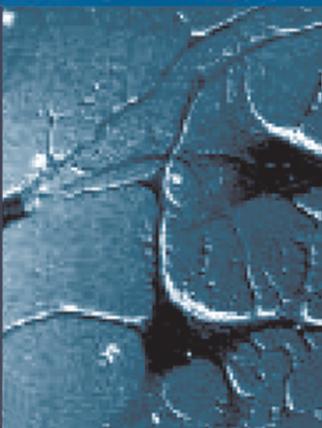
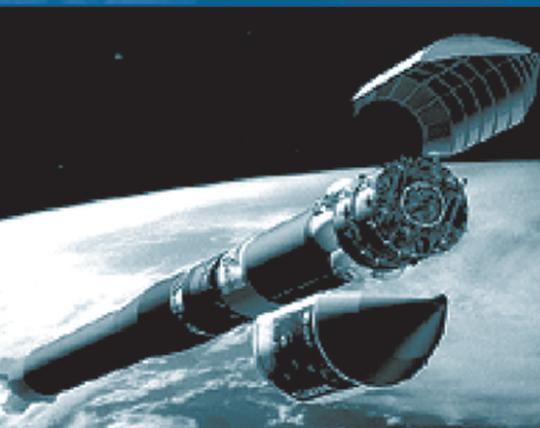




**ACOFI**

Asociación Colombiana  
de Facultades de Ingeniería



# El ingeniero colombiano del año 2020

## Retos para su formación

Foros preparatorios - XXVI Reunión Nacional



# **EL INGENIERO COLOMBIANO DEL AÑO 2020**

## **RETOS PARA SU FORMACIÓN**

Foros Preparatorios - XXVI Reunión Nacional

## **ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE INGENIERÍA - ACOFI -**

Carrera 68D N°. 25B - 86 oficina 205  
Edificio Torre Central, Bogotá D.C. - Colombia, Suramérica  
PBX: + 571 427 3065  
acofi@acofi.edu.co • www.acofi.edu.co

### **CONSEJO DIRECTIVO**

#### **Presidente**

Ing. Javier Páez Saavedra  
Decano División de Ingenierías *Universidad del Norte / Barranquilla*

#### **Vicepresidente**

Ing. Alberto Ocampo Valencia  
Director de Ingeniería Eléctrica *Universidad Tecnológica de Pereira*

#### **Consejeros:**

Ing. Francisco Javier Rebolledo M. *Pontificia Universidad Javeriana / Bogotá*  
Ing. Juan Manuel Barraza Burgos *Universidad del Valle / Santiago de Cali*  
Ing. Diego Fernando Hernández L. *Universidad Nacional de Colombia / Bogotá*  
Ing. Jairo A. Lopera Pérez *Universidad Pontificia Bolivariana / Medellín*  
Ing. Carlos E. Arroyave Posada *Universidad de Antioquia / Medellín*  
Ing. Héctor Vega Garzón *Universidad de la Salle / Bogotá*  
Ing. Jairo Antonio Guerrero García *Universidad de Nariño / San Juan de Pasto*

#### **Director Ejecutivo**

Ing. Eduardo Silva Sánchez *Profesor Titular Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá*

### **ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA**

Arley Palacios Chavarro *Asistente Administrativa*  
Simón Andrés De León N. *Asistente de Proyectos*  
José Miguel Solano Araujo *Asistente de Proyectos*  
Janneth Pineda Molina *Secretaria*  
Hernan Reyes D. *Auxiliar de oficina*

#### **Edición:**

Dr. Vicente Albéniz Laclaustra *Profesor Escuela Colombiana de Ingeniería*  
Ing. Luis Alberto González Araujo *Asistente Dirección Ejecutiva ACOFI*

ISBN: 978-958-680-054-9

Marzo 2007

Impreso en Colombia

Diseño e impresión

Opciones Gráficas Editores Ltda.

[www.opcionesgraficas.com](http://www.opcionesgraficas.com)

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

# Presentación

---



Para el año 2006, el Consejo Directivo de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería –ACOFI–, propuso a la Academia de Ingeniería del país estudiar el tema de los RETOS EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO PARA EL AÑO 2020 y en la XXVI Reunión Nacional de Facultades de ingeniería, llevada a cabo entre el 20 y 22 de septiembre de 2006, se plantearon dos objetivos:

- **Identificar los factores** más relevantes que constituirán los principales retos de la educación en ingeniería de cara al año 2020 en el contexto de la nueva sociedad del conocimiento.
- **Plantear estrategias** de largo plazo que le permitan a las instituciones colombianas visualizar una formación de calidad en ingeniería para el año 2020 y recomendar acciones específicas a los sectores involucrados con la profesión (la academia, el sector productivo, el gobierno y la comunidad en general).

Con estos objetivos se invitó a la comunidad académica para presentar propuestas y recomendaciones, alrededor de cuatro subtemas, los cuales fueron el eje de trabajo del año:

1. Estrategias curriculares
2. Formación pedagógica de profesores
3. Sistema educativo
4. El perfil del ingeniero

Para tener la oportunidad de interactuar con las regiones, se propusieron cinco foros académicos preparatorios de la Reunión Nacional. Uno inicial, realizado en el mes de enero en la ciudad de Bucaramanga, donde se presentó un bosquejo general de la propuesta central, y posteriormente en las ciudades de Barranquilla en el mes de febrero, Santiago de Cali en el mes de mayo, Tunja en el mes de junio, y Armenia en el mes de agosto, en los cuales se trabajaron cada uno de los subtemas propuestos y donde contamos con la participación de expertos que presentaron su visión del futuro de la formación de los ingenieros. Igualmente se invitó a diferentes decanos de facultades de ingeniería de todo el país, para que a través de preguntas, previamente preparadas,

respondieran los correspondientes paneles con su punto de vista sobre cada tema. Igualmente los asistentes participaron en mesas de trabajo, las cuales fueron un espacio importante de debate académico. De cada evento quedaron las presentaciones, que estuvieron a disposición de todos los interesados en la página [www.acofi.edu.co](http://www.acofi.edu.co)

En el mes de septiembre, en el marco de la Reunión Nacional, se presentaron conferencias magistrales con invitados nacionales e internacionales, trabajos nacionales por salas temáticas y sesión de pósteres, se realizó un panel internacional y se conformaron mesas de trabajo, alrededor de cada uno de los subtemas, dejando como resultado un material que recogió la voz de la academia en todo el país.

Para organizar todo el material y poder presentar una propuesta, con recomendaciones sobre la formación de ingenieros colombianos para el año 2020, el doctor Vicente Albéniz Laclaustra, profesor de la Escuela Colombiana de Ingeniería de la ciudad de Bogotá y gran conocedor del quehacer académico, ha resumido cada uno de los Foros y lo acontecido en la Reunión Nacional, y lo ha presentado en la ciudad de Bogotá en el mes de noviembre del año 2006 en un Foro de conclusiones, del cual se deriva este documento histórico.

Con motivo de la XXVII Asamblea General de ACOFI y dentro de la celebración de los 120 años de la Facultad de Nacional de Minas, es un orgullo para la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, entregar este documento, el cual esperamos sea materia de discusión y se convierta en una herramienta que apoye el futuro de la formación de nuestros ingenieros.

