacional*, alrededor del eje *Impacto de las facultades de ingeniería en el desarrollo social*, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- La conferencia magistral que, con el título “La ingeniería como una disciplina humanística. El ingeniero como intérprete de los artefactos”, presentó el doctor Fernando Broncano, Doctor en filosofía de la Universidad de Salamanca y profesor de Filosofía de la Ciencia en la Universidad Carlos III de Madrid. Ha hecho parte de los programas de Doctorado de Humanidades de la misma Universidad, de la Cátedra Miguel Sánchez-Mazas de la Universidad del País Vasco y del programa Ciencia y Cultura de la Universidad Autónoma de Madrid.
- La presentación de los trabajos de los profesores: 8 *comunicaciones orales* y 13 trabajos en forma de *póster*, los cuales se pueden encontrar en las memorias de la Reunión Nacional “Acciones y cambios en las facultades de ingeniería” (ISBN 978-958-680-069-3)

En este cuarto capítulo se presenta el texto de la conferencia del Doctor Fernando Broncano.



## Conferencia

### **La ingeniería como una disciplina humanística. El ingeniero como intérprete de los artefactos**

Fernando Broncano



La ingeniería se ha impuesto en la trama de las prácticas sociales y la educación como una nueva región epistémica entre el saber teórico y el práctico. Hasta el tiempo presente se ha desenvuelto en medio de una tensión persistente entre dos modelos: el científico y el práctico. En este trabajo abogo por la introducción de un tercer eje de referencia: el de la capacidad humanística de interpretación de las trayectorias antropológicas y antropogénicas como conjunto de especialidades

que tienen en sus manos buena parte de las transformaciones futuras de la historia. Propongo que consideremos a la ingeniería como una disciplina humanística: el arte de interpretar y crear una cultura material en la era tecnológica.

#### ***La estrategia del simbiote***

Si atendemos a la literatura de las humanidades, es decir, si miramos desde la orilla humanística de las dos culturas que, según C.P. Snow, guían el discurrir del río de la historia contemporánea, no encontraremos la figura del ingeniero instalada en altar alguno. Señor de la razón instrumental, si hubiese que aplicarle un calificativo apropiado sería, a tenor de la estadística de las alusiones en la literatura aludida, algo muy cercano al de *parásito*. El ingeniero se presenta como una figura que extrae la sangre de *Gaia*, el gran sistema geobiológico, alguien que explota sus recursos y enriquece a su empresa empobreciendo a las generaciones futuras. Se ha comparado al ingeniero con Odiseo, el rico en ardid y engaños, el que dice de sí mismo “soy nadie” y sólo atiende a la economía de los medios. Que en el lado opuesto esta figura se ensalce como el nuevo Prometeo, héroe de la revolución industrial que ha permitido el desarrollo y la creación de un mundo tecnológico, no socava la definición humanística, aunque sí su valoración. Las dos orillas coinciden en aquello que hace que una de ellas califique de parasitismo lo que la otra califica de astucia, a saber, la extendida convicción de que el ingeniero es simplemente alguien a quien le compete elegir el mejor camino para un fin que ha sido ya determinado de antemano, y que debe hacerlo aprovechando los recursos disponibles. No se suele hacer aquí una distinción entre la racionalidad económica y la racionalidad ingenieril:

lo que caracteriza su *ethos*, es decir, su estilo o costumbre, es la maximización del fin con el menor de los gastos en medios.

Atendamos, sin embargo, a una caracterización del método ingenieril como la que ofrece Billy Vaughn Koen, un ilustre profesor de ingeniería mecánica en la Universidad de Texas en Austin:

*“El método ingenieril (es) la estrategia para causar el mejor cambio en una situación mal entendida dentro de los recursos disponibles”<sup>1</sup>*

Esta definición es mucho más afinada que las que usualmente caracterizan la racionalidad instrumental, incluso con un barroco aparato matemático tomado usualmente de la teoría de fuerzas en la Mecánica Clásica. Encontramos en ella matices que son dignos de tener en cuenta:

1. *Estrategia*: el término que elige Koen tiene resonancias militares, pues estrategos eran los generales helenos, pero se distancia de cualquier forma de racionalidad mecánica. La estrategia implica una razón que se extiende en el tiempo y conserva una dirección que debe sobrevivir a las situaciones particulares. No es pura astucia, sino combinación de adaptación y perseverancia.
2. *Mejor (cambio)*: Se busca el mejor cambio a través de una intervención causal, es decir, la estrategia está orientada a la producción causal. El término “mejor” es un término normativo, pues implica una valoración aunque deja abierto el problema de cuáles sean los criterios por los que consideremos que un cambio sea el mejor. Pero en esta ambigüedad calculada hay una cierta voluntad de diferenciarse de la teoría de la optimización que resuelve el término “mejor” como una relación entre los resultados obtenidos y los medios empleados.
3. *Situación mal entendida*: Esta matización es fundamental para Koen. Aleja la ingeniería de la razón mecánica-instrumental. Las situaciones en las que trabaja el ingeniero parten siempre de un problema mal planteado, o quizá difícil de plantear, en donde el mismo hecho de plantearlo ya es parte de su trabajo, a diferencia, en general, de la ciencia, donde “hay que dar” con el planteamiento correcto. Pero aquí todo es nube y confusión. Y no porque, como a veces la impaciencia tiende a hacer creer, quienes están al cargo de plantear el problema tengan déficits cognitivos, sino porque la propia realidad es confusa, porque lo que entendemos por “problema” es en realidad

---

<sup>1</sup> Koen, B.V. (2003) *Discussion of the Method. Conducting the Engineer's Approach to Problem Solving*. Oxford: Oxford University Press, pg.7. Un magnífico desarrollo de esta perspectiva es el que encontramos en Aracil, J. (2010) *Fundamentos, método e historia de la ingeniería*. Madrid: Síntesis.

una categoría muy compleja, de hecho mucho más compleja que la propia solución.

4. *Recursos disponibles*: Uno supone que esta cláusula es la que primero aprende un ingeniero, y no obstante pocas expresiones son más peligrosas que “recursos disponibles”, como toda persona termina aprendiendo a lo largo que su vida. ¿Qué es un recurso?, ¿qué es estar disponible?, ¿para quién?, ¿cómo? La alusión a los recursos disponibles no es un mero recuerdo negativo de que cualquier proyecto debe acomodarse al presupuesto sino, también, y mucho más interesante, un principio afirmativo de que la creatividad del ingeniero se desarrolla en un nicho ya existente de artefactos, medios, destrezas y conocimientos que constituyen el suelo sobre el que construirá su obra.

Si hemos perdido ya la confianza en aquel concepto romántico de progreso como crecimiento ilimitado de los bienes; si sentimos ya la necesidad del reparto de los recursos en una era de globalización y hemos adquirido la conciencia que, entre otros signos, nos sugiere el cambio climático, de un principio de sostenibilidad para toda intervención futura, sería también el momento de revisar la teoría de la racionalidad tecnológica que sostiene los calificativos de *parasitismo* y *heroísmo* que adjetivan la ingeniería menguada en racionalidad instrumental. Propongo entonces que consideremos otra figura que, como el parásito, también se basa en una alegoría biológica. Me refiero al *simbionte*. Aunque la simbiosis incluiría estrictamente el parasitismo, emplearemos el término en un sentido positivo de vida conjunta de organismos en la que los metabolismos se benefician mutuamente. Una estrategia simbiótica es un modo de clarificar el contenido normativo de lo que antes considerábamos como el mejor de los cambios en situaciones mal entendidas y con los recursos disponibles. La estrategia del simbionte, a diferencia del parásito, al que no le importa que el organismo que coloniza perezca, es la de producir sólo aquellos cambios que sean mutuamente beneficiosos.

La simbiosis se ha usado ya como figura en diseño ergonómico<sup>2</sup> o diseño arquitectónico y urbanístico<sup>3</sup> y, en este sentido, alude a dimensiones muy diferentes de la interacción entre humanos y artefactos, en el primer lugar, y de artefactos y naturaleza en el segundo. Pero mi propuesta es que no separemos ambos sentidos, no por meras razones de obedecer a la metáfora sino por una razón más profunda de no separar el mundo técnico y el mundo natural. Para los humanos, simios técnicos, nuestros nichos ecológicos no distinguen, no distinguieron nunca en nuestra filogenia, entre técnica, artificio y naturaleza. Nuestra especie y las especies de homínidos que

<sup>2</sup> Anzai, Y., Ogawa, K., Mori, H. (1995) *Symbiosis of Human and Artifacts. Human and Social Aspects of Human-Computer Interaction*. Amsterdam: Elsevier .

<sup>3</sup> Downtown, P. F. (2009) *Ecopolis. Architecture and Cities for a Changing Climate*. Dordrecht: Springer.

la precedieron crearon un entorno artificial que fue el responsable de nuestra evolución como simios de las praderas, más tarde de los bosques y las cuevas, y actualmente de casi todos los nichos planetarios. El mutualismo y la simbiosis como horizonte metafísico de la tecnología de los tiempos por venir no son ya un mero deseo basado en ingenuas buenas intenciones, sino un programa factible y necesario para reordenar todos los estratos de la investigación, el desarrollo, la innovación y la educación técnica contemporánea. El desarrollo de mi propuesta se basa en dos convicciones acerca de la política cultural que debería regirnos: la primera, como acabo de insinuar, es que no tiene sentido la separación entre naturaleza y artificio, o naturaleza y cultura. Desde el punto de vista evolutivo y de la ecología humana somos, fuimos, una especie *cyborg*, una especie configurada por el artificio y por la evolución. Estamos ya en un punto de no retorno en el que todo el planeta debe configurarse como un parque artificial habitado por cyborgs, por organismos que sobreviven en parte debido a nuestra ayuda mutua. La segunda de mis presuposiciones es que ya no tiene sentido, y de hecho nunca lo tuvo, la separación entre la cultura humanística y la cultura tecno-científica. Fue esta separación una comprensible consecuencia de que la nueva ciencia exigía un lenguaje, el de las matemáticas, extraño a las lenguas naturales. Pero no es la diferencia de lenguas una causa suficiente para establecer una frontera cultural. Si no el bilingüismo, al menos la extensión de procedimientos de traducción debería llevarnos a una progresiva convergencia no ya en la pura comprensión sino también en los grandes proyectos estratégicos culturales. Pero es que, además, esta convergencia se convierte en una necesidad perentoria tanto de las políticas de desarrollo tecnológico como de las políticas culturales contemporáneas.

### **La educación de un ingeniero**

A lo largo del siglo XVIII se fue instituyendo el “espacio de la técnica”<sup>4</sup> en territorios donde anteriormente habitaban sin competencia las prácticas artesanales con alguna ayuda de los nuevos instrumentos del dibujo en perspectiva y el cálculo algebraico. Eran las vísperas de la revolución industrial y el mundo estaba comenzando a llenarse de artefactos cada vez más complejos en sus materiales, formas, funciones y usos. Ningún ejemplo más claro que la arquitectura naval en un mundo en el que el control del mar se había convertido en la señal diferencial de la potencia de un imperio. Si en los tiempos anteriores habían reinado los diseñadores de fortalezas, ahora habrían de ser estas nuevas máquinas de viajar, transportar, pescar y, sobre todo, combatir las que habrían de crear el nuevo nicho para la profesión de ingeniero. Diseñar un buque ya no quedaría en manos del maestro carpintero naval, sino en las de una

---

<sup>4</sup> Vérin, Hélène, (1993) *La gloire des ingénieurs. L'intelligence technique du XVIe au XVIII siècle*. París: Albin Michel, cap. VII

nueva profesión extraña entre el dibujante y el matemático. Ingeniero naval, de minas, caminos, puertos y canales, industrial, electrónico, aeronáutico, informático, químico, . . . , son adjetivos que en dos siglos calificarían progresivamente esta nueva profesión, diferente a la del *ingeniator*, el diseñador y constructor de ingenios, y base para una nueva figura que habría de ir calificando la historia de la ingeniería.

La educación de los ingenieros comenzó muy pronto a adaptarse a las demandas de la nueva revolución industrial. De hecho, lo hizo antes que las universidades. A finales del siglo XVIII se habían desarrollado dos estilos de educación en ingeniería, que habrían de dar lugar a dos tradiciones en la formación técnica, durante la revolución científica. La primera es la que dirigió desde el comienzo la educación desde el aparato del estado creando escuelas cuya función sería la de crear técnicos pertenecientes a dicho aparato. Es la tradición francesa, que se extendió a Alemania y España. La segunda trayectoria, extensa en el mundo anglosajón, confió la educación de los ingenieros al aprendizaje en la práctica de los talleres, minas y obras civiles, y ocasionalmente a escuelas privadas dedicadas a tal fin<sup>5</sup>.

Esta bifurcación de estilos se corresponde con una doble cara del ingeniero en la génesis del mundo moderno. De un lado, fue en un cierto aspecto ejecutor del ordenamiento social desde el estado, organizando las grandes obras públicas, las infraestructuras y el sistema de estándares y controles que permitieron el marco de desarrollo de la revolución científica. Las escuelas homogeneizaron la educación del mismo modo que los diversos dispositivos estatales estaban homogeneizando la cultura material moderna en la guerra y la paz, en la cultura y la industria, en la sanidad y en el orden social. Es el ingeniero homogeneizador, organizador, creador del sistema de bienes públicos que caracteriza el estado moderno. En el otro lado, el ingeniero ejemplifica junto con el empresario y el revolucionario, los nuevos agentes transformadores de la historia. Si el empresario y el financiero transforman el entramado de producción y reproducción económicas, si el revolucionario transforma el orden social, el ingeniero diseña un nuevo orden material que denominamos modernidad: un mundo de artefactos tecnológicos que transforman la vida cotidiana de manera que ninguno de los avatares de la historia pasada pudieron hacerlo. En este segundo papel, el ingeniero es fundamentalmente innovador, creador de articulaciones que reconfiguran las prácticas sociales al transformar la base material que las hace posibles.

En su doble papel de agente de orden y agente de transformación, el ingeniero pertenece a la mitología del mundo moderno con esos tintes prometéticos que le han

---

<sup>5</sup> Lundgreen, Peter (1990) "Engineering Education in Europe and the USA 1750-1930. The Rise and Dominance of School Culture and the Engineering Profession" *Annals of Science* 47: 33-75

hecho ganar tantos halagos y denuestos. Ciertamente, el ingeniero no ocupa todo el espacio de la modernización. Al contrario, en la historia oficial de la modernidad son los filósofos y los científicos, los científicos y filósofos, los que cuentan como representantes notorios de tal proceso histórico. En realidad el ingeniero aparece, si ocurre, sólo como un dios menor en el registro de nuevos héroes o villanos. Y sin embargo, la historia de la ingeniería como profesión no puede ya separarse de la constitución del espacio de la técnica, o espacio de las técnicas, como ámbito en el que se constituye la cultura material de la modernidad. El espacio de las técnicas hace posibles otras transformaciones como la ciencia, la economía, la guerra y, en general, todo el tejido de globalización que conforma el mundo presente. Esta esfera de lo tecnológico fue posible en buena medida gracias a la aparición de la profesión de ingeniero como institución social. A diferencia de las comunidades científicas, que han sido teorizadas y narradas exhaustivamente en la filosofía y la historia de la ciencia contemporáneas, se ha tratado poco el importante papel que han ejercido las instituciones, colegios y asociaciones de ingenieros en la constitución del espacio de las técnicas y, más allá, en la configuración de las sociedades y estados contemporáneos. Este complejo de asociaciones, instituciones, escuelas y redes sociales ha tenido mucha menos visibilidad en el análisis de la cultura contemporánea que las comunidades y disciplinas científicas; y sin embargo han configurado de forma determinante la fábrica de la cultura contemporánea. La más importante de las aportaciones ha sido el estrechamiento de los lazos entre la cultura científica y la técnica. Aunque la tradición francesa de las escuelas, desde sus orígenes, se alimentó de la mecánica racional y la geometría más avanzada del momento, la unión del espíritu científico de investigación y la tradición innovadora de la ingeniería habrían de tardar aún un tiempo en acercarse. En buena medida fue un resultado de la presión de las asociaciones ingenieriles por establecer filtros corporativos basados en un aprendizaje reglado, en una excelencia en el dominio del lenguaje matemático y en un cierto espíritu de distinción académica. A diferencia de la ciencia, no se constituyeron comunidades disciplinares, sino comunidades corporativas que exigían una estricta formación en el instrumental lingüístico de la matemática y una gran plasticidad en la capacidad de adaptación a las necesidades cambiantes del entorno técnico.