Agradecemos sinceramente a todos los conferencistas, panelistas y participantes en los Foros y en la Reunión Nacional, por todo su apoyo durante todas las actividades del año 2006.

Finalmente un agradecimiento muy especial al equipo administrativo de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, en particular a Luis Alberto González Araujo, sin cuyo esfuerzo y dedicación no hubiera sido posible esta publicación.

**Eduardo Silva Sánchez**  
Director Ejecutivo

# Introducción

---



El presente documento ha sido estructurado de la siguiente manera:

- Un capítulo inicial, en el que se presentan los Foros preparatorios, con sus respectivas conferencias, paneles y mesas de trabajo.
- El segundo capítulo está dedicado a hacer presentes las conferencias, el panel internacional, las mesas de trabajo, y las ponencias y pósteres, que constituyeron la XXVI Reunión Nacional.
- En el capítulo tercero se presenta la síntesis final de las reflexiones y propuestas planteadas, tanto en los Foros preparatorios, como en la XXVI Reunión Nacional, confrontados con las tendencias internacionales en la formación de ingenieros formuladas por algunas prestigiosas Asociaciones de enseñanza de la ingeniería y acreditación de sus programas, tales como ABENGE<sup>1</sup>, ABET<sup>2</sup>, NAE<sup>3</sup>, ASIBEI<sup>4</sup>, y SEFI<sup>5</sup>. Las propuestas finales se organizan alrededor de los dos objetivos del trabajo anual:
  1. “Identificar los *factores* más relevantes que constituirán los principales retos de la educación en ingeniería de cara al año 2020 en el contexto de la nueva sociedad del conocimiento”. A este primer objetivo se responde con la caracterización del contexto socio-económico, el contexto laboral, el contexto científico-tecnológico, la nueva presencia de la ingeniería, el nuevo perfil del ingeniero, el nuevo perfil del estudiante y el nuevo contexto de las IES<sup>6</sup> de formación de ingenieros.
  2. “Plantear *estrategias* de largo plazo que le permitan a las instituciones colombianas visualizar una formación de calidad en ingeniería para el año 2020 y recomendar acciones específicas a los sectores involucrados con la profesión (la academia, el sector productivo, el gobierno y la comunidad en general)”. Se propone un abundante grupo de estrategias, propias del ámbito institucional, del ámbito curricular y del ámbito de los profesores.

---

<sup>1</sup> Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, Brasil

<sup>2</sup> Accreditation Board for Engineering and Technology, EE. UU.

<sup>3</sup> National Academy of Engineering, EE. UU.

<sup>4</sup> Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería

<sup>5</sup> Sociedad Europea para la Formación en Ingeniería

<sup>6</sup> Instituciones de Educación Superior

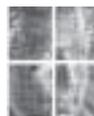
- Un anexo que contiene los listados de los participantes en los diferentes Foros y en la Reunión Nacional.

En esta publicación no se han recogido las experiencias pedagógicas de algunas instituciones, presentadas en los diversos Foros.

Algunas presentaciones de los panelistas no han podido incluirse en esta publicación debido a que no se recibieron las correspondientes comunicaciones.

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

# Contenido



## Capítulo 1

### Foros Preparatorios de la Reunión Nacional 9

#### Primer Foro 13

##### 1. CONFERENCIA

**Perspectivas de las facultades de ingeniería hacia el futuro**  
*Francisco G. Restrepo G.* 15

##### 2. PANEL 27

#### Segundo Foro 41

##### 1. CONFERENCIA

**Estrategias curriculares para la formación del ingeniero del año 2020**  
*Vicente Albéniz*

##### 2. PANEL 48

#### Tercer Foro 77

##### 1. CONFERENCIA

**Notas al margen para la agenda pedagógica en ingeniería**  
*Julio César Cañón R.*

##### 2. PANEL 103

#### Cuarto Foro 111

##### 1. CONFERENCIA

**El Sistema de educación formal colombiano**  
*Ernesto Acosta* 113

##### 2. PANEL 121

#### Quinto Foro 137

##### 1. CONFERENCIA

**El perfil del ingeniero del año 2020**  
*Joaquín Oramas L.* 139

##### 2. PANEL 146

## Capítulo 2

### XXVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería 161

#### Primera Conferencia

##### El sistema de educación superior dentro de la visión 2019

*Javier Botero Álvarez*

*Viceministro de Educación Superior del Ministerio de Educación Nacional de Colombia* 167

#### Segunda Conferencia

##### La formación científica del ingeniero para el año 2020

*Ricardo A. Smith Q.*

*Director, Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Profesor Titular, Universidad Nacional de Colombia* 174

<b>Tercera Conferencia</b>	
<b>National Academy of Engineering Engineer of 2020 Project</b>	197
<i>Jose B. Cruz</i>	
<i>Member, Committee on the Engineer of 2020. Member, National Academy of Engineering Distinguished Professor of Engineering, The Ohio State University, EE.UU.</i>	
<b>Cuarta Conferencia</b>	
<b>Perspectiva sobre la educación en ingeniería para el año 2020</b>	210
<i>Alfredo Soeiro.</i>	
<i>Ex-SEFI President, University Porto, Portugal</i>	
<b>Quinta Conferencia</b>	
<b>The Learning Factory® La fábrica del aprendizaje aprendizaje activo en alianza con la industria</b>	214
<i>José L. Zayas-Castro.</i>	
<i>Profesor y Director del Departamento Ingeniería Industrial y Sistemas Gerenciales, Universidad del Sur de la Florida (EE.UU.)</i>	
<b>Sexta Conferencia</b>	
<b>La ética profesional en los programas curriculares de ingeniería</b>	223
<i>Hernando Monroy Valencia.</i>	
<i>Presidente del Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA)</i>	
<b>Ponencias orales y Pósteres</b>	227
<b>Panel internacional</b>	231
<b>Mesas de Trabajo</b>	241
<b>Mesa de Trabajo Núm. 1</b>	
<b>Estrategias curriculares</b>	243
<i>Coordinador: Rafael Capacho</i>	
<b>Mesa de Trabajo Núm. 2</b>	
<b>Formación pedagógica para la formación del ingeniero del 2020</b>	245
<i>Coordinador: Julio César Cañón</i>	
<b>Mesa de Trabajo Núm. 4</b>	
<b>El perfil del ingeniero 2020</b>	255
<i>Coordinadora: Ana María Restrepo</i>	
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Foro final</b>	263
<b>Anexo</b>	
<b>Asistentes a los Foros y a la XXVI Reunión Nacional</b>	275

# Capítulo 1

**Foros Preparatorios  
de la Reunión  
Nacional**





**D**urante el año 2006, respondiendo a la política del Consejo Directivo de tener una mayor participación de las regiones e instituciones que forman parte de la Asociación, se realizaron 5 Foros preparatorios de la XXVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería, en las ciudades de Bucaramanga, Barranquilla, Santiago de Cali, Tunja y Armenia, y en los cuales se reflexionó alrededor de las cuatro temáticas siguientes:

1. *Las estrategias curriculares*
2. *La formación pedagógica*
3. *El sistema educativo*
4. *El perfil del ingeniero*

En este capítulo se destacan los aspectos más importantes de las *conferencias*, los *paneles* y las *mesas de trabajo* en los que los participantes presentaron sus puntos de vista acerca de las preguntas planteadas.



## — Primer Foro —

Tuvo lugar el día 27 de enero de 2006, en el Auditorio Juan Pablo II de la Universidad Pontificia Bolivariana de la ciudad de Bucaramanga. La *conferencia* estuvo a cargo de Francisco Restrepo G. profesor de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, quien trató el tema de las perspectivas de las facultades de ingeniería. En el *panel*, participaron: Eduardo Silva, Director Ejecutivo de ACOFI, Germán Oliveros, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, y Adolfo León Arenas, Decano de la Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas de la Universidad Industrial de Santander.



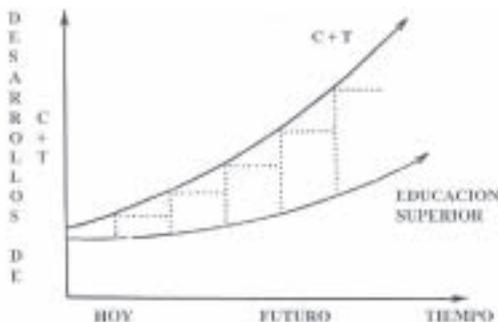
# 1. CONFERENCIA

## PERSPECTIVAS DE LAS FACULTADES DE INGENIERÍA HACIA EL FUTURO

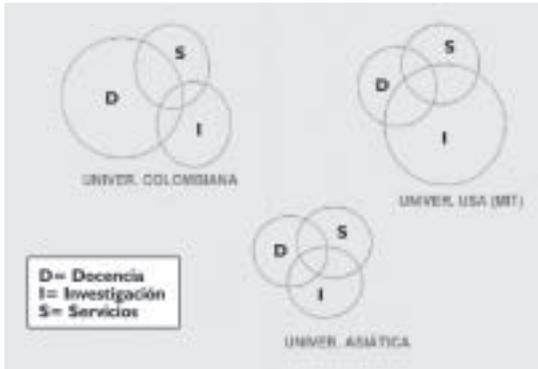
*Francisco G. Restrepo G.*

### ¿Están preparadas las universidades para afrontar los retos del futuro?

- Factores del entorno que afectarán a la universidad en el futuro
  1. Desarrollo incesante en ciencia y tecnología.
  2. Cambios en mercado laboral de personal calificado.
  3. Cambios demográficos.
  4. Reconceptualización del empleo/trabajo.
  5. Mayor competencia interinstitucional y competitividad a escala global, en lo educativo.
  6. Nuevas actitudes de jóvenes y padres de familia ante la educación universitaria.
  7. Nuevas políticas públicas de los gobiernos con relación a la Educación Superior.
- Los desafíos educativos para el futuro
  1. Desarrollo incesante de ciencia y tecnología
  2. Pragmatismo laboral
  3. Aparición/desaparición de oficios y profesiones
  4. Alternativas de competencia
  5. Cambios sociales y económicos
- El desfase creciente de la educación superior



- ¿Qué modelo de universidad?



- Las mejores universidades del mundo

País	Top 20	Top 100	Top 200	Top 300	Top 400	Top 500
EE. UU.	17	51	90	119	139	170
Reino Unido	2	11	18	29	35	42
Japón	1	5	9	13	26	36
Alemania	-	7	17	27	37	43
Canadá	-	4	9	16	19	23
Francia	-	4	8	13	20	22
Suecia	-	4	6	9	9	10
Suiza	-	3	6	6	7	8
Italia	-	1	5	10	16	23
Rusia	-	1	1	1	2	2
China	-	-	1	6	13	16
Sur Corea	-	-	1	2	5	8
España	-	-	1	2	4	9
Brasil	-	-	1	1	3	4
México	-	-	1	1	1	1
Argentina	-	-	-	1	1	1
Chile	-	-	-	-	1	1

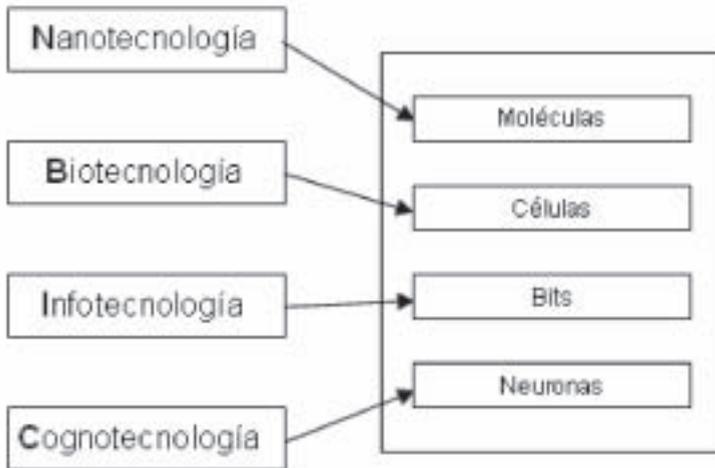
Fuente: Jiao Tong Shangai

## La tecnología

- El actual protagonismo tecnológico
  1. La tecnología es una de las variables clave para generar desarrollo económico.
  2. La tecnología contribuye decisivamente a mejorar la calidad de vida de la sociedad y al bienestar de las personas.
  3. La tecnología determina qué países, regiones, localidades y ciudades son exitosas de cara a la globalización.

4. La competitividad de las empresas, está condicionada al desarrollo y aplicación de la tecnología en los procesos productivos.

- Ciencia y tecnología al inicio del siglo XXI: la tetralogía NBIC



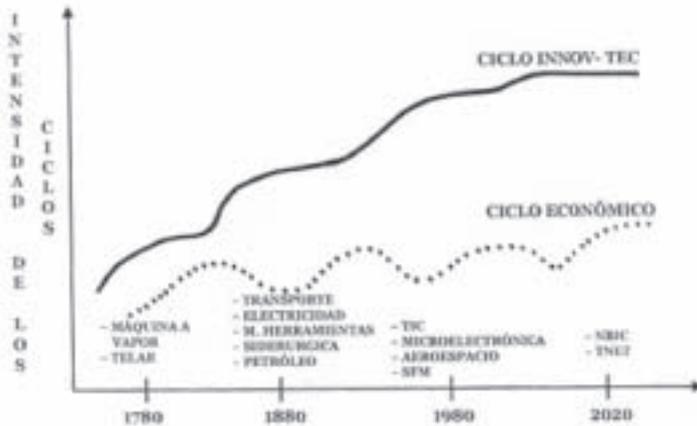
Fuente: J.L. Cordeiro, Febrero 2005

- Las 10 nuevas tecnologías emergentes



Fuente: Tech, Review, May 2005

- Relación entre ciclos económicos y ciclos de innovaciones técnicas/ tecnológicas, según A. Kondratiev y J. Schumpeter