Si atendemos a los patrones de convergencia contemporáneos, se observará que hay una cierta coincidencia en las líneas que se promueven para la educación de los ingenieros:

- Insistencia en la necesidad del aprendizaje por descubrimiento en todos los niveles de la educación: no separar la teoría del aprendizaje de la solución de problemas típicamente ingenieriles
- Insistencia en la cercanía con la educación científica y matemática desde los primeros niveles de educación

Estos dos objetivos son difícilmente discutibles pues pertenecen a la gran tradición de la educación del ingeniero moderno. Progresivamente se ha ido tomando conciencia de las nuevas demandas, que se resumirían en los siguientes consejos didácticos<sup>6</sup>:

- Convergencia de las disciplinas y aprendizaje de trabajos en la frontera de aquéllas, o directamente promoción de estudios transdisciplinarios como, por ejemplo, informática dedicada a la biotecnología (o, a la inversa, biotecnología dedicada a la informática)
- Educación en la economía, en particular en la economía de la empresa y en las grandes líneas de la economía.
- Conciencia de la cercanía de la ingeniería y la sociedad, a través del fomento de la comunicación.

Todo esto habla de la progresiva conciencia de que la ingeniería ya está integrada en complejos sistemas que llamamos sociedad del conocimiento y sociedad globalizada, y que se caracterizan, como ha sido numerosas veces explicado, por unas nuevas formas de producción del conocimiento. Casi nada de esto puede resultar extraño: todos los informes que circulan en los organismos competentes en la educación científica hablan de estas crecientes necesidades de la educación ingenieril.

La acomodación de la ingeniería a un marco educativo pautado ha tenido muchas ventajas en la creación de un sistema ordenado de creatividad social, pero, como tantas veces sucede en otros ámbitos en los que se ha desarrollado una trayectoria cultural autónoma (arte, ciencia, burocracia, ejércitos), se han producido amenazantes desajustes. El primero y más importante es la dificultad de acomodar a los expertos y técnicos en las sociedades democráticas. El segundo está causado por la miopía que tantas veces aqueja a la creatividad tecnológica.

### ***Tecnoestructura y tecnodemocracia***

A nadie podrá sorprender la aserción de que nuestras sociedades han devenido sociedades dependientes de la tecnología, pues pertenece ya a nuestra experiencia contemporánea como una forma novedosa del destino o de la providencia: todo lo bueno y todo lo malo cabe esperarlo de la tecnología. No de la técnica, pues toda sociedad humana lo es, sino de esa particular forma de técnica que es la tecnología. Hemos aprendido de los filósofos políticos que el estado moderno se constituye al tiempo que el derecho y el sistema impersonal de normas y funciones sociales desarrolladas por aparatos creados *ad hoc*, pero no se ha reparado con la misma

<sup>6</sup> National Academy of Engineering (2005) Educating the Engineer of 2020. Adapting Engineering Education to the New Century. Washington: The National Academy Press. <http://www.nap.edu/catalog/11338.html>.

atención en la dependencia del aparato estatal respecto de las tecnologías que hacen posible toda esta malla de dispositivos. El aparato moderno de la guerra fue el primer origen de los nuevos estados, incluso en el Antiguo Régimen, mas el siglo XIX extendió los procedimientos de normalización, estandarización y tecnologización a todos los ámbitos de las formaciones sociales. Demografía, seguridad, educación, sanidad, ..., todo aquello de lo que los estados comenzaron a ocuparse como su tarea propia en la modernidad fueron territorios que se abrían a medida que la moderna tecnología los hacía posibles. Desde Saint-Simon a Balzac, desde Walter Benjamin a Foucault, los observadores más perceptivos de la cultura contemporánea dieron cuenta de la progresiva irrupción de la tecnología en los ámbitos de la vida social y de la vida cotidiana. Max Weber fue el teórico que explicó que los nuevos estados estaban sometidos a un proceso de lo que él denominaba “racionalización” de las actividades propias, que incluía la formación de una estructura burocrática encargada de estas tareas, y que él consideraba como un nuevo agente o sujeto histórico que terminaba por generar intereses propios, autónomos respecto a la sociedad que la había originado. Sin embargo, no se ha estudiado suficientemente la dependencia de éste respecto de nuevas necesidades técnicas. Cada una de las funciones demandaba una creciente red de nuevas tecnologías de una forma no menos exigente que la economía y la industria. Seguridad, sanidad, educación, gobernación, justicia, se convirtieron en funciones dependientes de tecnología en grados progresivamente crecientes en intensidad y extensión. Pero esta demanda produjo también la dependencia social de los técnicos. Los expertos se convirtieron en una capa social con una participación esencial en todas las funciones sociales. Ésta es la paradoja de nuestras sociedades. No es posible ya una democracia avanzada sin el concurso de la tecnología, pero la tecnología exige una relación asimétrica entre ciudadanos y expertos poseedores de un saber propio sin el cual no es posible el funcionamiento social. Y el problema, como sabemos, es que el saber de estos técnicos es un poder que escapa a la tradicional división de poderes de los estados de derecho. Durante un tiempo los ingenieros y expertos gozaron de los beneficios que traía esta asimetría en forma de prestigio y distinción social, estatus económico y capacidad de decisión y, en general, en la forma de un lugar privilegiado en la estructura social. Más tarde este lugar se ha ido convirtiendo en un centro de controversias y tensiones que, ésta es la cuestión, no ha sido suficientemente incorporado a la educación del ingeniero futuro.

Muchas de las nuevas recomendaciones de las autoridades educativas plantean como solución la necesidad de comunicación, como si el problema fuese un problema de una sociedad que aún no es capaz de entender bien el lugar del experto, como si existiese una brecha insalvable entre el saber del experto y la ignorancia de la sociedad insensible a las razones que da el conocimiento superior. Desgraciadamente la situación es mucho más grave: la brecha tiene dos direcciones. Posiblemente el

ciudadano medio ignore las razones del experto, pero no ignora que sus decisiones le afectarán en un grado y con unas consecuencias las que más que posible, muy probablemente, el experto ignora o es insensible a ellas. Las catástrofes de origen tecnológico están en el trasfondo de una creciente desconfianza de la función técnica; pero quizá sea mucho más relevante la incapacidad de los expertos para establecer las responsabilidades implicadas en el cambio social al que dan origen muchos desarrollos tecnológicos. La innovación siempre es local pero las consecuencias son globales. Y no hay expertos en el todo. La sociedad se angustia por la trama de relaciones que establecen entre sí los desarrollos tecnológicos.

### **Creación y miopía**

El segundo de los déficits de la educación tecnológica es la incapacidad que tiene para paliar la miopía que afecta a todo creador, diseñador o simple experto en la solución de problemas tecnológicos. La miopía afecta a la visión de lejos, como si el experto hubiese sido educado para resolver un problema en cuyo planteamiento y solución no entrasen más parámetros que los que el profesor, el empresario o la parte contratante le suministran.

La creación técnica, como la creación artística y tantas formas de creación que contribuyen a la conformación de la cultura material, consiste en hacer cosas para que otros hagan cosas. El artesano hace relojes para que otros midan el tiempo y ordenen sus planes en intervalos coordinados. Hacer una máquina para que otros coordinen sus acciones: en esto consiste crear relojes. Hay una versión refinada de esta idea que es la *Teoría dual de los artefactos*, creada por la escuela holandesa de Filosofía de la Tecnología<sup>7</sup>. En esta concepción, un artefacto es una entidad que vive entre dos mundos: el de los componentes materiales y el de las intenciones. Un artefacto es un objeto que ha sido construido para realizar una función, y el usuario comprende que mediante este artefacto puede realizar un plan que se llevará a cabo mediante el uso adecuado del artefacto. Esta concepción es una versión muy refinada de la intuición cotidiana de quien ejerce o aprende la ingeniería. No hay nada equivocado en ella si la observamos desde una perspectiva distante donde los perfiles se difuminan en un grano grueso. Pero resulta inadecuada y peligrosa cuando nos acercamos y observamos los detalles de la práctica ingenieril y, sobre todo, de la existencia en un mundo en el que la cultura material está configurada por la tecnología.

“Hacer cosas para que otros hagan cosas”: ésta es otra forma de explicar la definición de ingeniería que proponía Koen como “estrategia para producir el mejor cambio en

<sup>7</sup> Houkes, W. y Vermaas, P. (2004), “Actions versus functions: a plea for an alternative metaphysics of artefacts”, *The Monist*, 87: 52-71.

una situación mal entendida con los recursos disponibles”. Pues no sirve cualquier tipo de cambio. Se trata de un cambio que crea posibilidades de acción. Esta idea estaba implícita en el adjetivo “mejor” aplicado a los cambios posibles: no basta producir un cambio en una situación, sosteníamos; es necesario que el cambio tenga una orientación, a saber, la de resolver un problema. El ingeniero que se enfrenta a esta tarea debe tener en la cabeza dos mundos muy diferentes: el del artefacto que va a diseñar y el de las acciones que va a causar el uso del artefacto. El cambio de situación al que se refiere la definición es así una producción híbrida entre lo real y lo posible. Observemos que al contemplar la tecnología de este modo, nos situamos en un marco muy sensible al contexto, pues las implicaciones que tiene el cómo determinemos el alcance de lo real y lo posible. El creador diseña un objeto que produce un potencial conjunto de acciones. Se produce así una situación paradójica: el ingeniero creador debe tener en la cabeza un tipo de acciones para poder imaginar un modelo potencial del artefacto que está diseñando. Pero si ese modelo potencial no es capaz de insertarse, encarnarse, en un contexto adecuado de recepción, el artefacto será inútil. La transgresión de contextos ha sido contemplada por muchos literatos a lo largo de la historia. Pienso, por ejemplo, en la sátira de Mark Twain, *Un yanqui en la corte del rey Arturo*, en donde el choque de culturas entraña un choque de culturas materiales y de extrañamiento de los objetos. ¿Qué significaría, por ejemplo, diseñar un reloj para una sociedad que no contempla la posibilidad de coordinación fina de intervalos de tiempo como podría ser una sociedad de cazadores y recolectores? Muy probablemente una transformación inútil de la situación. Y, por otro lado, puestos a considerar el ejemplo del reloj<sup>8</sup>, pensemos en lo que significó la introducción del reloj en las sociedades medievales. Jacques Le Goff ha estudiado una de las derivaciones más interesantes de la transformación del tiempo en estas sociedades como resultado de la introducción del reloj. Me refiero aquí al extraño hecho relatado por Le Goff<sup>9</sup> de las huelgas que recorrieron la Europa tardomedieval del siglo XIV entre los miembros de los gremios de los nuevos burgos industriales. Le Goff explica estas huelgas por la reivindicación de que el reloj del ayuntamiento regulase los horarios y sobre todo los salarios de los menestrales. ¿Por qué? La explicación es clara: los nuevos obreros preferían ser recompensados por su tiempo de trabajo que por los productos del trabajo. El reloj introducía de esta manera un cambio no prefigurado en su diseño: en vez de limitarse a medir el tiempo comenzaba también a medir el trabajo humano. Estaban formándose los cimientos del capitalismo. ¿Tendría que haber pensado el viejo monje que probablemente diseñó el mecanismo de escape por volante, origen al reloj, que tal artefacto daría origen a un nuevo modo de producción? Seguramente es

<sup>8</sup> El reloj como modelo de ingeniería tiene una larga tradición desde el clásico estudio del gran teórico de la técnica del pasado siglo: Munford, L. (1934) *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza (2006)

<sup>9</sup> Le Goff, J. (1987) *Tiempo, trabajo y cultura en el occidente medieval*. Madrid: Taurus

pedir demasiado. Nuestro diseñador estaría posiblemente preocupado solamente por cómo hacer que un proceso continuo y quizá heterogéneo se convirtiese en un proceso homogéneo y cíclico.

La creación técnica por su naturaleza parece ser insensible a una determinación amplia de la situación que ha de transformar. Probablemente éste es el origen de la transitada definición de la racionalidad técnica como racionalidad instrumental. No se trata de eso, sino de que la situación de diseño debe ser definida siempre en términos reducidos para que pueda ser manejable, y eso produce necesariamente lo que he calificado como *miopía*. La formación del ingeniero como especialista parecería así generar este déficit en la perspectiva con la que se enfrenta a su trabajo.

Parece pues que la deriva de las sociedades contemporáneas hacia la globalización y el multiculturalismo plantea a los planificadores de la educación de los ingenieros un desafío en el que parecen estar condenados trágicamente a ser vencidos: o se abandona el principio de la especialización disciplinaria que parece implicar la insensibilidad a las demandas sociales y a una consideración amplia de los contextos de aplicación de la técnica, rompiendo con ello la gran tradición a la que pertenecen las escuelas de ingeniería desde la Ilustración, o se mantiene una tradición pedagógica empeñada en el detalle pero progresivamente desbordada por las nuevas necesidades que crea la creciente convergencia de tecnologías que conlleva nuestra situación contemporánea.

¿Es acaso imposible de atravesar este peligroso estrecho en el que acechan un peligroso escollo Caribdis de incompetencia técnica y un no menos amenazante Escila de miopía creadora?

Creo que esta amenazante travesía puede ser resuelta, pero me permitiré antes de proponer mi propia perspectiva tomar un sendero secundario y caminar por un momento por los márgenes para examinar lo que no me parece que sea una solución prometedor.

### ***La inutilidad de las soluciones externas***

A lo largo de las últimas décadas se han desarrollado muchos movimientos críticos con la tecnología, como por ejemplo los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad, y muchas voces que demandan una mayor atención de los ingenieros y expertos a valores que aparentemente están más allá de los aspectos puramente técnicos, como por ejemplo, los valores ecológicos, los sociales e incluso los estrictamente morales. Traducidos estos reclamos de atención a propuestas para la formación de futuros ingenieros, la solución sería la de incrementar la carga formativa de los alumnos

añadiendo algo así como ciertas asignaturas de humanidades que introdujeran a los estudiantes en estas nuevas demandas, y que les suministraran algo así como un nuevo código deontológico profesional para los tiempos que vivimos, en la línea de alguna forma de juramento hipocrático de la profesión de ingeniero.

Son muchos los países que tienen la tendencia a descargar las responsabilidades de solución de problemas y dilemas sociales en nuevas cargas educativas, como si las escuelas pudiesen resolver los problemas que la sociedad es incapaz de resolver. Al menos en mi país, cada vez que se discute alguna de nuestras lacras contemporáneas (por ejemplo el consumo de drogas, la violencia de género, o incluso el mal comportamiento de los conductores) se plantea siempre como solución una suerte de nueva asignatura que se proponga la “educación en valores” referida a tal problema en el currículum escolar, como si pudiese postergarse la solución del problema contemporáneo a la supuesta formación de mejores ciudadanos en el futuro. Algo parecido sería la solución presente para los problemas de los déficits de formación en ingeniería. No creo que éste sea el camino por varias, creo, convincentes razones de orden práctico y teórico.

Para justificar este apunte doy dos razones de orden práctico. La primera, que, como todos sabemos, los currículos actuales de los estudiantes, en cualquiera de los niveles de enseñanza, ya están suficientemente sobrecargados como para añadir nuevas materias. La segunda, más importante desde mi punto de vista, es que el lenguaje, el tono y estilo de una posible asignatura de este tipo sería percibida inmediatamente como algo externo, ajeno y seguramente incomprensible para los alumnos y alumnas de ingeniería familiarizados con unas formas académicas muy lejanas del estilo dubitativo, deliberativo, cargado de conceptos y expresiones literariamente complicadas de las humanidades. Largos años de experiencia nos llevan a la conclusión de la inutilidad de estas direcciones. Pero es que, además, hay un problema teórico con estas soluciones que, me atrevería a calificar como soluciones desde fuera, soluciones externas a la propia tradición educativa. Es cierto que un ingeniero, como cualquier otro ciudadano, necesita conocer más acerca de las nuevas formaciones sociales y acerca de la complicación de las soluciones técnicas con consecuencias no queridas dada la interconexión de los sistemas naturales, sociales y tecnológicos. Pero, lo mismo que ocurre con cualquier ciudadano, no se trata de superar la ilimitada división social del trabajo en la civilización contemporánea convirtiéndonos todos en supersabios en el todo y la complejidad. Hay que sobrevivir a esta división social transformando la manera en que ordenamos nuestras sociedades, no intentando superar lo insuperable, a saber, la especialización de los roles cognitivos, prácticos y sociales<sup>10</sup>. En nuestro caso,

---

<sup>10</sup> Broncano, F. (2006) Entre ingenieros y ciudadanos. Barcelona: Montesinos.

me parece, la solución debe perseguir la dirección contraria: debe ser una solución endógena, que cave y profundice en las vetas de la historia de la ingeniería con una nueva perspectiva sobre el lugar del ingeniero en las sociedades contemporáneas. Me atrevo por ello a proponer una senda que supone una consideración crítica de nuestras pautas culturales y académicas implicadas en nuestros sistemas formativos: unas pautas que confunden la especialización con el aislamiento y la separación de las disciplinas y la formación técnica con la formación insensible a factores que no sean los estrictamente definidos como técnicos por un modelo disciplinario en buena parte creado por asociaciones profesionales empeñadas en su propio aislamiento y predominio social.

### ***El ingeniero como humanista***

Mi propuesta es que pensemos en las consecuencias que tiene considerar al ingeniero como una suerte de humanista, de intérprete autorizado de las necesidades y posibilidades de la cultura material humana. Antes de presentar este camino permítaseme una nueva (aunque corta) digresión por los márgenes del argumento para examinar una analogía que históricamente funcionó en la formación de los ingenieros. Me refiero al ingeniero como científico. A nadie le extrañaría una aseveración de “el ingeniero como científico”, así como a casi todo el mundo le puede sorprender que consideremos al ingeniero como una clase particular de humanista. Pero que el ingeniero sea algo así como un científico resulta menos obvio de lo que parece, por más que pertenezca a una inveterada tradición académica. En los primeros tiempos de la constitución de las escuelas de ingeniería, en sus versiones francesa y alemana a las que nos hemos referido anteriormente, se estableció la formación científica de los ingenieros, particularmente en la llamada Mecánica Racional, como uno de los componentes esenciales de su currículo. Se trataba de una formación muy teórica en matemáticas abstractas que se suponían esenciales para la formación de los ingenieros. Con el tiempo, esta tradición se fue asentando, no tanto por razones didácticas, cuanto por razones de prestigio y distinción social de los ingenieros como profesión vinculada al aparato de Estado y con intereses muy particulares de que no proliferase demasiado el número de los graduados. La formación científica se convirtió así en una suerte de seleccionador de talentos, con la específica misión de eliminar a un número grande de aspirantes. Tenía poco que ver con alguna profunda meditación sobre la aportación de la ciencia teórica a la formación ingenieril. Y sin embargo, no había nada errado en la consideración del ingeniero como científico, sólo que por razones contrarias a las que se propusieron las nuevas asociaciones profesionales con intereses corporativos y corporativistas. Porque, curiosamente, la nueva ciencia experimental que se estaba constituyendo en el siglo XIX fue una creación mucho más de ingenieros y médicos que de científicos teóricos al estilo de los mecánicos racionales de la Ilustración. La química, la óptica, la electrodinámica,

la termodinámica, y tantas otras ramas de la gran ciencia clásica se desarrollaron en los nuevos talleres experimentales contruidos por mentalidades ingenieriles en estrecha cooperación con las necesidades de la nueva industria. Por eso no puede sonar desentonada la expresión “el ingeniero como científico”, pero por razones contrarias a la tradición: a saber, porque en buena medida la ciencia moderna es resultado de la ingeniería del conocimiento experimental. Porque la nueva exploración del universo sólo fue posible mediante el diseño de todo un nicho ecológico de artefactos creados para extraer la información de minas profundas de la naturaleza que sólo podían ser explotadas ingenierilmente. Cuando tantos teóricos hablan ahora de tecnociencia, como si fuese un estado superior contemporáneo de la ciencia, olvidan que esa fue precisamente la trayectoria principal.

La expresión “el ingeniero como científico” contiene, pues, algo correcto y algo equivocado: se equivoca en el concepto de ciencia, acierta en el concepto de ingeniería. Pues bien, algo análogo es lo que proponemos al considerar al ingeniero como humanista.

¿Qué es un humanista? En su origen, el humanismo renacentista al que pertenecieron Erasmo de Rotterdam, Luis Vives, Marsilio Ficino o Michel de Montaigne fue un movimiento contra el academicismo seco y abstruso de la escolástica que se había impuesto en las universidades. Los humanistas pertenecían a la nueva cultura del libro y de la imprenta contra la cultura del discurso repetido de la cátedra. El humanista era esencialmente un intérprete de los textos. El humanista es un intérprete. Pero ¿qué es la interpretación? Como el acto de lectura, como el acto de interpretación musical, tiene dos momentos. El primero es la comprensión de los signos, el desciframiento de la información. El segundo consiste en la encarnación, en la incorporación de lo abstracto, en la particular situación del lector o intérprete. Cuando leemos una novela hacemos que los personajes y las situaciones se encarnen en nuestra biografía individual. Por eso leer es interpretar; por eso leer es al tiempo tan fácil y tan difícil: porque entender implica incorporar a nuestro mundo particular algo que nos proyecta en situaciones muy lejanas. Leer es hacer familiar lo diferente.

¿Qué es lo que interpretan los humanistas? En la vieja tradición de la *Bildung* alemana, los hermeneutas eran los encargados de enseñar e interpretar lo que se consideraba que eran los cúlmenes normativos de la cultura occidental: la Biblia y la cultura clásica greco-romana. Se consideraba que esta doble tradición judeo-cristiana contenía las claves esenciales de lo humano. Como si hubiese existido una Edad de Oro de la cultura a la que todo ciudadano formado debe referirse para encontrar las direcciones adecuadas en el camino de su vida. No es extraño pues que el dominio del latín y del griego todavía se considerase necesario incluso para

la formación de los ingenieros en el siglo XIX. No debe sorprender tampoco que el advenimiento de la civilización científico-tecnológica de la era industrial dejase al humanista en una situación de extrañamiento e irritación permanente como si hubiese sido expulsado del paraíso que esa misma sociedad le había prometido. Pero este concepto del humanista se debe a un malentendido histórico sobre las bases esenciales de nuestra cultura. No existen tales edades de oro. La historia nos ha configurado en una secuencia de transformaciones culturales que gozan de un igual derecho a la importancia interpretativa. Pues la cultura científico tecnológica no es menos demandante de interpretación de lo que es la cultura clásica de las humanidades. Ambas forman parte de lo que somos y seremos. ¿Qué es pues lo que interpretan los humanistas? No otra cosa que las necesidades y posibilidades humanas. Hacia el futuro interpretan lo que podría ser contra el trasfondo de lo que es. Hacia el pasado, interpretan lo que podría haber sido contra el trasfondo de lo que fue. En ambos casos proyectan lo necesario en lo posible. Y este ámbito u horizonte de posibilidades nada sabe de las distinciones entre ciencia y arte o entre ciencia y técnica o técnica y humanidades. Nada humano le es ajeno.

Si nos resulta aceptable esta aproximación, podemos volver ahora los ojos hacia el ingeniero como intérprete, tal como considera mi propuesta: ¿Qué es lo que interpreta el ingeniero? Desde mi punto de vista, el ingeniero es uno de los intérpretes, un intérprete privilegiado de hecho, de las necesidades y posibilidades de la *cultura material*.

“Cultura material” es un término que nació en los contextos de la antropología para referirse a los nichos y entornos técnicos de culturas del pasado humano, pero que, progresivamente, se ha ido convirtiendo en una disciplina de la antropología, la que estudia los nichos y entornos de artefactos en los que discurre la vida cotidiana contemporánea. Un entorno de artefactos es una red de objetos constituida por funciones que se relacionan unas con otras en un tejido de interdependencias que constituyen el marco que hace posible nuestra vida contemporánea. Los nichos de la cultura material están hechos de flujos de materia, energía e información que, como cualquier otro nicho ecológico, son explotados por los organismos que los habitan con mejor o peor eficiencia. La cultura material determina un marco de necesidades y un horizonte de posibilidades. Ser capaz de leer e interpretar este espacio es algo que exige conocimiento pero también imaginación y capacidad de proyectarse en lo que aún no existe si no es como posibilidad.

### ***La educación del ingeniero como educación en posibilidades***

Esta propuesta implica extender la idea de interpretación más allá del contexto lingüístico y textual en el que se han instalado las viejas humanidades, basadas en un

predominio de lo intelectual sobre lo material y de la mente sobre lo corporal. Pero la cultura material está formada por objetos, por artefactos que establecen entre sí y con los humanos relaciones actuales y potenciales que deben ser desentrañadas para crear de tal cultura un espacio y un horizonte de posibilidades. Un artefacto es un relato fosilizado en una estructura material con forma y funciones definidas, pero que, sin embargo, es el producto de derivas culturales en las que las transformaciones de la materia, forma y función se entrecruzan con transformaciones en el uso y la interpretación de dicho objeto. Es también una ventana potencial hacia el futuro. Los artefactos crean disponibilidades de función y uso. “Una silla es una invitación a sentarse”, explicaba el filósofo George Herbert Mead. Todo artefacto es una invitación, una obra abierta en la que está escrito un pasado de transformaciones en las trayectorias que ha seguido en la cultura material y en la que el futuro está aún por desenvolver. Nuestra relación cotidiana con los objetos se basa precisamente en esta apertura. Sin embargo, el ingeniero mantiene una relación más profunda con los artefactos, porque sus capacidades le permiten crear nuevos artefactos y establecer por ello nuevos usos. Su preparación técnica le permite establecer una nueva relación entre las cosas: “esto funcionará como....” Al realizar esta operación, un artefacto actual o potencial crea una nueva trayectoria en la cultura material. El ingeniero, en este sentido, escribe la historia de los objetos. Pensemos en James Watt diseñando el primer sistema de control con un volante móvil que abre y cierra el flujo de vapor. El principio físico que aplica, la conservación del momento de giro era ya bien conocido, pero su genio estuvo en pensar en un rombo articulado con dos extremos de gran masa: “esto puede funcionar como un sistema de control del flujo de vapor, y por tanto puede funcionar como un sistema de control de las revoluciones de la máquina”. En realidad no había creado nada que ningún molinero desconociese. Su genio, al inventar el primer automatismo de la historia, es el haber establecido una deriva funcional. La razón por la que Watt es uno de los grandes ingenieros de la historia es que fue capaz de ver la rica red de relaciones potenciales entre los artefactos con un alcance mayor que sus contemporáneos fabricantes de ingenios de vapor.

Algunos de los problemas que presenta la educación en la creatividad de los futuros ingenieros no están en ninguna barrera institucional, o en déficits en su formación teórica, sino en la metafísica implícita en nuestros modos de pensar la cultura material, que nos hace contemplarla desde nuestra tradición intelectualista como meros objetos instrumentales, y no como redes de relaciones que ofrecen nuevas posibilidades de reestructuración. Al establecer nuevas relaciones funcionales, de uso, de acoplamiento de formas, etc., el ingeniero no es diferente del artista, que es a su modo también un reestructurador de objetos. Tendemos a pensar en los artistas como personas más cercanas al humanismo, porque pensamos en ellos como creadores de sentido, sin reparar en que las recombinaciones de objetos y

relaciones que establece el creador de cultura material son también y sobre todo instauraciones de sentido.

Un objeto es algo que transforma las relaciones con otros objetos pero sobre todo transforma al futuro usuario. Un antropólogo que meditaba recientemente sobre esta relación de sentido que se establece en las redes de la cultura material se quejaba de la vieja tradición protestante de aborrecer a los instrumentos<sup>11</sup>. Recordaba a Thoreau, quien afirmaba que ninguna empresa humana que exija nuevos trajes merece la pena, solamente aquellas que exigen nuevas personas que los vistan la merecen. Pero se equivoca Thoreau, porque todos sabemos que la vestimenta no sólo es un instrumento, ni siquiera una expresión de identidad, sino un modo de establecer transformaciones en las personas, de crear diferencias, roles, trayectorias. Lo que se aplica al vestido se aplica también a los componentes de un motor de reacción. El velo del instrumentalismo que ha regido la metafísica moderna nos impide observar nuestros entornos materiales como nichos ricos en relaciones de significado que deben ser “leídas”, interpretadas y reescritas. Esa es la principal de las capacidades del ingeniero.

No debemos pues buscar fuera de la tradición ingenieril la solución a lo que antes he denominado déficits creados por los nuevos escenarios. Al contrario, deberíamos repensar cuál ha sido realmente el papel del ingeniero en la transformación de la cultura material para encontrar nuevos enfoques a la educación. No necesitará probablemente nuevos códigos, ni más formaciones técnicas que las estrictamente necesarias para su tarea, pero lo que sí necesitará es cambiar su mirada hacia las cosas. Dejar de verlas como instrumentos y comenzar a verlas como significados, como complejos de relaciones que transformarán en el futuro las posibilidades humanas. Ejercer esa forma nueva de humanismo que significó la conciencia técnica. Es en su autoconciencia como agente creador de funciones y tramas en la cultura material donde podemos encontrar la fuente de las nuevas capacidades que le exige el mundo contemporáneo.

---

<sup>11</sup> Keane, W. (2005) “Signs Are Not the Garb of Meaning. On the Social Analysis of Material Things”, en Miller, D. (ed.) (2005) *Materiality*. Durham: Duke University Press





# Capítulo 5

---

## Planteamiento del Ministerio de Educación Nacional





**E**ste capítulo recoge los aspectos presentados por el señor Viceministro de Educación Superior, doctor Javier Botero Álvarez, quien presentó en la Reunión Nacional, con base en los objetivos propuestos, una mirada general de la expectativa del gobierno central alrededor de la ingeniería, teniendo en cuenta las propuestas de desarrollo para el país.

El doctor Javier Botero es Ingeniero Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería, doctor en Física de University Baton Rouge de Louisiana, Estados Unidos, investigador en sistemas complejos, física atómica, condensación de gases cuánticos, profesor visitante en la Universidad de Ulm en Alemania y en la Universidad de Tennessee en Estados Unidos, director de Datos atómicos y moleculares en el Organismo Internacional de Energía Atómica. En la Escuela Colombiana de Ingeniería ha sido docente, vicerrector académico, director de Desarrollo Institucional y rector.



## Conferencia

### Acciones y cambios en las facultades de ingeniería

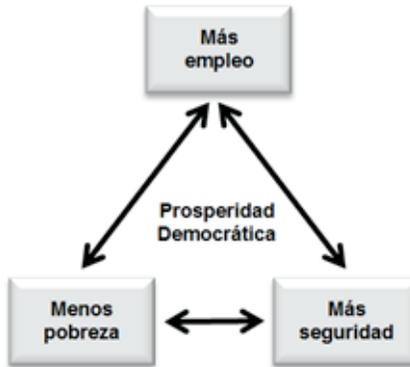
Javier Botero Álvarez

Me parece que el tema propuesto por ACOFI para esta Reunión Nacional (“Acciones y cambios en las facultades de ingeniería”) no podría ser más acertado en este momento. Como voy a tratar de exponer en mi presentación, los cuatro ejes temáticos se ajustan perfectamente a las necesidades y retos actuales del país.