- El actual cambio de paradigma industrial

Ayer:	Hoy-futuro
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrias intensivas en uso de recursos naturales.</li> <li>• Industrias exitosas por proteccionismo.</li> <li>• Industrias locales.</li> <li>• Industrias individuales.</li> <li>• Industrias intensivas en mano de obra y <i>Low- Tech</i>.</li> <li>• Industrias contaminantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrias intensivas en uso de alta tecnología.</li> <li>• Industrias exitosas por competitividad abierta.</li> <li>• Industrias globales.</li> <li>• Industrias en red, cadenas productivas y clusters.</li> <li>• Industrias intensivas en mano de obra calificada y <i>Hi - Tech</i>.</li> <li>• Industrias limpias.</li> </ul>

(Fuente: Colciencias, Plan Estratégico 2000 – 2010)

- Ranking tecnológico en América Latina

Índice Tecnológico (Wef)	Índice Adelanto Tecnológico (Pnud)	Índice Sociedad de Redes (Cdi-Harvard)	
		Uso Redes	Habilidades
1 Costa Rica	1 México	1 Argentina	1 Chile
2 México	2 Argentina	2 Chile	2 Brasil
3 Chile	3 Costa Rica	3 Uruguay	3 Argentina
4 Uruguay	4 Chile	4 Brasil	4 Uruguay
5 República Dominicana	5 Uruguay	5 República Dominicana	5 Costa Rica
6 Argentina	6 Panamá	6 México	6 México
7 Brasil	7 Bolivia	7 Perú	7 Panamá
8 Venezuela	8 Colombia	8 Paraguay	8 República Dominicana
9 Colombia	9 Perú	9 Costa Rica	9 Venezuela
10 Panamá	10 Paraguay	10	10 Salvador
		11 Bolivia	11 Colombia
		12 Colombia	

Fuente: World ECONOMIC Forum 2002

## Caso Massachusetts Institute of Technology – MIT (EE.UU.)

- ¿Qué es y para qué sirve la ingeniería?
 

“La ingeniería es una profesión creativa, cuya razón de ser es el desarrollo y aplicación del conocimiento científico y tecnológico para satisfacer las necesidades de la sociedad, dentro de los condicionantes físicos, económicos, humanos y culturales” (MIT Engineering School; EUA),
- Metas de la educación del pregrado en ingeniería del MIT (1988)
  - Tener bases firmes de ciencia básica para el campo técnico.
  - Adquisición de conocimiento práctico en el área de interés de la tecnología.
  - Comprensión de los desarrollos históricos, sociales, económicos, filosóficos, con enfoque holístico.
  - Adquisición de la cultura de autoeducación permanente.
  - Practicar las capacidades de inventiva e ingenio vía proyectos de investigación.
  - Practicar la ingeniería de síntesis en un proyecto de diseño.
  - Desarrollo de capacidades en comunicación oral, escrita y gráfica.
  - Captar y comprender holísticamente el entorno y relacionarlo con el desarrollo tecnológico.
- Contexto educativo de la ingeniería en el MIT

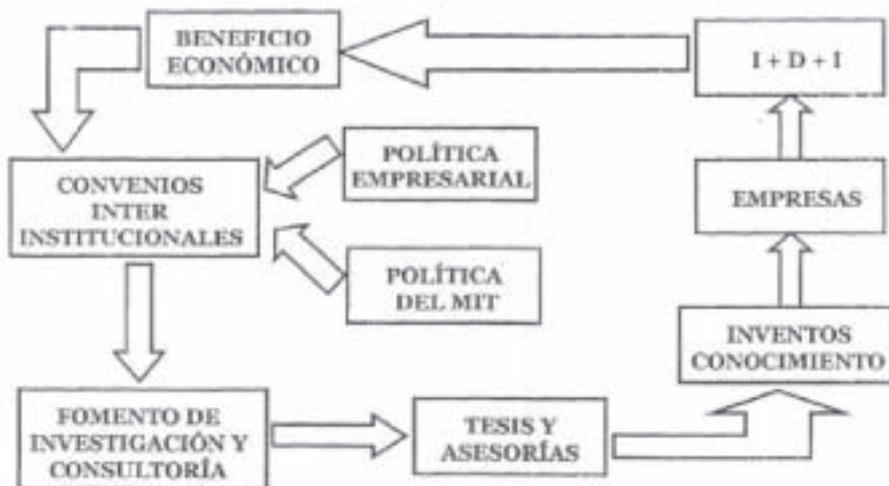


*Filosofía educativa del MIT para la enseñanza de la ingeniería*

- Componentes del contexto educativo en ingeniería del MIT
  1. Competencias de los docentes:
    - Conocimientos actualizados.

- Experiencia práctica acreditada - Capacidades pedagógicas.
  - Habilidades motivadoras.
  - Espíritu de búsqueda e innovación.
2. Habilidades de los estudiantes:
- Conocimientos suficientes de Matemáticas, Física e Informática.
  - Vocación por la relación teoría/práctica del mundo físico.
  - Habilidades heurísticas.
3. Infraestructura educativa:
- Aulas, biblioteca, infoteca y laboratorios.
  - Ambiente físico y social estimulantes para el aprendizaje - Convenios *off-campus* (G + I).
  - Administración preactiva.

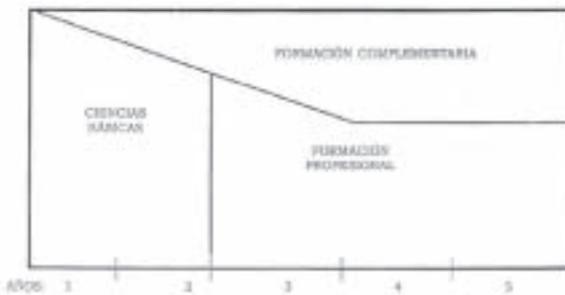
- La alianza productiva entre la universidad y las empresas. Modelo del MIT



## La formación de ingenieros

- ¿Qué es y para qué sirve la ingeniería?  
 “La ingeniería es una profesión creativa, cuya razón de ser es el desarrollo y aplicación del conocimiento científico y tecnológico para satisfacer las necesidades de la sociedad, dentro de los condicionantes físicos, económicos, humanos y culturales”. (MIT Engineering School; EUA)

- Características básicas del curriculum de ingeniería
  1. Predominio del componente formativo sobre el informativo. Solidez en la formación en Ciencias Básicas: Matemáticas, Física, Química e Informática. *Objetivo: aprender a aprender de por vida.*
  2. Formación específica en una rama de la ingeniería con suficiente cantidad y calidad de conocimiento. *Objetivo: aprender a hacer.*
  3. Necesaria formación complementaria en áreas de la Economía, Idiomas, Social y Administración. *Objetivo: aprender a ser.*
  
- Concepción curricular en las facultades de ingeniería

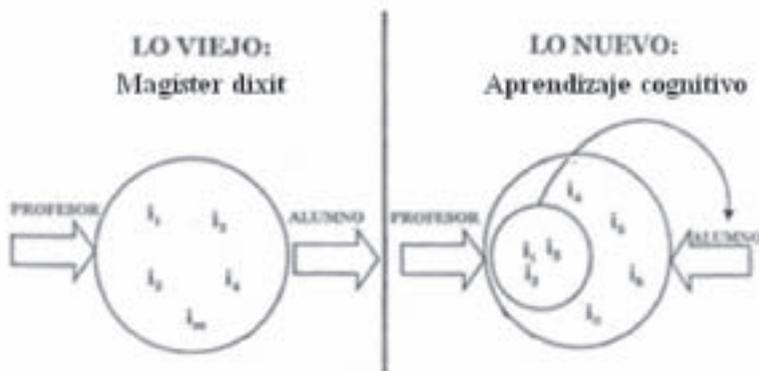


- La formación complementaria del ingeniero: áreas prioritarias
  1. Socio humanística.
  2. Cultura general e idiomas.
  3. Economía y finanzas.
  4. Desarrollo, planeación y medio ambiente.
  5. Administración.
  6. Gestión tecnológica e Innovación.