Voy a desarrollar la presentación en tres partes. En primer lugar, cómo se ven, desde el gobierno nacional y dentro del plan nacional de desarrollo, la innovación y la ingeniería, como asuntos fundamentales para varios temas del plan. En segundo lugar, cuáles son los principales retos. Finalmente, algunas reflexiones respecto de la reforma de la educación superior que está en discusión en estos momentos.

#### *Los ejes principales del plan nacional de desarrollo*

El presidente del gobierno ha insistido mucho en focalizar el plan, apuntando a tres grandes retos: mayor empleo, menos pobreza y más seguridad, en lo que él ha llamado la prosperidad democrática.



Gráfica 1. Propuesta de prosperidad democrática del gobierno de Colombia

¿Cómo se consigue? Mediante tres grandes estrategias. En primer lugar, crecimiento y competitividad; en segundo, la igualdad de oportunidades; y en tercer lugar, la consolidación de la paz. Todo ello va enmarcado en cuatro líneas centrales: el buen gobierno en todos los niveles; la relevancia internacional, la sostenibilidad ambiental y la innovación, en las que la ingeniería y los ingenieros juegan un papel fundamental.



Gráfica 2. Estrategias para la prosperidad democrática

El plan sectorial de educación, se enmarca en dos ejes centrales: el crecimiento y la competitividad. Hay que formar colombianos para que aporten al crecimiento y a la competitividad del país; pero también, y de manera muy importante, la educación tiene una importancia preponderante en la igualdad de oportunidades, en la equidad.

La meta o misión que nos hemos propuesto en el tema de la educación, es lograr una educación de calidad. Ese es el eje central: conseguir una educación de calidad. En varias reuniones con diferentes actores, docentes, secretarios de educación, rectores universitarios, con los órganos asesores del gobierno en el tema de educación, llegamos a una definición de calidad. Entendemos por educación de calidad aquella que forma mejores seres humanos. Este es el punto principal: formar ciudadanos con valores éticos. Creo que muchos de ustedes que, además de ejercer la docencia participan en el ejercicio profesional, saben, son conscientes, de que uno de los aspectos fundamentales que demanda el sector empresarial, es una formación en valores. Formar ciudadanos competentes, respetuosos de lo público, que ejerzan los derechos humanos, que cumplan con sus deberes y convivan en paz. Además, necesitamos una educación que genere oportunidades legítimas de progreso y prosperidad para todos los ciudadanos y para el país en su conjunto. Precisamos una educación competitiva, pertinente, que contribuya a cerrar las brechas de inequidad y en la que participe toda la sociedad. En esa propuesta recogemos los elementos centrales de lo que está buscando el Ministerio de Educación para lograr una educación de calidad.

### ***1. Ingeniería e innovación***

Además de ser uno de los cuatro ejes centrales que enmarcan todo el plan de desarrollo, es una de las llamadas locomotoras para el desarrollo del país. La política

de innovación está basada en tres pilares. El primero es la ciencia y la tecnología. ¿Cuáles son los objetivos estratégicos en el pilar de ciencia y tecnología? En primer lugar establecer una infraestructura científica y tecnológica líder en Latinoamérica, para satisfacer necesidades productivas y sociales. Hay que invertir en infraestructura, en laboratorios, en equipos. Ustedes se preguntarán de dónde va a salir la plata. Creo que el acto legislativo que se firmó el semestre pasado, que reforma el sistema nacional de regalías, es la fuente para lograr todo esto, porque hoy en Colombia es de orden constitucional que el 10% de las regalías vaya al fondo nacional de ciencia, tecnología e innovación. Como veremos más adelante, ese 10% es para el año 2012 y supone cerca de 940 mil millones. En el 2013, superará el billón de pesos, unos 500 millones de dólares anuales, dedicados a proyectos de ciencia, tecnología e innovación.



Con base en la Consultoría Maggi y Eltran (2011)

Gráfica 3. Estrategia nacional de innovación

Respecto a la ejecución y distribución de estos recursos hago un par de apuntes. En primer lugar, de acuerdo con el acto legislativo, el órgano máximo de gestión y decisión está formado por doce personas, de las que seis provienen del sector académico: seis rectores con sus delegados (cuatro de universidades públicas y dos de universidades privadas). Es decir, el sector académico, y así lo ha señalado muy claramente el señor presidente, juega un papel protagonista en la selección de proyectos y en la distribución de recursos. En segundo lugar, los proyectos deben tener un impacto regional, deben estar formulados desde las regiones, tener el aval, digámoslo así, de la región. Deben ser presentados, ojala, en forma conjunta con otras instituciones (ahí hay un reto enorme para las facultades de ingeniería).

El segundo objetivo estratégico es proteger la creación intelectual para la generación de conocimiento de vanguardia. Colombia ha venido avanzando en este aspecto; pero hay que continuar el avance en la financiación de una investigación y desarrollo de talla mundial, para solucionar problemas específicos.

El segundo pilar es el capital humano, la formación de las personas. De nuevo, ustedes, como directivos de facultades e instituciones de educación superior, son protagonistas. El objetivo es formar capital humano altamente calificado para la transformación productiva. Hay que mirar las ciencias básicas; pero hay que mirar mucho más las ciencias aplicadas y la misma ingeniería, para educar con calidad de talla mundial a los profesionales de las regiones colombianas. En la calidad hay unas brechas enormes, como lo muestran los resultados tanto en la prueba Saber Pro como en todas las otras pruebas que realiza el gobierno a través del ICFES, así como la acreditación de programas y la acreditación de instituciones. Se trata de formar a todos los jóvenes en habilidades innovadoras, desarrollando mucho más esa capacidad que con frecuencia tiene nuestros niños y que después, ya como jóvenes y adultos, hemos conseguido limitar.

El tercer pilar es la innovación para la competitividad, que tiene tres objetivos estratégicos. El primer objetivo es incentivar la innovación empresarial, no solamente la innovación de los individuos. Se trata de que las empresas tengan una actitud innovadora, que haya mayor inversión de las mismas empresas en innovación y desarrollo. Además nos proponemos crear un ecosistema para el emprendimiento innovador. Finalmente buscamos fomentar la innovación social, concepto bien interesante, que ha venido desarrollando uno de los altos consejeros de presidencia. De acuerdo con este último objetivo, toda la gestión que hace el gobierno, tanto nacional como local, y lo que hacen todas las organizaciones sociales, podría tener más impacto. Por ejemplo, se podrían disminuir los niveles de pobreza mediante una innovación social. Para lograr todos estos objetivos estratégicos se requieren unas reformas institucionales. Parte de ellas ya se han hecho, mediante la creación del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. Otra parte se viene realizando a través del proyecto de la ley que deberá cursar para la reglamentación del acto legislativo, y del papel que van a jugar los diferentes actores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación.

¿Qué puede aportar la ingeniería en este cuadro? Tras revisar muchas posibles definiciones de ingeniería, lo que ve uno es que la ingeniería es innovación casi por su propia naturaleza. La ingeniería toma una serie de conocimientos, técnicas científicas y de gestión, y las aplica a la invención, innovación, perfeccionamiento y utilización de técnicas, metodologías y procesos, orientados precisamente a la solución de problemas que actúan directamente en los seres humanos, haciendo uso del ingenio y la creatividad. Es decir, la ingeniería, en buena parte, como su nombre lo indica, proviene de ingenio y creatividad: la ingeniería es innovación. Ahora bien, como todos sabemos, si uno quiere que haya más innovación, si quiere formar para la innovación, lo primero que hay que hacer es innovar en la educación y es quizás lo que menos hacemos. Esperamos unos ingenieros creativos, innovadores, bien formados, que puedan responder a estos cambios tan rápidos que vienen de la

tecnología, del conocimiento, etc. Para que esto sea posible tenemos que innovar mucho más en la misma formación. No podemos formar a los profesionales que hoy se requieren con las mismas metodologías con las que se viene trabajando en las facultades de ingeniería desde hace 50, 100 o 150 años.

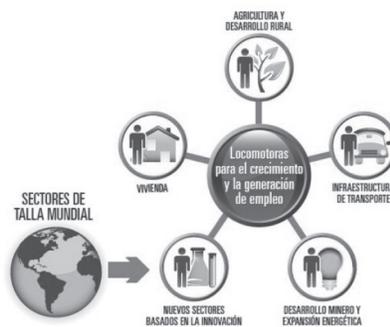
## 2. Retos de la ingeniería

Les invito a que miremos cuáles son los retos más importantes de la ingeniería y cómo estamos respondiendo a esos retos desde las facultades de ingeniería. Hay varios documentos que plantean cuáles pueden ser los grandes retos de la ingeniería en el mundo. Un documento de la *Corporación RAND-Researching and Development*, plantea 12 retos, de los que hemos seleccionado seis porque creemos que son muy cercanos a las condiciones colombianas.

Agroindustria	Relacionado con todo el sector alimentario en el que Colombia podría ser una potencia industrial. Creo que la utilización agrícola de la tierra no supera el 10%. Además el valor agregado a la producción agrícola en el procesamiento es muy limitada
Infraestructura vial y portuaria	Colombia es económicamente débil en cuanto a infraestructura vial y portuaria
Minería y energía	En este aspecto, Colombia tiene un potencial enorme, que, hasta el momento, no ha sabido aprovechar.
Sostenibilidad ambiental	Mucho de lo poco que hacemos lo hacemos muy mal, con unos impactos ambientales tremendos, con una muy baja redistribución e impacto social de la riqueza. En zonas del Caribe, en el Cesar y en el sur del Magdalena, coexisten zonas carboníferas con grandes riquezas y grandes pobreza de la población
Tecnologías de información y comunicación	El tema de las nuevas tecnologías, aunque ya tiene diez o veinte años, en Colombia supone un gran reto y una gran oportunidad
Salud	Para la ingeniería, con temas como la química farmacéutica, la ingeniería biomédica, de materiales, etc., es un gran reto.

Tabla 1. Algunos retos de la ingeniería en Colombia

Estos seis retos coinciden con lo que el gobierno nacional ha llamado las cinco locomotoras para el crecimiento y la generación de empleo.



Gráfica 4. Locomotoras del gobierno nacional de Colombia para el crecimiento

Agricultura y desarrollo rural	El tema agropecuario está relacionado con ese gran reto de la ingeniería que es la agroindustria y la producción alimentaria.
Infraestructura de transporte	La infraestructura es una gran necesidad del país. No es necesario decir el importantísimo papel que juegan las facultades de ingeniería en el tema de la infraestructura del transporte. No nos referimos únicamente a los aspectos técnicos, sino a los aspectos éticos que en este tema son críticos y que se convierten en retos para una educación de calidad.
Desarrollo minero y expansión energética	Coincide también con uno de los grandes retos de la ingeniería. Debe ser perfectamente posible explotar las riquezas naturales que tiene el país, manteniendo el ambiente y la sostenibilidad: ese es el reto de la ingeniería.
Nuevos sectores basados en la innovación	Colombia tiene grandes oportunidades, siempre que nos preparemos para ello. Importante reto para las facultades de ingeniería es preparar a los futuros ingenieros para innovar y aprovechar la innovación.
Vivienda	En este aspecto las necesidades del país son enormes. La ingeniería juega un papel central en la solución de estas necesidades.

Tabla 2. Locomotoras del gobierno de Colombia para el crecimiento

Estos son los retos que tiene la ingeniería colombiana, que, como vemos, se alinean casi perfectamente con las cinco locomotoras para el crecimiento y con los llamados sectores de talla mundial.

Miremos ahora cómo están respondiendo a estos retos las facultades de ingeniería del país. Para ello hemos agrupado la oferta de programas y el número de egresados, de acuerdo con estos seis sectores: agroindustria, infraestructura vial y portuaria, minería y energía, tecnologías de la información y las comunicaciones, sostenibilidad ambiental y salud.

Los datos se han obtenido del Observatorio Laboral para la Educación (OLE), que es un sistema de información que hace seguimiento individual a cada uno de los 1.900.000 graduados de la educación superior desde el año 2001. Esto se consigue cruzando las bases de datos del sistema de seguridad social, con otros sistemas como los del Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Los análisis se pueden hacer por carrera, por institución, por región, y permiten conocer la respuesta que da el sector productivo a los profesionales que se forman en el país, a través de la empleabilidad de los graduados.

- **Agroindustria**

<b>500 Programas</b>
- 33 Técnicos profesionales
- 170 Tecnológicos
- 217 Universitarios
- 54 Especializaciones
- 23 Maestrías
- 3 Doctorados
<b>14.312 graduados</b> (5,7%)

En esta área el país ofrece 500 programas, teniendo en cuenta los programas técnicos profesionales, tecnológicos, universitarios y posgrados. En el año 2010 hubo 14.312 graduados de estos 500 programas, lo que supone un promedio de 30 graduados por programa. El número de graduados representa el 5,7% de los 249.000 graduados en educación superior, en el año 2010, en Colombia, que debe responder a esta locomotora, a este gran reto de la ingeniería para el país.

- Infraestructura vial y portuaria



En el área de infraestructura vial y portuaria hay 262 programas. En este tema hay menor dispersión que en el anterior. En ingeniería civil hubo cerca de 11.000 graduados en el año de 2010. El número de graduados en el año 2010 en este sector corresponde al 5,5% del total de los graduados en educación superior.

- Minería y energía



En los programas correspondientes a minas y energía hay 15.599 graduados. Muchos de ellos son de ingeniería mecánica con poco más de 6.000 graduados, porque hay que tener en cuenta que no todos los graduados de esta profesión se dedican a este sector; otros son de ingeniería química, con unos 4.500 graduados; otros provienen de ingeniería de petróleos y otras carreras como ingeniería física. El número de graduados en esta área representa el 6,2% del total de graduados en educación superior.

- Tecnologías de información y la comunicación



En esta área es donde hay más ingenieros. Sobre un total de 2.014 programas, 212 son técnicos, 570 son tecnológicos y 1.119 son programas profesionales universitarios. En esta área se incluye la ingeniería de sistemas, pero también la ingeniería electrónica que se disparó en número de programas al principio de los años 2000. En esta área se encuentra el 26,2% de los graduados del país. Es un área que cuenta con muy buena demanda por parte del sector productivo.

- Sostenibilidad ambiental



En esta área no resulta sencillo hacer la división entre los diversos programas. Está la ingeniería ambiental; pero muchos ingenieros civiles, por ejemplo, trabajan en el área de la sostenibilidad ambiental. Se puede afirmar que poco más del 3% del total de graduados, o sea 8.511, está en el área de sostenibilidad ambiental.

- Salud



El área no se refiere a profesionales de la salud, sino a las áreas técnicas o tecnológicas del área de la salud. Además, en esta área hay que tener en cuenta la presencia de la mayor parte de los ingenieros químicos que realizan su ejercicio profesional en el sector de los laboratorios químicos. Hay 5.701 graduados. Si restamos los ingenieros químicos, quedarían únicamente 1.300 entre todos los profesionales que tienen que ver con el sector técnico o tecnológico de la salud.

El porcentaje total de los graduados que están más directamente relacionados con los sectores locomotora o con los grandes retos, es aproximadamente del 50%. En una primera aproximación, de acuerdo con los porcentajes mencionados, se podría afirmar que el sector de la educación superior está respondiendo a las necesidades del país. Carreras transversales como administración, ciencias sociales, humanidades, derecho, conforman el 50% restante. Se podría decir que muchos de esos programas también pueden estar relacionados con las locomotoras para el desarrollo. Estamos haciendo estudios detallados con los diferentes sectores, como por ejemplo el ministerio de agricultura y desarrollo rural, con quienes estamos adelantando un inventario de profesionales y un estudio de la demanda profesional del sector, para analizar la oferta existente. Lo estamos empezando con el sector minero energético, en el cual el país tiene buenas expectativas y de donde, además, provendrían esos recursos tan importantes, mediante las regalías para todo el sector: para la innovación, la investigación, la ciencia y la tecnología. También en el sector salud, que es un sector muy grande, muy complejo, con muchos niveles de formación. Esperamos tener, en pocos años, una metodología, un modelo

de prospección del capital humano en el país, con la capacidad de prospectiva. Pretendemos que, dependiendo de los diferentes escenarios para el desarrollo, puedan los académicos, los directivos de las instituciones y facultades del país, ver hacia dónde pueden o deben orientar la formación de los profesionales, y tener un marco claro de cualificaciones en el que se describan de una manera más bien general, las competencias requeridas en cada uno de los niveles del desempeño laboral, en cada uno de los sectores. Es un proyecto a muy largo plazo en el que participamos cuatro ministerios y el Departamento Nacional de Planeación.

Otro aspecto importante para analizar los sectores mencionados es el salario base cotización.

Sector	Salario	Vinculación al sector formal
Infraestructura vial y portuaria	\$ 1.458.195	86,8%
Minería y energía	\$ 1.748.424	80,9%
Sostenibilidad ambiental	\$ 1.422.528	76,9%
Salud	\$ 1.527.150	76,9%
Agroindustria	\$ 1.362.959	74,8%
TIC	\$ 1.582.428	81,2%
Promedio base Ingeniería	\$ 1,632,741	81,3%
Promedio nacional	\$ 1.783.049	80,0%

Tabla 3. Vinculación laboral de los recién graduados de la Educación Superior.  
Observatorio Laboral para la Educación

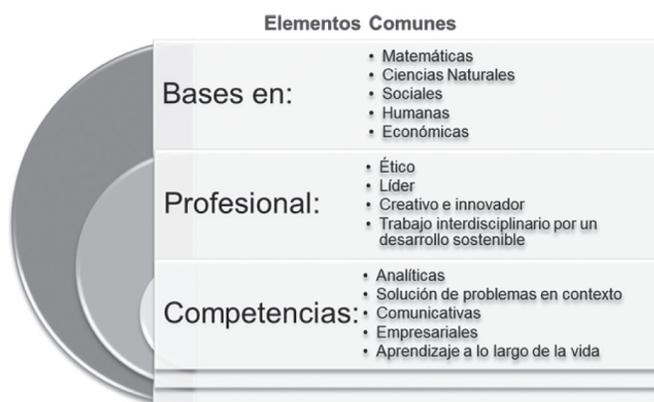
En la tabla se observan el grado de vinculación al sector formal y el porcentaje de graduados de la educación superior que cotiza a la seguridad social. El promedio general para ingeniería es del 81,3%: está por encima del promedio nacional que es del 80%. El salario básico de cotización de ingreso, es el salario de ingreso apenas se gradúan. El periodo de análisis es de septiembre a noviembre del 2010, o sea para los graduados en el 2009. El 81,3% de esos graduados estaba cotizando y su salario básico de cotización era de \$1'632.000.

Los más altos salarios de ingreso lo tienen los ingenieros de petróleo. Un ingeniero de petróleo graduado en el 2009 tenía un salario de enganche de cerca de \$2'800.000 en el 2010, que está más de \$1'000.000 por encima del promedio nacional y un poco por encima del promedio de ingeniería. El segundo salario más alto, el de los geólogos, corresponde también al sector del petróleo.

A los porcentajes de vinculación formal hay que sumarles el porcentaje de los que han seguido estudiando que, en promedio, representa más o menos un 4%. No hemos logrado hacer el cruce con los que salen del país que, suponemos, aportaría otro tanto.

Si comparamos esta información con el nivel de formalidad a nivel nacional, vemos que lo duplica. El nivel de formalidad nacional a duras penas alcanza al 40%. El 40% de los trabajadores colombianos, o más bien de la población en edad de trabajar, está en el sistema de seguridad social, cotiza al sistema de seguridad social. Otro referente es que un bachiller graduado en el 2009 y que en el 2010 no hubiera tenido oportunidad de acceder a la educación superior, y si estaba en el mercado laboral, tenía ingreso de \$380.000. De estos datos se deduce una conclusión muy importante para el país: ¡hay que formarse!

### **La formación del ingeniero**



Gráfica 5. Elementos comunes en la formación del ingeniero

El ingeniero, en primer lugar, requiere unas excelentes bases en matemáticas, ciencias naturales, ciencias sociales y humanas, y en ciencias económicas. El trabajo que ha venido realizando ACOFI, mediante la evaluación intermedia<sup>1</sup>, creo que da muchas luces a las instituciones para orientar la formación en el área básica. Un profesional debe formarse con unos valores éticos muy claros. Este asunto es muy importante. Por eso insistimos en ello y lo ponemos en primer lugar. Este es uno de los grandes retos de las facultades de ingeniería, en particular, y de todas instituciones de educación superior del país. En el Ministerio con frecuencia nos dicen que el problema no está en la reforma de la ley, sino en la formación ética

<sup>1</sup> Examen de Ciencias Básicas, EXIM, prueba organizada y aplicada por ACOFI desde 2007

de los profesionales, porque en más de un caso, son los graduados de las mejores facultades del país los que están desfalcando al país.

Los profesionales deben ser personas con unas buenas capacidades de liderazgo, creativos, innovadores y capaces de realizar un trabajo interdisciplinario. Deben tener siempre en mente el desarrollo sostenible, deben poseer unas competencias genéricas, asociadas con las competencias analíticas, las competencias comunicativas, empresariales, la solución de problemas en contexto y el aprendizaje a lo largo de la vida.

En este aspecto recojo la propuesta de ACOFI, en el sentido de fomentar una mayor articulación con los consejos profesionales de ingeniería. Se debe propiciar un trabajo más articulado entre las instituciones de educación superior, los consejos profesionales, las asociaciones que ejercen ese papel y el gobierno nacional. Entre los países que hemos analizado, Colombia es uno de los países que más tiene leyes para el ejercicio de la profesión. Cada ley tiene su consejo y tiene su burocracia que poco se articula y participa con el sector de la formación. Creemos que es un trabajo que va más allá de la ley de educación superior y que, además, requiere un trabajo político y de coordinación con diferentes agentes, los cuales tienen muchos intereses, de muy diferentes tipos. Consideramos que ahí existe un aporte grande a la solución del problema. Es importante que, desde el ejercicio profesional, se aporte mucho más a la formación: es el aspecto del aprendizaje a lo largo de la vida.

En el sector salud se trató de hacer una ley con la que se intentó exigir una recertificación a los programas, actualización y capacitación permanentes. Lamentablemente fue demandado y declarado inexecutable por la Corte Constitucional. Sin embargo, creo que el gobierno tiene sus ojos puestos en este asunto y probablemente lo afrontaremos después de los avances en ley de educación superior.

Otro aspecto asociado son las competencias que deben desarrollarse desde la educación básica y media. Las competencias comunicativas; las competencias matemáticas, fundamentales para la formación de ingenieros; las competencias científicas también fundamentales para toda la ingeniería y la innovación; y las competencias ciudadanas que, teniendo en cuenta las condiciones actuales y la historia de este país, resultan fundamentales. Precisamente estamos culminando la negociación de un crédito con una banca multilateral que va a tener dos componentes: el de competencias ciudadanas en todo el sistema educativo y la innovación de las alianzas para formación técnica y tecnológica. Consideramos que éste es un aspecto fundamental en la formación de cualquier profesional colombiano, y que empieza desde la primera infancia.

Las competencias genéricas para la educación superior, tal como se mencionó, van a evaluarse en noviembre. La propuesta está aún en etapa de ajustes, evaluación e implementación, por ser muy reciente. Se trata de las pruebas Saber Pro que se realizarán en noviembre de este año. Las pruebas están diseñadas con unos módulos, que comparten cierto número de programas, no todos de la misma área y que, en el mediano y largo plazo, van a dar la posibilidad y la trazabilidad para una evaluación estadística mucho más amplia de lo que nos daban los antiguos ECAES que se realizaban a las 54 áreas del conocimiento previstas en el Ministerio.

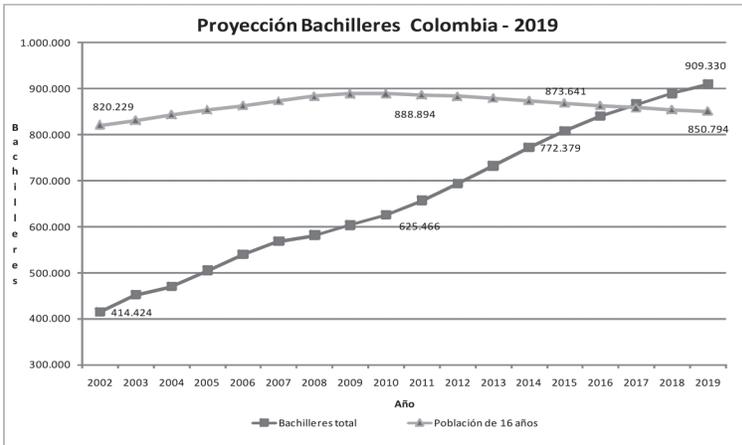
Con respecto a las competencias específicas en ingeniería, todo empezó con el decreto 2566 del 2003, las resoluciones específicas de ese mismo año y del año siguiente, y la ley 1188 de 2008, por la cual se regula el registro calificado de los programas de educación superior y en el que el Ministerio con los docentes y directivos fijarán las características específicas de calidad de los programas de educación superior.

Colombia ha empezado a participar en el *Assessment of Higher Education Learning Outcomes, AHELO*, por sus siglas en inglés, que es un proyecto de una prueba profesional. Probablemente ustedes conocen la prueba PISA para los niños de 15 años, diseñada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, *OECD*. A partir del año 2011, Colombia está trabajando en dos de las tres pruebas propuestas: una prueba de competencias genéricas y una prueba para ingeniería civil; la otra prueba es de economía y todavía está en construcción por parte de la *OECD*. Este es un proyecto muy interesante. Esperamos que, para finales de año, haya ya un piloto de esta prueba y sea una evaluación de los resultados, de las competencias o desempeño de los estudiantes de último año. Yo creo que esto va a contribuir con lo que ya viene realizándose desde el ICFES en Saber Pro y con lo que ha venido realizando ACOFI con las pruebas intermedias, y nos va a dar unos referentes internacionales. En el Ministerio siempre hemos pensado que está muy bien evaluarse y mirarse uno cómo está; pero esa evaluación queda incompleta si no se tienen los referentes tanto a nivel nacional como, y muy especialmente, a nivel internacional.

### **3. Proyecto de reforma de la educación superior**

Desde el 10 de marzo de 2011, el gobierno nacional puso en discusión en todo el país una propuesta de reforma, que tiene mucho que ver con lo que mencioné al principio.

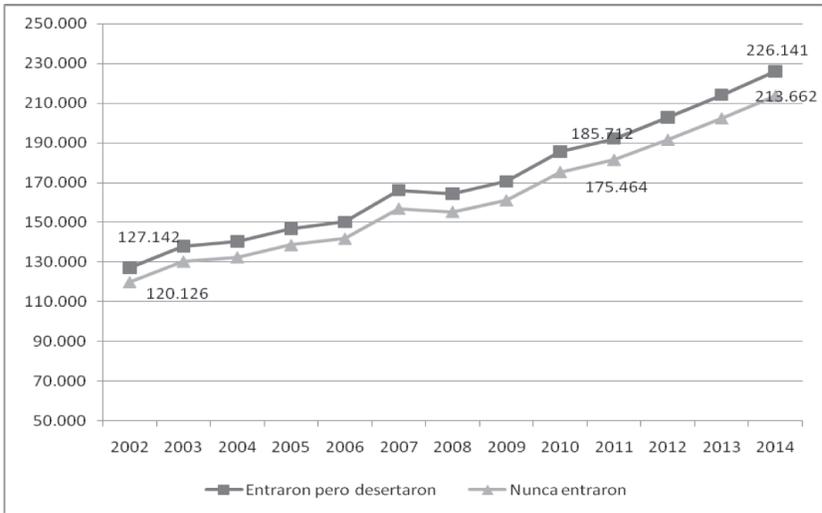
En Colombia se gradúan cada vez más bachilleres. En la gráfica número 6, la línea superior corresponde a los jóvenes entre 16 y 17 años y la inferior al número de bachilleres.



Gráfica 6. Proyección de la población de bachilleres en Colombia

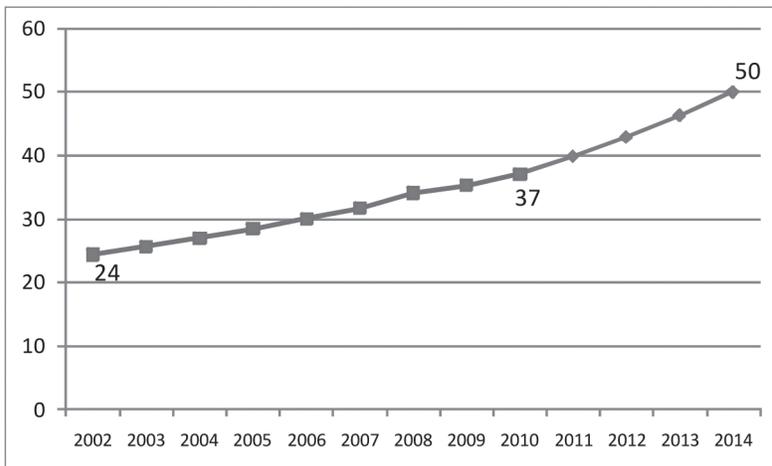
La inmensa brecha que se aprecia se viene cerrando. Se prevé que hacia el 2018 las dos curvas se van a unir. Después habrá unos pocos más bachilleres por la “extra edad”, porque hay también bachilleres de 18 y más años. La meta para el año 2014 es que la cobertura en educación media, es decir en los grados 10 y 11, llegue al 85%. Actualmente está llegando al 75%. El incremento de cobertura de los últimos años, más el aumento planteando para los años que todavía tiene este gobierno, van a ejercer una presión grande sobre la educación superior del país. Todos estos bachilleres van a querer, y además tienen todo el derecho a hacerlo, acceder a programas de educación superior. Este es un reto enorme para todo el sistema de educación superior en Colombia.

La gráfica número 7 muestra, en la línea inferior, los jóvenes que se graduaron como bachilleres y no ingresaron en educación superior. Si a esos números les sumamos los correspondientes a los que ingresaron pero nunca se graduaron, representados en la línea superior, el total nos da 3.226.213 bachilleres que no ingresaron a la educación superior o ingresaron y desertaron. Estos jóvenes, tienen hoy entre 17 y 27 años, y ni se han graduado, ni están estudiando un programa de educación superior. Es una cifra descomunal. Cuando mostramos estos datos al alto equipo de gobierno encontraron razones que explican el desempleo entre los 17 y los 27 años, que supera el 21%, duplicando el porcentaje general de desempleo en el país. Además, algunos de estos jóvenes, lamentablemente, pueden estar vinculándose con los grupos al margen de la ley. Hay que dar oportunidades a estos más de tres millones de jóvenes. Consideramos nosotros que es una responsabilidad prioritaria del país.



Gráfica 7. Población de bachilleres que no ingresa a la educación superior y población que ingresa pero deserta (2000-2014)

A continuación quiero hacer algunos comentarios sobre la cobertura. En el año 2002, teníamos un 24% de cobertura; en el 2012 estaremos en el 37%. El gobierno se ha planteado la meta de alcanzar el 50% en el 2014. Esto quiere decir que algo más de 640.000 jóvenes deben estar estudiando algún programa de educación superior. Ha habido avances importantes en cobertura, aunque la población estudiantil todavía sigue muy centrada en los programas tradicionales de nivel profesional e universitario.