- Áreas de la gestión tecnológica



- Temas clave en la gestión tecnológica
  1. Fuentes de información para identificar oportunidades de desarrollo tecnológico.
  2. Criterios de evaluación / selección de la tecnología.
  3. Identificación y selección de proveedores de tecnología.
  4. Negociación de tecnología.
  5. Desagregación de tecnología.
  6. Papel de I + D en el desarrollo tecnológico.
- La necesaria reingeniería de la formación en ingeniería



## Caso Colombia

- La enseñanza de la ingeniería en Colombia:
  1. Tiene más de cien años de trayectoria.
  2. No ocupa, por número de matriculados, el nivel prioritario que tiene en países desarrollados.
  3. Sólo inicia programas de postgrado (especializaciones y maestrías) en años recientes
  4. Apenas se están creando programas de doctorado
  5. Hay demasiadas carreras especializadas a nivel de pregrado.
  6. Hay problemas de concepción y calidad en currículos, pedagogía laboratorios, instalaciones y gestión.
- Importancia de la ingeniería en la vida nacional:
  1. Permite generar bienes y servicios en el aparato productivo de manera eficiente y económica.
  2. Contribuye eficazmente a mejorar el nivel de vida de la población.

3. Facilita al Estado y sus instituciones el cumplimiento de sus obligaciones y responsabilidades sociales.
4. Contribuye a que el país participe en la globalización, vía competitividad.

- Evolución de los programas de ingeniería



- Desafíos actuales de las facultades de ingeniería en Colombia:

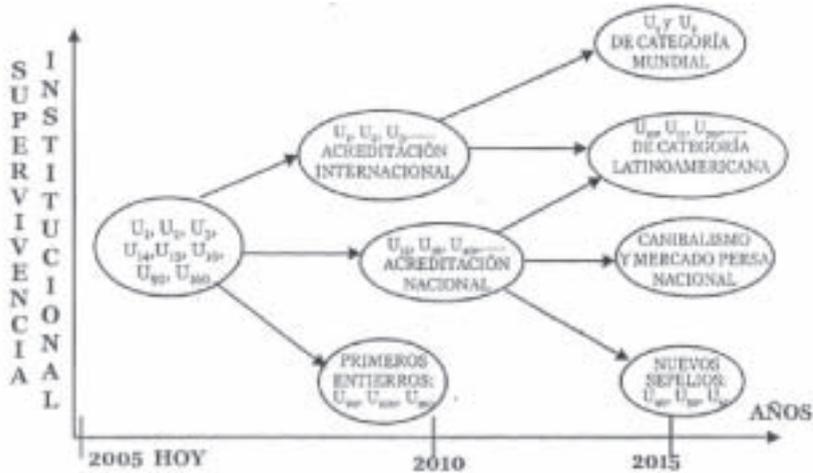
1. Actualizar los programas con criterios de pertinencia con las necesidades del país y de la competitividad mundial.
2. Superar las limitaciones en cantidad y calidad de docentes, investigadores, laboratorios, redes informáticas y bibliotecas.
3. Mejorar los vínculos con el sector productivo nacional e internacional.
4. Globalizarse con universidades foráneas y Asociaciones profesionales mundiales.
5. Consolidar programas de pregrado y postgrado (Especializaciones, Maestrías y Doctorados).

- Las apremiantes tareas de las facultades de ingeniería en Colombia:

1. En el marco de la globalización, conocer los impactos de la prospectiva tecnológica en la enseñanza de la ingeniería.
2. Reconceptualizar y rediseñar los currículos heredados del siglo XX.
3. Lograr la acreditación internacional. Seleccionar socios pares en los países desarrollados.
4. Generar alianzas estables y productivas con sectores empresariales, gubernamentales y entidades relacionadas con la ingeniería.

5. Disponer de Faculty (profesores-investigadores) de categoría mundial y de plataforma educativa.

- Evolución universitaria 2005 – 2015 (Caso Colombia y Antioquia )



- Las necesarias interrelaciones de la universidad colombiana



## Conclusiones

- La universidad del futuro:  
El tránsito de hoy al futuro: lo viejo no ha muerto aún, pero lo nuevo tampoco ha nacido completamente.



- Bases para excelencia académica universitaria:
  1. Profesores de planta de alta calidad, de categoría mundial
  2. Condiciones laborales óptimas del profesorado: salarios, seguridad social y estabilidad
  3. Atmósfera de libertad académica y estímulos intelectuales
  4. Facilidades de apoyo académico: bibliotecas, laboratorios, internet, oficinas, intercambios y alianzas U-O-E.
  5. Autogobierno con gestión estratégica
  6. Financiación sostenible en el largo plazo
 (Fuente: Institute of Higher Education, Shanghai Jiao Tong University (2004))
  
- Requisitos de acreditación del ABET\* para escuelas de ingeniería en EE.UU. (2000)
 

Los estudiantes deben:

  1. Tener habilidades para diseñar y conducir experimentos; analizar e interpretar resultados.
  2. Tener capacidad para diseñar un sistema, componentes y procesos y satisfacer necesidades dadas.
  3. Tener habilidad para operar en grupos multidisciplinarios.
  4. Tener habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

\* **ABET, Inc.**, the recognized accreditor for college and university programs in applied science, computing, engineering, and technology, is a federation of 28 professional and technical societies representing these fields. Among the most respected accreditation organizations in the U.S., ABET has provided leadership and quality assurance in higher education for over 70 years. ([www.abet.org](http://www.abet.org))

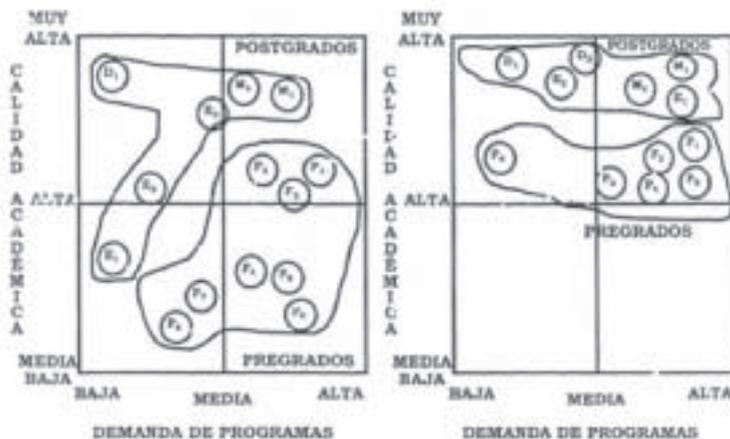
5. Tener comprensión de la responsabilidad ética y profesional.
  6. Tener habilidad para comunicarse efectivamente.
  7. Tener formación suficiente para entender impactos de la ingeniería en los contextos social y global.
  8. Reconocer el valor del aprendizaje permanente.
  9. Tener conocimiento de los temas de actualidad
  10. Tener habilidades en el uso de técnicas, métodos y herramientas modernas para la práctica de la ingeniería.
- ¿Cómo hacer la transformación de la universidad de hoy hacia la universidad del futuro?

### Enfoque Sistémico



- El reto de la transición del portafolio

### Matriz estratégica



- Las tres estrategias genéricas para competir



Fuente: M. Porter, Estrategia Competitiva, 1985.

## 2. PANEL

### Primera pregunta

¿Cuáles son sus recomendaciones sobre un mínimo de créditos académicos para el pregrado?

- *Eduardo Silva*

Antes que un número (140, 160, 180), habría que precisar lo que estamos llamando "créditos académicos". Por ahora, en cumplimiento de la normatividad, se ha hecho una conversión de las horas presenciales de las clases a créditos en una relación 1:1, pero se ha avanzado muy poco, en el promedio nacional, sobre el seguimiento al trabajo independiente del estudiante, la cuantificación de los tiempos necesarios para la "investigación formativa", para la solución de ejercicios y problemas, etc.

Frente a los objetivos de enseñanza de alta calidad, movilidad de estudiantes y homologación internacional de los estudios, es necesario avanzar con mayor celeridad.

Por otra parte, el número total de créditos es una consecuencia de los objetivos del programa y del perfil profesional que se desea

alcanzar, y no parece lógico que se haga a la inversa, es decir, que se defina un tope de créditos y luego ver cómo se ajustan los números.

- *Germán Oliveros*

El concepto o la definición de crédito para subsumir el tiempo que debe dedicar el estudiante para alcanzar las competencias que lo acrediten como profesional en ingeniería, ha sido trajinado desde hace varios años, así sea con diferentes equivalencias. Recuerdo que, durante mi formación como ingeniero electricista en la UIS, por los años 60, los cursos se cuantificaban en créditos. Otro asunto es que, como estudiante, no tuviese claridad sobre que se quería decir exactamente con el término crédito. Para entonces se hablaba más de contenidos que de competencias, se destacaba la enseñanza sobre el aprender, y, en síntesis, no se tenía la claridad que hoy da el Decreto 2556 del 2003. De por sí, lo más importante era completar en cinco años un determinado número de horas teóricas o prácticas. Se puede decir que el término hace furor a partir de la reglamentación de la Ley 30 de 1992, la cual eleva la calidad en los programas universitarios, de modo que permitiría al país comparar las características de los profesionales formados en su Sistema de Educación Superior, con los del ámbito nacional o internacional. Las normas que surgieron a partir de 1994 para medir la calidad de los programas ofrecidos por las IES, llevaron consigo la precisión de la unidad de medición, y el crédito volvió a tomar importancia como unidad para comparar la dedicación del estudiante en instituciones de calidad para alcanzar su título profesional.

De aquí surgen varias preguntas. ¿Tienen todas las Instituciones de Educación Superior (IES) los mismos criterios que permitan la comparabilidad de los programas? ¿Cuál es la preparación de las IES para dar el mismo significado a esta unidad de medida? ¿Está la comunidad de docentes preparada para hacer seguimiento y evaluación del trabajo independiente del estudiante? Para el caso de la ingeniería, ¿la relación de 2 horas de trabajo independiente del estudiante por cada hora presencial, sería similar en todos los casos, independientemente de la calidad del profesorado, de los recursos bibliográficos, de laboratorios y de computación? Al no tener en cuenta unos estándares de calidad en estos tópicos, es muy difícil llegar a

afirmar que los 160 créditos de una universidad puedan ser equivalentes al mismo número de créditos en otra universidad.

¿Qué hacer, entonces? Como no se trata de ser inferior a los retos que se nos plantean, es nuestra responsabilidad desarrollar un marco común de referencia para la evaluación y el reconocimiento de las competencias profesionales esperadas al finalizar un programa de ingeniería, que, además del reconocimiento, permita la movilidad de nuestros estudiantes en un mundo virtualmente unido, y, por ende, utilizar una unidad común de transferencia como es el crédito.

Para recomendar un mínimo número de créditos, en ingeniería, se tiene que partir de una clara definición del perfil del egresado, perfil que debe estar estrechamente relacionado con las competencias laborales que se exigen al profesional de un área determinada. El perfil del egresado, la determinación de las competencias, no es sólo función de la universidad: el sector externo es un interlocutor indispensable en esta determinación. Un acuerdo en este sentido lleva a descifrar el tiempo que el estudiante, con unas determinadas competencias de entrada, debe invertir en alcanzar ese perfil. El análisis de varios años, de una institución como la nuestra, ha llevado a perfilar un número de 160 a 170 créditos para la formación de un profesional en cualquiera de las áreas de la ingeniería.

No me preocupa el número de semestres que dura el programa. El estudiante marca su paso dependiendo de sus competencias de entrada, de los niveles de exigencia de su institución (relacionados con la calidad) y del propio interés del estudiante. Se debe tener muy en cuenta que los estudios de pregrado no son terminales y que el compromiso del estudiante es continuar aprendiendo. Queda el interrogante sobre el seguimiento que se debe hacer al estudio independiente del estudiante para poder evaluar si cumple su parte en su proceso de formación.

Llegar a sugerir un número aproximado de créditos para la formación de un ingeniero, que sirva de guía a las autoridades del gobierno y a la comunidad académica, implicó un sistema de calidad nacional que garantizara que, en el proceso de formación, las IES forman el

profesional cuyo perfil definieron, y que para ello cuentan con la organización, los profesores y los recursos físicos necesarios. Se debe destacar el proceso que viene siguiendo el Ministerio de Educación Nacional (MEN) al impulsar un sistema de evaluación continua de todo el sistema educativo, desde la educación básica hasta la educación superior, y el posterior seguimiento a los profesionales. Nuestro Sistema de Nacional de Calidad ya se considera en otros países. El registro calificado, la acreditación de alta calidad y los ECAES son procesos que van madurando, y de sus frutos se benefician los profesionales y el país. Gracias a estos procesos, la cultura de la evaluación se extiende con cierta rapidez y son diversos los esfuerzos que las IES realizan para mejorar sus mecanismos de evaluación con fines de acreditación. A distancia de Bolonia y del programa Tuning, estos procesos en Colombia siguen la huella y los objetivos de aquellos.

Queda claro que la creación y promoción de estos procesos han sido decisivas para asegurar y fomentar la calidad, la comparabilidad y la transparencia de la oferta educativa, lo que seguramente nos llevará a un mayor reconocimiento internacional.

- *Adolfo León Arenas*

La definición de un crédito académico es útil como una de las vías posibles, no la única, para la comparación de diferentes programas y la toma de decisiones administrativas por parte de las instituciones de Educación Superior del país que han adoptado esta unidad de medida.