Gráfica 8. Tasa de cobertura en educación superior (2002 - 2014)

En el año 2011, tenemos una cobertura del 39,6%, lo que supone un avance importante. Pero como decía al principio, es un avance totalmente desequilibrado, con gran inequidad y con grandes brechas regionales. La gráfica número 9 muestra que, por encima del promedio nacional, se sitúan Bogotá, Antioquia, Santander, Atlántico. Casi la mitad del país tiene una cobertura menor al 15%. Son unos niveles de cobertura realmente muy heterogéneos. Si se reúnen cinco entidades territoriales, Bogotá, Antioquia, Valle, Santander y Atlántico, tienen el 65% de los estudiantes del país; pero no tienen el 65% de la población, sino apenas el 48%. Hay una importante desproporción, hay una migración muy grande hacía esos centros urbanos, lo que al final trae muchas dificultades en aspectos socioeconómicos para el país. Esta es una razón más para pensar que el Estado tiene que ofrecer muchas más oportunidades a los colombianos para que se formen en educación superior.

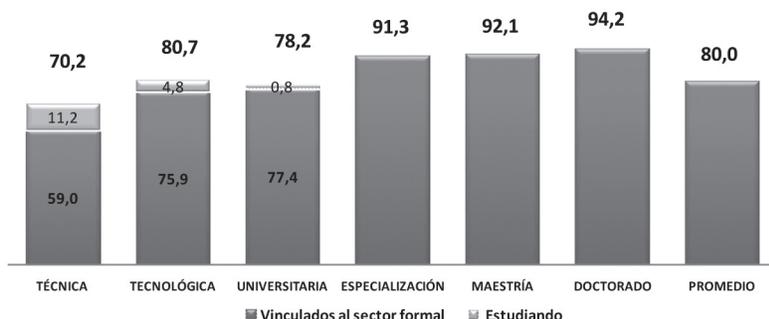


Gráfica 9. Tasa de cobertura departamental por rangos (2010)

También hay avances en calidad. En una reunión internacional sobre calidad, nos decían que Colombia fue uno de los primeros países, no sólo en Latinoamérica sino en el mundo, que implementó un sistema de acreditación de alta calidad. Aunque ha habido avances importantes, actualmente sólo el 13% de los programas tiene acreditación de alta calidad. Ese dato supone un poco menos de 700 programas. En cuanto a instituciones, sólo 22 de las 286 instituciones tienen acreditación de alta calidad, lo que representa el 7,5% de las instituciones.

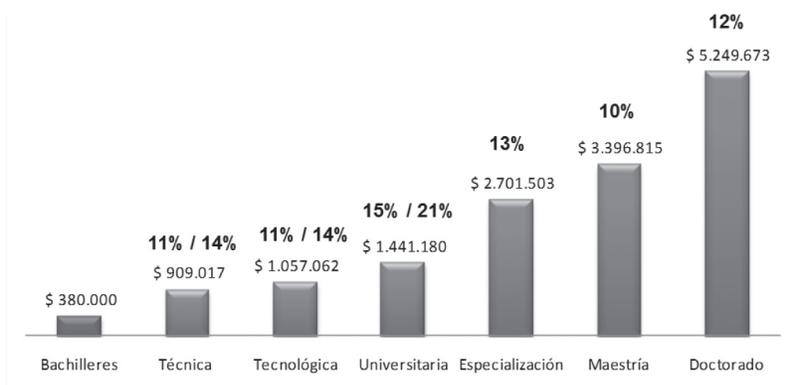
La gráfica número 10 muestra la tasa de formalidad entre los graduados en 2009, de manera más precisa, muestra la cotización al sistema de seguridad social. Vemos que aparecen el 70% de los técnicos profesionales, el 80% de los tecnólogos, el

78% de los universitarios, el 91% de los especialistas, el 92% de los magísteres y el 94% de los doctores.



Gráfica 10. Porcentaje de graduados de 2009 estudiando en educación superior y trabajando en el sector formal

Respecto de los salarios básicos de cotización, hay un incremento significativo asociado con el nivel de formación. No parece socialmente admisible que una persona bachiller esté teniendo un ingreso de \$380.000. Con un año más de formación, si el joven está en un programa de articulación de la media con la superior en un programa técnico profesional, puede más que duplicar ese ingreso.



Gráfica 11. Cuota de amortización de crédito educativo como porcentaje del salario real de los recién graduados (precios constantes 2010)

Los datos que presenta la gráfica número 11 son muy interesantes. Como se puede ver, en la mayoría de los casos, está entre el 11% y el 15%, a excepción de la formación universitaria, que se toma como promedio en los 5 años; aunque si son 4 años es un poco menor. De todas maneras está entre el 15% y el 20%.

Para poder cumplir con los objetivos de la reforma:

- Primero, debemos generar condiciones para que toda la oferta de educación superior sea de calidad y lo hacemos a través del fortalecimiento de un sistema de calidad con los elementos del aseguramiento de la calidad, la acreditación y el fomento. El tema del fomento es bien importante. A diferencia de la ley 30 de 1993, se proponen unos artículos en los que se desarrolla el fomento, haciendo explícito que el gobierno puede hacer aportes directos, a través de convocatorias claras y transparentes, a las instituciones tanto públicas como privadas, para el mejoramiento de la calidad, como estímulo a la acreditación de alta calidad. La evaluación es un elemento importante del sistema de calidad, cuyos resultados van a impactar los elementos de los otros componentes del sistema, tanto el registro calificado como la acreditación.
- En segundo lugar, hay que conseguir que se puedan graduar más colombianos. Otra diferencia con la ley 30 de 1993 es que la equidad se pone en primer lugar. Es decir, debe existir la posibilidad de que todo colombiano que tenga los méritos, que quiera estudiar y que cumpla unas condiciones, porque la educación superior requiere de unas condiciones, pueda estudiar un programa de educación superior. No se trata de que ingrese, sino de que se gradúe. Porque el problema de la deserción es que, de cada dos estudiantes que ingresan, sólo uno se gradúa. Vamos a intentar reducir la deserción a partir de medidas que tienen que ver con las instituciones: más recursos para las universidades públicas, más oportunidades de crédito educativo para los estudiantes que quieran ir a las universidades privadas, mayor flexibilización en la oferta y fortalecer la participación regional que se hace especialmente a través de estímulos en la distribución de los aportes adicionales al sistema público.
- El tercer gran objetivo, en el que creo que no ha habido ninguna controversia, propone llevar la norma, el marco legal de la educación superior, a este segundo decenio del siglo XXI. En el año 1992, a duras penas se hablaba de internacionalización, la constitución política era muy reciente y en ese momento se empezaban a mencionar temas como la equidad, la inclusión, etc.
- Por último, hay que fortalecer el buen gobierno y la transparencia del sector. La propuesta de reforma plantea unos aspectos importantes en cuanto a inhabilidades e incompatibilidades en los órganos de dirección de las instituciones, todo muy centrado en la protección del objetivo principal de la educación que es la formación de los estudiantes. Hay que tener en cuenta que, en buena parte, el futuro de un país está en su educación. Las familias y los jóvenes ponen su confianza en las instituciones de educación superior, en uno de los

procesos más importantes en su vida, que es el de su formación. Además, se ponen recursos muy importantes. El sector de la educación superior mueve en Colombia poco más de 7,8 billones de pesos. Si se suman otros recursos relacionados con el SENA, etc., se superan los 10 billones de pesos al año. Por lo tanto, consideramos que es absolutamente necesario, responsable y sensato, que haya una rendición de cuentas, una transparencia total en el uso de esos recursos, incluyendo, el recurso humano.

En el proceso planteamos unos principios y recogimos muchos de los aportes del diálogo nacional que se generó alrededor de la propuesta de la reforma. Un diálogo en el que participaron más de 150.000 personas a través de foros virtuales, foros regionales y reuniones más específicas. Entre los principios que mencioné, el de equidad, el de inclusión, el de plantear de manera explícita en proyecto de ley la educación como un derecho y como un bien público y organizar un sistema de educación superior mucho más articulado, por ejemplo, con el sistema nacional de ciencia y tecnología. Incluimos también el sistema nacional de regalías que, como mencioné, es una fuente muy importante de recursos para el sector de la educación.

Para terminar, una palabra acerca de los recursos para la reforma. Se plantea que, en los próximos 3 años, habría más o menos 586.000 millones de pesos adicionales. A través del crédito educativo ingresarían 900.000 millones. Es una cifra muy importante. De ellos, 471.000 millones son para subsidios de sostenimiento y líneas especiales; con lo cual, a través de subsidios a los estudiantes de SISBEN de los niveles 1 y 2, se espera lograr reducir, en parte, la deserción.

En esas cifras del billón y medio no se incluye lo relativo a regalías. En regalías hay dos aspectos importantes en el acto legislativo que reformó el sistema nacional de regalías. El primero y más conocido, es que el 10% de las regalías es para ciencia, tecnología e innovación. El segundo aspecto, que supuso un esfuerzo muy grande del Ministerio en el Congreso de la República, es incluir la educación como uno de los sectores prioritarios en la inversión de los recursos de las regalías a nivel territorial. En el acto legislativo quedó incluido que puede haber inversión en infraestructura física por parte de las entidades territoriales como recursos de regalías. El proceso ha enriquecido enormemente el debate. Lamentablemente no todas las discusiones se han dado con toda la información o el conocimiento de lo que se plantea. Creo que ha habido, por parte del gobierno, una receptividad muy importante a los aportes del sector.

Por supuesto, todos ustedes son conscientes de que nunca habrá suficientes recursos para la educación. La educación superior ha crecido en todo el mundo. También ha crecido enormemente en costo. Algunos estados han venido incrementando

sus aportes; otros han tenido que disminuirlos y diversificar las fuentes de ingreso. Hasta ahora, el estado colombiano está planteando una reforma que apunta a una mejor educación, con un compromiso muy importante del gobierno central.





# Anexo

---

## Asistentes a los Foros Académicos y a la Reunión Nacional ACOFI 2011





Agradecemos muy sinceramente a todos los participantes su contribución a este trabajo, fruto de la labor de la comunidad académica de ingeniería.

### Primer foro. Bogotá D.C

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Ignacio F. Acero Niño	Universidad Sergio Arboleda	Bogotá
Edgar Javier Barajas Herrera	Universidad de la Salle	Bogotá
Liliana Janeth Barrera Rodríguez	Escuela Colombiana de Carreras Industriales	Bogotá
Gloria Piedad Barreto Bonilla	Universidad de Ibagué	Ibagué
Myriam Jeannette Bermúdez Rojas	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Jesús Heriberto Burbano	Escuela Militar de Cadetes José María Córdova	Bogotá
Elizabeth Cabra Rojas	Universidad de La Sabana	Chía
Martha Cecilia Cáceres Neira	Universidad Antonio Nariño	Bogotá
Sergio Calderón Díaz	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Manuel Ángel Camacho Oliveros	Universidad Nacional Abierta y a Distancia	Bogotá
Rafael Arturo Camerano Fuentes	Fundación Universidad Autónoma de Colombia	Bogotá
Víctor Cantillo Maza	Universidad del Norte	Bogotá
Alexander Cárdenas Ramos	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Martha Liliana Castillo Monroy	Fundación Universidad Central	Bogotá
Jaime Alberto Castro Martínez	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Néstor Castro Parra	Escuela Militar de Cadetes José María Córdova	Bogotá
Germán Alberto Chavarro Flórez	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Arturo Yesid Córdoba Berrio	Universidad de Cundinamarca	Soacha

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Rafael Fernando Díez Medina	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Juan Pablo Duque Cañas	Universidad Nacional De Colombia	Manizales
Jaime Durán García	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Edwin Daniel Durán Gaviria	Universidad Católica de Colombia	Bogotá
Carlos Fabián Flórez Valero	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Carlos Eduardo Fuquene Retamoso	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Vivian Andrea García Balaguera	Universidad Santo Tomás	Bogotá
Mario Jorge García Cerón	Universidad Antonio Nariño	Bogotá
Wilson Arturo Gómez Becerra	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Jaime León Gómez Gómez	Universidad Santo Tomás	Bogotá
Kelly Johana Gómez Jiménez	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
Norma Fabiola Gómez Segura	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
David Gómez Villasante	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Enrique González Guerrero	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Eliana María González Neira	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Doris Hernández Dukova	Fundación Universitaria Los Libertadores	Bogotá
José Luis Herrera	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Bogotá
Luis Fabián Hidalgo Muñoz	Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá
Elieth Alina Hoyos Montoya	Universidad de Cundinamarca	Bogotá
José Hernando Hurtado Rojas	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Luis Alberto Jaramillo Gómez	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Sandra Patricia Jarro Sanabria	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Jaime Andrés Lara Borrero	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
María Patricia León Neira	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Rafael Humberto Lombana Sosa	Fundación Universidad Autónoma de Colombia	Bogotá
Ángela López	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
María Esperanza López Castaño	Universidad Antonio nariño	Bogotá
Camilo Ernesto López Guarín	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Javier Francisco López Parra	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Martha Judith López Pinzón	Fundación Universitaria de San gil	San Gil
Erwin José López Pulgarín	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Jairo Maldonado	Universidad Nacional De Colombia	Bogotá
Paloma Martínez	Universidad Libre	Bogotá
Guillermo José Martínez Perilla	Universidad Incca	Bogotá
Sandra Méndez Fajardo	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Pedro Antonio Meza	Escuela Militar de Cadetes José María Córdova	Bogotá
Jorge Enrique Molina Zambrano	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Sonia Esperanza Monroy Varela	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Christian Daniel Muñoz Arcos	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Manuel Santiago Ocampo Terreros	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Jeisson Alfonso Olarte Hernández	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Doris Marlene Olea Suarez	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Lina Paola Orduz Amaya	Fundación Universitaria de San gil	San Gil
Justo Pastor Ortega Vanegas	Corporación Universitaria UNITEC	Bogotá
Yenith Cristina Ortiz González	Fundación Universitaria Los Libertadores	Bogotá
Myriam Rocío Pallares Muñoz	Universidad Santo Tomás	Bogotá
Jaime Orlando Parra González	Universidad de Cundinamarca	Facatativá

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Carlos Alberto Parra Rodríguez	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Danilo Peña Ardila	Universidad de Cundinamarca	Bogotá
Andrés Mauricio Peña Lozano	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Fredy Pérez M.	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Gabriel Perilla Galindo	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Wolfgang Pfizenmaier Giraldo	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Yoan Pinzón	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Jairo Iván Piragua Talero	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Néstor Reynaldo Porcell Mancilla	Universidad EAN	Bogotá
Julián Andrés Pulecio Díaz	Universidad Santo Tomás	Bogotá
Andrés Felipe Ramírez Ayala	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Diego Iván Ramírez Díaz	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Luz Mayela Ramírez Orozco	Universidad Católica de Colombia	Bogotá
Julio Cesar Ramírez Pisco	Fundación Universidad Autónoma de Colombia	Bogotá
Francisco Rebolledo Muñoz	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Jhon Alexander Reinoso Vargas	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Wilson Rodríguez Calderón	Universidad de La Salle	Bogotá
Diego Adolfo Rodríguez Cantor	Universidad EAN	Bogotá
Carlos Felipe Rodríguez Hernández	Universidad de los Andes	Bogotá
Gloria Edith Rodríguez Torres	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Adriana Patricia Roldán Sarmiento	Universidad de La Sabana	Chía
Mónica Rueda Pinto	Universidad Santo Tomás	Bogotá
Fredy Orlando Ruiz Palacios	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Daniel Mauricio Ruiz Valencia	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Jaime Salamanca León	Universidad La Gran Colombia	Bogotá

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Jaime Salazar Contreras	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Edgar Sánchez	Universidad de La Salle	Bogotá
Guillermo Sánchez Herrera	Universidad Nacional De Colombia	Bogotá
Jorge Luis Sánchez Téllez	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Andrés Fernando Santacruz Mera	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Luis Sarmiento López	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Ronal Orlando Serrano Romero	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Eduardo Silva Sánchez	ACOFI	Bogotá
Pedro Torres Silva	Universidad Nacional Abierta y a Distancia	Bogotá
Camilo Alberto Triviño Pardo	Universidad Sergio Arboleda	Bogotá
Andrés Vargas Luna	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Astrid Rocío Vargas Zambrano	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Héctor Vega Garzón	Universidad de La Salle	Bogotá
Rodrigo Velásquez Giraldo	Universidad Libre	Bogotá
José Luis Villa Ramírez	Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena de Indias
María Paulina Villegas de Brigard	Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá
Joseph Robert Voelkl Peñaloza	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá

### **Segundo foro. Bucaramanga**

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Nelson Afanador García	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Alba Soraya Aguilar Jiménez	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Elkin Alfredo Albarracín Navas	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Yenny Amaya	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Faver Adrian Amorochó Sepúlveda	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Wilson Angarita Castilla	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Pedro Nel Angarita Uscategui	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Juan Manuel Argüello Espinosa	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Gerardo Bautista García	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Guillermo Beltrán Dulcey	Universidad de Santander - Udes	Bucaramanga
Sandra Johana Benítez Muñoz	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Malka Irina Cabellos Martínez	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Jose Julián Cadena Morales	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Tania Carreño Monsalve	Fundacion Tecnológica Fitec	Bucaramanga
René Carreño Olejua	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Javier Mauricio Castellanos Olate	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Catalina Castro Pinto	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Mónica Liliana Chaparro Mantilla	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Nayibe Chío Cho	Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
Edwin Córdoba	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Sergio Andrés Durán Jaimes	Universidad de Santander - Udes	Bucaramanga
Edwin Espinel Blanco	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Carlos Andrés Ferro Bahamón	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
Angelica Flórez Abril	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Eder Flórez Solano	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Gilberto Fontecha	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Pablo Andrés Fuquen Vargas	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Rosa Maribell Galeano Quintero	Universidad de Santander - Udes	Bucaramanga
Wilson Gamboa Contreras	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Luis Carlos Gómez	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
Diana Teresa Gómez Forero	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Ana Milena Gómez Gómez	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Kelly Gómez Jiménez	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Luis Alberto González Araujo	ACOFI	Bogotá
Claudia Paulina González Cuervo	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Johana C. González Melgarejo	Fundación Universitaria de San Gil	Bucaramanga
Gustavo Guerrero Gómez	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Marlene Lucila Guerrero Julio	Universidad Pontificia Bolivariana	Piedecuesta
William Guerrero Salazar	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Rosalía Gutiérrez	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Emil Hernández Arroyo	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Carlos Gerardo Hernández Capacho	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Juan Carlos Hernández Criado	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Luis Augusto Jacome Gómez	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Ludym Jaimes Carrillo	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Oscar Javier Leal Guerrero	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Martha Judith López Pinzón	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Reinaldo Nicolás Mayol Arnao	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Samuel Montero Vargas	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Edgar Alfredo Morales Aparicio	Fundacion Tecnológica Fitec	Bucaramanga
Antonio Faustino Muñoz	Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
Sergio David Niño Castillo	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
Efrain Alonso Nocua Sarmiento	Universidad de Santander - Udes	Bucaramanga
Alberto Ocampo Valencia	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Germán Oliveros Villamizar	Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
Aura Lucia Ortiz Sanabria	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Leandro Ovallos Manosalva	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Carlos Palacio Tobón	Universidad de Antioquia	Medellín
Diego Javier Parada Serrano	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Pablo Antonio Pérez Pinto	Fundación Universitaria de San Gil	Chiquinquirá
Rubén Mauricio Pico Santamaría	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Omar Pinzón Ardila	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Efraín Hernando Pinzón Reyes	Universidad de Santander - Udes	Bucaramanga
Andrea Lizeth Prada Lizarazo	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Andrés Mauricio Puentes Velásquez	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Argenis Ramírez Ramírez	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Francisco Javier Rebolledo Muñoz	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Aldemar Remolina Millán	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Claudia Patricia Retamoso	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Miguel Ángel Reyes Orozco	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Jaime Ángel Rico Arias	Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
Dewar Rico Baustista	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Mónica Rico Martínez	Universidad Santo Tomás	Bucaramanga
Edwin Mauricio Rodríguez Ravelo	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
David Alfonso Rodríguez Rojas	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Alfonso Rodríguez Suárez	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Leddy Roper Barboza	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Fabio Rueda Calier	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Claudia Leonor Rueda Guzmán	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Miller Humberto Salas Rondón	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Sergio Alexander Salinas	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Juan Camilo Sánchez Uparela	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Jorge Enrique Santamaría Carreño	Universidad de Santander - Udes	Bucaramanga
Néstor Fabián Santos	Universidad de Santander - Udes	Bucaramanga
Alfonso Santos Jaimes	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Uriel Sarmiento Blanco	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Maria Eugenia Serrano Acevedo	Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
Eduardo Silva Sánchez	ACOFI	Bogotá
Norma Cristina Solarte Vanegas	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Carolina Suárez Hernández	Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
Mercedes Amparo Téllez de Moreno	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Silvia Juliana Tijo López	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Luz Marina Torrado Gómez	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Frank Carlos Vargas Tangua	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Torcoroma Velásquez	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
José Luis Villa	Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena de Indias
Marco Antonio Villamizar Araque	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga

### **Tercer foro. Cartagena de Indias**

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Heraldo Segundo Alviz Santos	Universidad de Sucre	Sincelejo
Paola Patricia Ariza Colpas	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Ricardo Javier Arjona Angarita	Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena de Indias
William Arnedo Sarmiento	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
Guillermo Arrazola	Universidad de Córdoba	Montería
Milen Balbis Morejon	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Modesto Barrios Fontalvo	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
José Daniel Bogoya Maldonado	Universidad Jorge Tadeo Lozano	Bogotá

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Maria Claudia Bonfante Rodriguez	Corporación Universitaria Rafael Núñez	Cartagena de Indias
Juan Vicente Cajal Barros	Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla	Cartagena de Indias
Luis Marcos Castellanos	Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena de Indias
Julieta Judith Daza Montero	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Angelica Lucia Echavez Duncan	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco	Cartagena de Indias
Mónica Stella Eljaiek Urzola	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
David Franco Borré	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Lorenzo Fuentes Berrio	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Miguel Ángel García Bolaños	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
García Zapateiro	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Cesar Javier Gil Arrieta	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Luis Alberto González Araujo	ACOFI	Bogotá
Clemente Granados Conde	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Jairo Alberto Gutiérrez Diago	Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena de Indias
Luis Enrique Guzmán Carrillo	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Berta Patricia Hernández Contreras	Corporación Universitaria Americana	Barranquilla
Jorge Eliecer Hernandez Mercado	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Liliana Margarita Leal Ulloa	Universidad del Norte	Barranquilla
Oscar Jose Lindo Oñate	Universidad de La Guajira	Riohacha
Nancy Lizcano Ortiz	Universidad Simón Bolívar	Barranquilla
Gonzalo López	Universidad Tecnológica Bolívar	Cartagena de Indias

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Aníbal Cesar Maury Ramírez	Ghent University	Ghent Belgica
Heriberto Maury Ramírez	Universidad del Norte	Barranquilla
Fabio Enrique Mendoza Palechor	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Marta Cecilia Meza Peláez	Universidad de San Buenaventura	Medellín
Piedad Margarita Montero Castillo	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Claudia Patricia Mora Diaz	Universidad Simón Bolívar	Barranquilla
Luis Ignacio Morales Eckardt	Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena de Indias
Yasmín Moya Villa	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Miguel Ángel Mueses	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Federico Nájera Polo	Universidad de La Guajira	Riohacha
Alberto Ocampo Valencia	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Adalberto Jose Ospino Castro	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Fairuz Violette Ospino Valdiris	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Javier Páez Saavedra	Universidad del Norte	Barranquilla
Juan Pablo Paz Grau	Corporación Universitaria Rafael Núñez	Cartagena de Indias
Jaime Antonio Pérez Mendoza	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Harold Alexis Pérez Olivera	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Aura Margarita Polo Llanos	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Lina Margarita Prada Angarita	Universidad del Norte	Barranquilla
Nataly del Rosario Puello Pereira	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
René Ramírez Fernández	Corporación Universitaria Americana	Barranquilla
Álvaro Realpe Jiménez	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Omar Francisco Rodríguez Álvarez	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Pedro Abel Romero Leiro	Universidad del Norte	Barranquilla

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Jheny Johanna Rueda Prada	Universidad del Norte	Barranquilla
Daniel José Salas	Universidad de Córdoba	Montería
Katherinne Paola Salas Navarro	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Jairo Salcedo Dávila	Universidad de La Guajira	Riohacha
Julio César Saldarriaga	Universidad de Antioquia	Barranquilla
Roxana Santiago Barros	Universidad del Norte	Barranquilla
Jorge Iván Silva Ortega	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Eduardo Silva Sánchez	ACOFI	Bogotá
Ricardo Simancas	Universidad Simón Bolívar	Barranquilla
José Daniel Soto Ortiz	Universidad del Norte	Barranquilla
Candelaria Nahir Tejada Tovar	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Lesly Patricia Tejada Benitez	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Ramón de Jesús Torres Ortega	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Graciela Torres Torres	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Luis Carlos Tovar Garrido	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Gonzalo Urbina Ospino	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Ludy Maritza Vargas Lozza	Universidad del Norte	Barranquilla
Federico Vega Bula	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias
Héctor Vega Garzón	Universidad de La Salle	Bogotá
Torcoroma Velásquez Pérez	Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña	Ocaña
Edgar Enrique Vergara Verbel	Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla	Cartagena de Indias
José Luis Villa Ramírez	Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena de Indias
César Augusto Viloria Núñez	Universidad del Norte	Barranquilla
Ronald Zamora Musa	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla

## Reunión Nacional y Expoingeniería ACOFI 2011

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Luz Patricia Acosta Ramírez	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Envigado
Nhora Ofelia Acuña Prieto	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Carlos Fernando Agudelo Rodríguez	Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá
Héctor José Aguilar Gaitán	Universidad Central	Bogotá
Alba Soraya Aguilar Jiménez	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Julio César Aguilar Martínez	Electroequipos Colombia S.A.S.	Bogotá
Carmen Adriana Aguirre Cabrera	Universidad Nacional Abierta y a Distancia	San Juan de Pasto
Jorge Alexander Aguirre Ruiz	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Vicente Albéniz Laclaustra	Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá
Néstor Ariel Algecira Enciso	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
René Amaya Mier	Universidad del Norte	Barranquilla
Faver Adrián Amorocho Sepúlveda	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Álvaro Javier Angarita	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Wilson Angarita Castilla	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Guillermo Aponte Mayor	Universidad del Valle	Santiago de Cali
Juan Guillermo Arbeláez Zapata	Consejo Nacional Profesional de Ingeniería	Medellín
Adolfo Arenas	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
Wilson Arenas	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Jorge Luis Argoty	Universidad de Nariño	San Juan de Pasto
Diego Arias Gómez	Universidad del Quindío	Armenia
Guillermo Arias Ustas	Universidad de Manizales	Manizales
Paola Patricia Ariza Colpas	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
William Arnedo Sarmiento	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
Richard Rafael Aroca Acosta	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
Carlos Enrique Arroyave	Universidad Antonio Nariño	Bogotá

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Yussy Cenit Arteta Peña	Universidad Libre	Barranquilla
Gustavo Alberto Atehortua	Universidad Cooperativa de Colombia	Ibagué
Humberto Ávila Rangel	Universidad del Norte	Barranquilla
Luis Efrén Ayala Rojas	Universidad de La Salle	Bogotá
Milén Balbis	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Liliana Barrera	Universidad Sergio Arboleda	Bogotá
James Andrés Barrera Moncada	Universidad Católica de Pereira	Pereira
Gloria Piedad Barreto Bonilla	Universidad de Ibagué	Ibagué
Ramiro Andrés Barrios	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Iván Darío Bastidas Castellanos	Universidad Mariana	San Juan de Pasto
Diego Baus	Famic Technologies	Montreal - Canadá
Adán de Jesús Bautista Morantes	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Duitama
Luis Eduardo Becerra Ardila	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
Katherine Bejarano	Universidad Cooperativa de Colombia	Ibagué
Sonia Rosalba Bejarano Nuñez	Escuela Colombiana de Carreras Industriales	Bogotá
Alix Beltrán	ACOFI	Bogotá
Guillermo Beltrán	Universidad de Santander	Bucaramanga
Omar Yesid Beltrán Gutiérrez	Universidad de los Llanos	Villavicencio
Aida Benavides	FESTO	Bogotá
Yamith Benítez Ballesteros	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Luis Eduardo Benítez Hernández	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Iván Rafael Berdugo De Moya	Universidad del Norte	Barranquilla
Jeannette Bermúdez Rojas	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Faisal Bernal	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Jainet Orlando Bernal Orozco	Universidad Central	Bogotá
John Jairo Blandon Valencia	Universidad Nacional de Colombia	Medellín
Pablo Emilio Bonilla	Universidad Libre	Bogotá

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Luis Fernando Bonilla Camacho	Universidad Surcolombiana	Neiva
Wilmar Botello	Fundación Universitaria de San Gil	Yopal
Javier Botero Álvarez	Ministerio de Educación Nacional	Bogotá
Wilson Briceño Pineda	Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
Fernando Broncano Rodríguez	Universidad Carlos III	Madrid - España
Moises Oswaldo Bustamante Rua	Universidad Nacional de Colombia	Medellín
Amparo Camacho Díaz	Universidad del Norte	Barranquilla
Rafael Camerano Fuentes	Universidad Autónoma de Colombia	Bogotá
Julio César Cañón	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Luis Eduardo Cañón Muñoz	Electroequipos Colombia S.A.S	Bogotá
Diana María Cárdenas Aguirre	Universidad Nacional de Colombia	Manizales
Alejandro Carvajal Díaz	Universidad de los Andes	Bogotá
Eric Castañeda Gómez	Universidad de Antioquia	Medellín
Luis Marcos Castellanos	Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena de Indias
José Fernando Castellanos Galeano	Universidad de Caldas	Manizales
Javier Mauricio Castellanos Olarte	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Álvaro Castillo Miranda	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Martha Liliana Castillo Monroy	Universidad Central	Bogotá
Yamil Armando Cerquera Rojas	Universidad Surcolombiana	Neiva
Mónica Liliana Chaparro Mantilla	Universidad Pontificia Bolivariana	Floridablanca
Luis Felipe Chaparro Parada	Escuela Colombiana de Carreras Industriales	Bogotá
Ximena Cifuentes Wchima	Universidad La Gran Colombia	Armenia
Carlos Cohen Manrique	Corporación Universitaria del Caribe	Sincelejo
Miguel Corchuelo	Universidad del Cauca	Popayán
Jorge Alberto Correa García	Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez	Santiago de Cali

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
José Arley Correa Salamanca	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja
Carlos Alberto Cortés Aguirre	Universidad Autónoma de Manizales	Manizales
Juan Carlos Cristancho Sierra	Electroequipos Colombia S.A.S	Bogotá
Juan Carlos Cruz Ardila	Universidad de San Buenaventura	Santiago de Cali
Manuel Fernando Dávila Sguerra	Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá
Juan Carlos De La Rosa Serrano	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Simón Andrés De Leon Novoa	ACOFI	Bogotá
Arnaud Delvaux	ICL Didáctica Ltda.	Stockbridge - Inglaterra
Jaime Díaz	Universidad Santo Tomás	Bucaramanga
Miguel Ángel Díaz	Universidad Surcolombiana	Neiva
Johana Díaz Rincón	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Mauricio Duarte Toro	Universidad Surcolombiana	Neiva
Mauricio Duque	Universidad de los Andes	Bogotá
Jaime Durán García	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá
Edwin Daniel Durán Gaviria	Universidad Católica de Colombia	Bogotá
Ada Echavez	Universidad Militar Nueva Granada	Bogotá
Angélica Lucía Echávez Duncan	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco	Cartagena de Indias
Carlos Alberto Echeverri Londoño	Universidad de Medellín	Medellín
Leovy Echeverría Rodríguez	Universidad Pontificia Bolivariana	Montería
José Fernando Echeverry Murillo	Universidad del Quindío	Armenia
José Henry Escobar Acosta	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Pedro Eslava Eljaieck	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Jeyson Espinoza León	Universidad de Santander	Bucaramanga
José Jairo Espitia Niño	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Sogamoso
Giovanna Fiorillo Obando	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Luis Alejandro Fletscher Bocanegra	Universidad Católica de Pereira	Pereira
Sandra Milena Flórez Granados	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Laura Milena Fonseca Ramírez	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Alejandro Forero Guzmán	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Ever Fuentes Rojas	Universidad Libre	Bogotá
Saeko Gaitán Ibarra	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Romel Jesús Gallardo Amaya	Universidad Francisco de Paula Santander	Ocaña
Rafael García Gómez	Politécnico Gran Colombiano	Bogotá
Aleyda García González	Universidad del Atlántico	Barranquilla
Nidia Stella García Roa	Universitaria Agustiniiana	Bogotá
Germán E. Gavilán	Universidad de California La Merced	La Merced - EEUU
Mauricio Giraldo Orozco	Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín
Adriana Gómez	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Jorge Gómez	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Elvira Gómez Vergel	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco	Cartagena de Indias
Luis Alberto González Araujo	ACOFI	Bogotá
Claudio Camilo González Clavijo	Universidad de San Buenaventura	Santiago de Cali
Alejandra María González Correal	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
José Manuel González Nowaky	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco	Cartagena de Indias
Miguel Ángel González Palacios	Universidad de los Andes	Bogotá
María Paula Guarín	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Rodrigo Guarnizo	FESTO	Bogotá
Naliny Patricia Guerra	Universidad Central	Bogotá
William Guerrero Salazar	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Fernando Guzmán Castro	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Jaime Alberto Guzmán Luna	Universidad Nacional de Colombia	Medellín

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
María Alejandra Guzmán Pardo	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Santiago Henao	Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá
Gloria Elena Henao Lopera	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Medellín
Carlos Henríquez Miranda	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
Hans Hernández	ICL Didáctica Ltda.	Bogotá
Sandra Hernández	Universidad Antonio Nariño	Bogotá
Emil Hernández Arroyo	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Diego Fernando Hernández Losada	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Edwin José Hernández Niño	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Duitama
Jhon Francined Herrera Cubides	Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá
Hugo Alberto Herrera Fonseca	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
John Edward Herrera Quintero	Universidad La Gran Colombia	Armenia
Ricardo Alonso Hurtado Mosquera	Universidad Católica de Pereira	Pereira
Susan Johana Hurtado Valoyes	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Francisco Indacochea	ICL Didáctica Ltda.	Bogotá
Ludym Jaimes Carrillo	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Nelson Jaramillo	Universidad de Nariño	San Juan de Pasto
César Jaramillo Naranjo	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Diana Pilar Jiménez Bedoya	Institución Universitaria de Envigado	Envigado
Jovani Alberto Jiménez Builes	Universidad Nacional de Colombia	Medellín
Gonzalo Jiménez Cleves	Universidad del Quindío	Armenia
Javier Alejandro Jiménez Toledo	Institución Universitaria CESMAG	San Juan de Pasto
Wilmer Diego Jiménez Trujillo	Universidad del Quindío	Armenia
Micheal Joye	DAC - Design Assistance Corporation	Sweedeborough - EEUU

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Diana Janeth Lancheros Cuesta	Universidad de La Salle	Bogotá
Gerardo Latorre	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
Liliana Margarita Leal Ulloa	Universidad del Norte	Barranquilla
Edgar Licona Castilla	Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla	Cartagena de Indias
Rafael Linero Mejía	Universidad del Magdalena	Santa Marta
César Germán Lizarazo Salcedo	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Waldo Lizcano Gómez	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Ricardo Llamosa Villalba	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
José Luis Lobo Díaz	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Juan Carlos Londoño	Fundación Universitaria del Área Andina	Barranquilla
Carlos Felipe Londoño Álvarez	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Envigado
Libardo Antonio Londoño Ciro	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Medellín
Carlos Alberto López	Cámara de Comercio de Casanare	Yopal
Edgar López	Universidad Autónoma de Colombia	Bogotá
Carlos Armando López Solano	Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá
Marcelo López Trujillo	Universidad de Caldas	Manizales
Alfonso Lozano	Universidad Católica de Colombia	Bogotá
Fredy Lozano	Universidad Tecnológica del Chocó	Quibdó
Gustavo A. Machado Jiménez	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Dave Machado Lopez	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Valmiro Maldonado Álvarez	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
José Duván Márquez Díaz	Universidad del Norte	Barranquilla
Mauricio Márquez Santos	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
Gómez Pinilla Martha Cecilia	Universidad del Valle	Santiago de Cali
Marcela Martínez	Fundacion Universitaria Los Libertadores	Bogotá
Melida Martínez	Universidad Tecnológica del Choco	Quibdó
José Luis Martínez Campo	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
Olga Marina Martínez Palmera	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Yenny Alexandra Martínez Ramos	Universitaria Agustiniiana	Bogotá
Martha Viviana Mateus Cárdenas	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Heriberto Maury Ramírez	Universidad del Norte	Barranquilla
Lucy Nohemí Medina Velandia	Universidad Sergio Arboleda	Bogotá
Laura Mejía	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Luis Miguel Mejía Giraldo	Universidad La Gran Colombia	Armenia
José Meléndez	Universidad de La Guajira	Riohacha
Roosbelt Virgilio Méndez	Fundación Universitaria de San Gil	Yopal
Sandra Méndez Fajardo	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Raynel Alfonso Mendoza Garrido	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco	Cartagena de Indias
Carlos Augusto Meneses Escobar	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Pedro Mercado	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Inés Meriño	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Gloria Molina	Universidad Libre	Bogotá
Elkin Aníbal Monsalve Durango	Universidad del Quindío	Armenia
Pedro Antonio Montaña Mesa	Escuela Militar de Cadetes José María Córdoba	Bogotá
Samuel Montero Vargas	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Roberto Enrique Montoya Villa	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Gina María Mora Arquez	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco	Cartagena de Indias
Álvaro Ignacio Morales González	Universidad Católica de Pereira	Pereira
Nayib Moreno	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Andrea Milena Morillo Cueto	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Carol Andrea Murillo	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Sofía Leonilde Murillo Martínez	Universidad Santo Tomás	Bogotá
Neriza Murrell Solis	The Institution of Engineering and Technology	México - México

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Olaya Nadia	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Migue José Navas Jaime	Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez	Santiago de Cali
Arturo Nélon Edmundo	Universidad de Nariño	San Juan de Pasto
José Olegario Nemeth Esquinas	Consejo Nacional Profesional de Ingeniería	Bogotá
Luis Francisco Niño Sierra	ICL Didáctica Ltda.	Bogotá
Olga Lucia Ocampo Toro	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Envigado
Alberto Ocampo Valencia	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Rubén Darío Ochoa Arbeláez	Fundación Universitaria Agraria de Colombia	Bogotá
Sandra Ruth Ochoa Gómez	Corporación Universitaria Lasallista	Caldas
Mabel Olano Parra	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Guiber Olaya Marín	Universidad Surcolombiana	Neiva
Germán Oliveros	Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga
Mario Omar Opazo Gutiérrez	Universidad El Bosque	Bogotá
Hoover Orozco Gallego	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Justo Pastor Ortega Vanegas	Corporación Universitaria UNITEC	Bogotá
Henry Pompilio Ortiz Ruiz	Universidad La Gran Colombia	Bogotá
Laura Vanessa Ortiz Hernández	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco	Cartagena de Indias
Mariluz Osorio Quinceno	Universidad Central	Bogotá
Lucía Victoria Ospina Cardona	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Envigado
Fairuz Violette Ospino Valdiris	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Jorge Enrique Otalora Luna	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja
Juan Pablo Oviedo Roa	Universidad Cooperativa de Colombia	Ibagué
Adriana Cecilia Páez Pino	Universidad Santo Tomás	Bogotá
Javier A. Páez Saavedra	Universidad del Norte	Barranquilla
Juan Carlos Palacio Piedrahita	Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín
Carlos Alberto Palacio Tobón	Universidad de Antioquia	Medellín

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Arley Palacios	ACOFI	Bogotá
Aldo Pardo	Universidad de Pamplona	Pamplona
Clarivel Parra Ditta	Universidad Popular del Cesar	Valledupar
Eduardo Pastrana Bonilla	Universidad Surcolombiana	Neiva
Oscar Eduardo Pataquiva Jiménez	Electroequipos Colombia S.A.S	Bogotá
José Ismael Peña Reyes	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Marlon Manuel Peraza Ordoñez	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Harold Pérez	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Victoria Helena Pérez Goelkel	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Blanca Cecilia Pérez Muzuzu	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Orlando de Jesús Pérez Patiño	Universidad Piloto de Colombia	Girardot
Jairo Ernesto Perilla Perilla	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Janneth Pineda Molina	ACOFI	Bogotá
Yoan Pinzón	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Josué Nicolás Pinzón Villamil	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja
Nelson Piraneque	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Alexandra Pomares Quimbaya	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Náyades Portillo Mendinueta	Universidad Cooperativa de Colombia	Santa Marta
Ricardo Alfredo Posada Ariza	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Robinson Pulgarín Giraldo	Universidad del Quindío	Armenia
José Carlos Quadrado	Instituto Superior de Ingeniería de Lisboa	Lisboa - Portugal
Jaime Darío Quijano Melo	Universidad Mariana	San Juan de Pasto
Diana Isabel Quintero	Universidad Antonio Nariño	Bogotá
Edwin Quintero	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Andrés Felipe Ramírez	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Mayela Ramírez	Universidad Católica de Colombia	Bogotá
Jenny Carolina Ramírez	Universidad La Gran Colombia	Armenia

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Ramiro Ramírez	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Álvaro Hernando Ramírez Llinas	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
Diana Cristina Ramírez Martínez	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Jorge Luis Reales Sánchez	Universidad de Cundinamarca	Fusagasugá
Francisco Javier Rebolledo Muñoz	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
Luis Reina Villamizar	Universidad de Santander	Bucaramanga
Daniel Reséndiz Núñez	Universidad Nacional Autónoma de México	México - México
Claudia Patricia Retamoso Llamas	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Luis Carlos Revelo Tovar	Institución Universitaria CESMAG	San Juan de Pasto
Alicia Ríos	Universidad Tecnológica del Choco	Quibdó
Ricardo Ríos	Universidad Libre	Bogotá
Luis Carlos Ríos Quiroga	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Juan Guillermo Rivera	Instituto Tecnológico Metropolitano	Medellín
Fernando Rivera Insignares	Universidad El Bosque	Bogotá
Armando Robledo Acosta	Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla
Jairo Rodríguez	Fundación Universitaria Los Libertadores	Bogotá
Omar Rodríguez	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Diego Alexander Rodríguez Durán	Fundación Universitaria de San Gil	Yopal
Alberto Rodríguez García	Universidad EAFIT	Medellín
Carlos Rodríguez Lalinde	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Medellín
Rafael Armando Rodríguez Osorno	Universidad Autónoma de Colombia	Bogotá
Alfonso Rodríguez Suárez	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil
Álvaro Rojas	Universidad Libre	Bogotá
Ángel Antonio Rojas García	Universidad Cooperativa de Colombia	Ibagué
Pedro Joaquín Rojas Gutiérrez	Universidad Piloto de Colombia	Girardot
Fernando Rojas Rojas	Universidad Cooperativa de Colombia	Neiva
Laura Marcela Rojas Salazar	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Pedro Abel Romero Leiro	Universidad del Norte	Barranquilla
Fabio Rueda Calier	Fundación Universitaria de San Gil	San Gil

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Margarita María Rueda Pinzón	Universidad de los Andes	Bogotá
Jheny Johanna Rueda Prada	Universidad del Norte	Barranquilla
Mauricio Ricardo Ruiz	Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco	Cartagena de Indias
Consuelo Ruiz Cárdenas	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Sogamoso
Mireya Sáenz Trujillo	Universidad Piloto de Colombia	Girardot
Wilson Salamanca	Casyber Ltda.	Bogotá
Jaime Salazar Contreras	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Dixon David Salcedo Morillo	Corporación Universitaria Americana	Barranquilla
Yelinca Saldeño	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Roxana Santiago Barros	Universidad del Norte	Barranquilla
Edel María Serrano Iglesias	Universidad Central	Bogotá
Miguel Ángel Sierra Baena	Universidad Nacional de Colombia	Medellín
Germán Alberto Sierra Gallego	Universidad Nacional de Colombia	Medellín
Jaime Silva	Universidad del Magdalena	Santa Marta
Jorge Silva	Universidad Libre	Bogotá
Victoria Silva García	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Sogamoso
Jorge René Silva Larrota	Universidad Libre	Bogotá
Mónica Silva Quiceno	Universidad de los Llanos	Villavicencio
Eduardo Silva Sánchez	ACOFI	Bogotá
José Miguel Solano Araujo	ACOFI	Bogotá
Norma Cristina Solarte Vanegas	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Ricardo Sotaquira	Universidad de La Sabana	Chía
Andrés Suárez	Universidad Libre	Bogotá
Claudia Liliana Suárez Ferreira	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Omaira Luz Tapias Díaz	Universidad Popular del Cesar	Valledupar
Luz Marina Torrado Gómez	Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga
Ramón Torres Ortega	Universidad de Cartagena	Cartagena de Indias

<b>Nombres</b>	<b>Institución</b>	<b>Ciudad</b>
Camilo Alberto Torres Parra	Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá
José Omar Trujillo Gómez	Universidad Católica de Colombia	Bogotá
Ernesto Urquieta González	Universidad Federal de San Carlos	San Carlos - Brasil
Hermes Ariel Vacca Gámez	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá
María Fernanda Valencia Bravo	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá
Jimmy Valencia Urbano	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Carlos Vanegas Cárdenas	Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá
Néilson Antonio Vanegas Molina	Universidad Nacional de Colombia	Medellín
Luis Carlos Vargas	Escuela de Artes y Letras	Bogotá
Lina Marcela Vargas	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira
Ludy Maritza Vargas Lozza	Universidad del Norte	Barranquilla
Carlos Alfredo Vásquez Rodríguez	Universidad INCCA	Bogotá
Carlos Enrique Vecino	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga
Carlos Fernando Vega Barona	Universidad Autónoma de Occidente	Santiago de Cali
Héctor Vega Garzón	Universidad de La Salle	Bogotá
Héctor Iván Velásquez Arredondo	Universidad Nacional de Colombia	Medellín
Juliana Velásquez Gómez	Escuela de Ingeniería de Antioquia	Envigado
Juan David Velásquez Henao	Universidad Nacional de Colombia	Medellín
Gustavo Velásquez Quintana	Universidad Nacional Abierta y a Distancia	San Juan de Pasto
Julian Cesar Velásquez Rincón	Universidad Surcolombiana	Neiva
Jaime Vélez Zapata	Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla
Edgar Enrique Vergara Verbel	Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla	Cartagena de Indias
Leidy Verth Viafara Renteria	Universidad Tecnológica del Choco	Quibdó
José Joaquín Vila Ortega	Universidad del Quindío	Armenia
José Luis Villa Ramírez	Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena de Indias



Este libro se terminó de imprimir en la ciudad de Bogotá D.C., Colombia, en julio de 2012, en los talleres de Opciones Gráficas Editores Ltda. Somos una empresa responsable con el medio ambiente.





**En el año 2011, ACOFI promovió el estudio y el debate acerca de la renovación del quehacer académico de las facultades de ingeniería, visto desde los aspectos de la formación, la investigación, la gestión administrativa y la interacción con la sociedad. El tema central planteado, siguió la pauta señalada por ACOFI en el año 2006, de iniciar un proceso para afrontar los retos en la formación de nuevas generaciones de ingenieros, con la perspectiva del horizonte del año 2020.**

**Esta obra, sexta de la colección, presenta el trabajo de la comunidad académica de ingeniería reunida en los tres Foros preparatorios y en la Reunión Nacional.**



**Asociación Colombiana  
de Facultades de Ingeniería**