### Contextualización de la educación superior



### Reconfiguración del trabajo académico



- ▶ Modelo centrado en el estudiante y su aprendizaje, más que en el profesor y su enseñanza.
- ▶ Rol del estudiante: deberá ser independiente y autónomo, responsable para aprender con capacidad de fijar objetivos y metas, implementar estrategias y evaluar su progreso.
- ▶ Rol del docente: deberá proporcionar el contexto necesario para facilitar el aprendizaje, utilizando estrategias que garanticen a cada estudiante su concepción sobre el conocimiento; debe sugerir las rutas posibles para que el estudiante construya el conocimiento y realice su proceso de aprendizaje.
- ▶ El acompañamiento docente no debe ser estrictamente presencial, lo cual implica cambiar radicalmente el valor estratégico del aula de clase y de la presencia del maestro.

#### *Definición de crédito académico*

Unidad que permite medir el tiempo del trabajo académico del estudiante en función de las competencias que debe desarrollar para ser idóneo en su desempeño profesional.



#### - Mesa de Trabajo

##### Comentarios:

- El número de créditos debe aparecer luego de una evaluación rigurosa. Se deben definir las competencias con relación al medio externo donde se ejercerá la profesión; luego se definen los contenidos y las metodologías que darán el número de créditos.
- Ejercicios anteriores de ACOFI sugieren un mínimo 160 créditos y 3200 horas presenciales para Latinoamérica.
- ¿Todas las ingenierías requieren el mismo número de créditos para desarrollar las mismas competencias? La evaluación se debe realizar por áreas y para asignaturas similares.
- La calidad académica de los estudiantes no es igual en todas las universidades o regiones. Por lo tanto, el número de créditos no será igual en todas partes. Esto constituye una limitante. Por otra parte, ninguna institución reconocería que sus estudiantes requieren más créditos, por estar en condiciones de desventaja.
- Sería ideal llegar a un valor de créditos mínimo, pero asociado con las competencias básicas.

- Parece existir un afán de las instituciones por reducir el número de créditos.
- Se ha migrado de una educación en la que se daba la carpintería de todos los procesos y teorías, a una educación en la que se aprende a innovar y a solucionar problemas.
- Hacer un rediseño curricular es traumático. En muchos casos, actualmente, se ha pasado de 70 cursos a 52.
- La globalización es una realidad y es necesario estandarizar, en algunos aspectos, de la educación superior, por cuanto es necesario tener algún patrón de comparación entre las instituciones. Se debe definir un mínimo de créditos y un rango recomendable. No se puede poner a todos bajo el mismo rasero. Indudablemente hay aspectos económicos que influyen, como los costos de la formación de los profesionales. Los actuales bachilleres deberían tener 12 años de formación.
- Se debe tener en cuenta de dónde viene el estudiante y hacia donde va el profesional y no olvidar que la formación será a lo largo de la vida
- La dedicación del estudiante es, en general, de 10 semestres de 16 semanas cada uno.
- Es necesario definir unas competencias para el programa, junto con los contenidos, recursos (infraestructura, bibliotecas, laboratorios, etc.) y modelos pedagógicos.
- Siempre se ha formado por competencias. Antes diseñábamos proyectos rígidos. Actualmente la competencia ya no es para hacer la carpintería de los temas, sino para desarrollar y proponer soluciones a los problemas de la sociedad.
- Puesto que la formación se realiza a lo largo de toda la vida, para el pregrado conviene definir cuál es la formación fundamental de un ingeniero. La formación continua y avanzada, a nivel de postgrado, depende de la autonomía de la persona y de las propuestas de las instituciones.
- Para definir la propuesta formativa hay que tener en cuenta el contexto en el que va a desempeñarse el ingeniero.
- Si se da esa llamada "reducción de créditos, existen dudas sobre cuál será la calidad de los ingenieros así formados. Los Consejos Profesionales deberán modificar los procedimientos para acreditación profesional.

- Metodologías diferentes y recursos diferentes implican duraciones diferentes. El concepto de crédito no debe estar asociado con el de calidad.
- Si se va a medir el trabajo del estudiante, hay que medir tanto las condiciones en que entra, como las condiciones de la universidad que le recibe. Además, hay que considerar los cambios en la forma de aprender de los estudiantes actuales respecto de los anteriores. Los estudiantes de hoy en día tienen grandes habilidades tecnológicas y un mejor conocimiento de la situación global.
- Las condiciones sociales no son iguales para todos. Se precisan programas más flexibles y propuestas formativas que ofrezcan mayor autonomía al estudiante para definir su trayectoria curricular.
- Hay que socializar experiencias exitosas de metodologías de aprendizaje que se muestran más eficientes. ACOFI debe propiciar estos eventos.
- El aprendizaje no debe seguir necesariamente la secuencia ciencias básicas – aplicación, sino que, en muchos casos, esta doble formación podría ser simultánea. Esta simultaneidad permitiría mayores niveles de eficiencia.
- En algunos casos, hay grandes demoras para la graduación (13 semestres en promedio) y la formación de pregrado coincide en la práctica con una especialización en la misma ingeniería.

#### Propuestas:

- Es muy difícil hablar del número de créditos sin hacer un análisis detallado de la situación actual y definir previamente las competencias básicas de nuestros ingenieros. También hay que tener en cuenta tanto las condiciones de los estudiantes, como las posibilidades institucionales (instalaciones, recursos, medios con los que cuentan, etc.)
- Ejercicios anteriores promovidos por ACOFI, en el año 2.000, sugieren 160 créditos y 3.200 horas presenciales, como mínimo, para Latinoamérica.
- Las instituciones de educación superior deben revisar sus planes curriculares y las correspondientes metodologías.
- Es necesario estandarizar para poder comparar, en un mundo globalizado.
- Las competencias son para desarrollar un pensamiento más elaborado, propio de la educación superior, y proponer soluciones creativas.

- Se debe revisar la dedicación real de los estudiantes al estudio.
- No todas las áreas requieren el mismo número de créditos para desarrollar programas similares.
- Ni todos los estudiantes ni todas las instituciones se encuentran en las mismas condiciones.
- Conviene socializar experiencias exitosas en el uso de metodologías más eficientes de aprendizaje. ACOFI debe promover estas actividades.
- Hay universidades que ya han implementado reformas curriculares que implican una reducción en el tiempo de formación. Los resultados se evaluarán a medida que avance la reforma.

## Segunda pregunta

¿Cuáles son sus recomendaciones para articular los instrumentos de aseguramiento de la calidad?

- *Eduardo Silva*  
Los numerosos instrumentos que se han puesto en marcha, no parecen articulables pues apuntan a objetivos diferentes. Una mirada global a la Institución, al programa, a los profesores, a los estudiantes, a los egresados podría ser trabajo de unos “pares académicos” mejor adiestrados que los actuales, que, por ejemplo, hagan análisis de correlación.

Para la ingeniería se ha puesto al margen la certificación de sus laboratorios, y ésta debería ser una meta de los programas y de las Instituciones, que, en sus misiones, se proponen la docencia, la investigación y la proyección social con características de alta calidad. Recomendaría no perder de vista, en general, dos axiomas aplicados internacionalmente a la ingeniería: primero que la profesión de ingeniería es de alta responsabilidad social; y segundo que, en muchos países, se ha adoptado el lema de considerar la ingeniería como un “asunto de defensa nacional”.

- *Germán Oliveros*  
Registro calificado y Acreditación de alta calidad son procesos estrechamente ligados. Con el primero se inicia un plan de mejoramiento que apunta al segundo. Para su mayor validez, tanto los agentes (pares) como los instrumentos, deben estar en

permanente observación y evaluación. En esta evaluación deben participar las autoridades de gobierno, los estudiantes de los programas y la sociedad que los recibe para su ejercicio profesional. Se sugiere la conformación de mesas de trabajo con estos actores para mejorar los elementos que constituyen el sistema.

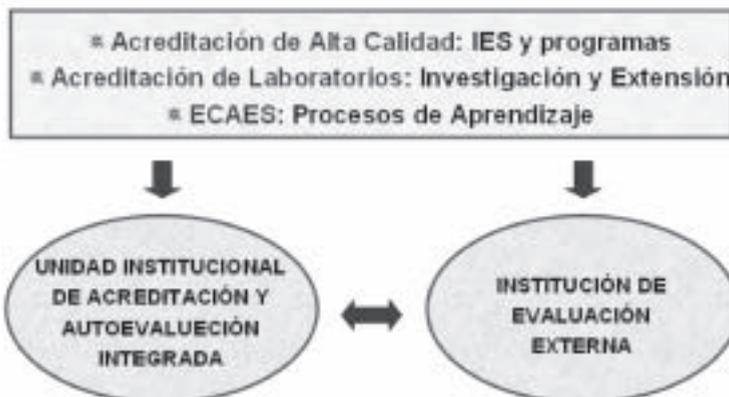
De lo anterior se deduce, no obstante el costo, la consolidación de una estructura administrativa que vele por los principios de comparabilidad y transparencia.

La conformación de una especie de *Escuela de Pares* que, en lo metodológico, enseñe a operar con equidad en el momento de la de la visita.

Un punto avanzado del sistema de calidad son los ECAES. Las facultades de ingeniería, comprometidas con la calidad, han tramitado su registro y continúan hacia el reconocimiento de su alta calidad. Resulta extraño que algunas titulaciones reconocidas internacionalmente no gocen del privilegio de que sus egresados puedan presentarse a los ECAES, que son el mejor indicador de sus logros recomendando que se aborde esta situación, estructurando los ECAES de tal manera que midan tanto las competencias genéricas del ingeniero como las competencias del área específica de la ingeniería en la que se obtiene el título.

- Adolfo León Arenas

Articulación de instrumentos de aseguramiento de calidad



- *Mesa de Trabajo*

Instrumentos actuales de aseguramiento de la calidad en Colombia.

- Registro Calificado.
- Acreditación de Programas.
- Acreditación de Instituciones.
- ECAES.
- Certificación de calidad ISO para servicios de extensión y laboratorios.
- Acreditación Internacional.

Instrumentos implícitos

- Nivel de producción intelectual.
- Reconocimientos por comunidades académicas.
- Impacto en la región.
- Nivel del profesorado en formación, investigación y extensión.
- Ubicación y extensión.

Factores de calidad

- Infraestructura física.
- Recursos para la academia.
- Investigación y extensión.
- Bienestar institucional.
- Docentes.
- Capacidad de organización y gestión.
- Soporte tecnológico e informático.

Consideraciones para la articulación

- Establecer estándares globales con una escala de exigencia creciente, desde el registro calificado (que exige el cumplimiento de mínimos), hasta acreditación internacional con niveles de calidad global.
- Unificar los instrumentos para agilizar el proceso de información.
- Motivar la cultura del reconocimiento social por la calidad.
- Establecer un equilibrio entre unificación de criterios y diferenciación de estrategias, para conservar la identidad.
- Motivar la movilidad de estudiantes y profesores.
- Facilitar el auto-reconocimiento de cada programa y de cada universidad, frente a un modelo básico con el cual puedan confrontar sus posibilidades.
- Hacer un monitoreo permanente, en cada institución, que permita un seguimiento y mejoramiento que garanticen una buena evaluación externa en cualquier momento.

- Institucionalizar políticas, estrategias y entes administrativos para la gestión permanente de la calidad.
- Motivar una cultura de gestión de calidad en las universidades, estableciendo programas a largo plazo con sus correspondientes indicadores.
- Motivar redes por profesiones, lideradas por ACOFI, para proponer y gestionar estrategias de aseguramiento de la calidad, tales como los ECAES, para programas no tradicionales, como ingeniería de mercados, ingeniería financiera, ingeniería mecatrónica, ingeniería en energía, que son programas que cuentan con sus registros calificados debidamente tramitados.

### Tercera pregunta

- ¿Cuáles son sus recomendaciones asociadas respecto al uso de nuevas tecnologías de información y comunicación?

- *Eduardo Silva*

La recomendación obvia es usarlas intensivamente, no solamente por la eficiencia y audacia que puedan ofrecer para el diseño, sino también como parte de las estrategias pedagógicas para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje, para “aclimatar” los nuevos paradigmas de las llamadas “competencias” (aprender a aprender, etc.), implementar las autoevaluaciones, los módulos virtuales, etc.

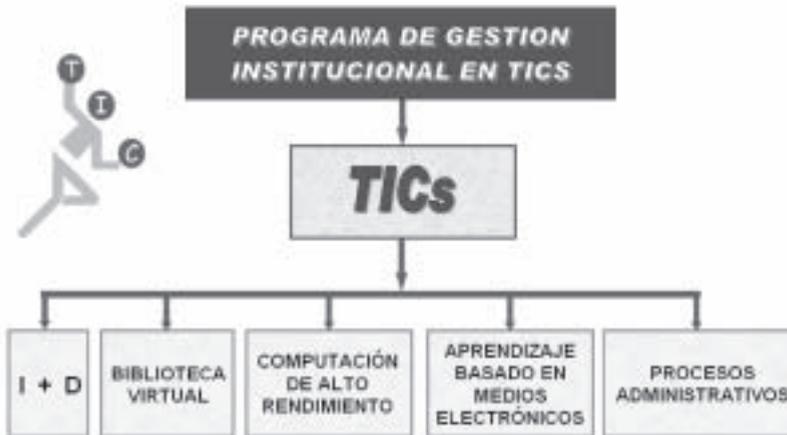
- *Germán Oliveros*

Respecto de las TICS, ACOFI, en ejercicio de su papel de Interlocutor con el gobierno en lo tocante a ingeniería, debería abrir un espacio de mayor amplitud para analizar esta componente metodológica de la formación de los ingenieros. Las IES están implementando el uso de plataformas que, como la WEBCT o MOODLE, acompañan al profesor en su proceso de complementar las clases presenciales con TIC ´S. Estos diseños empiezan a ser de dominio público. El papel de la Asociación sería al abordar el tema para mejorar la situación, en un momento en que el país, a través de la Red Nacional RENATA, mejoró su capacidad de intercomunicación.

Por su propia naturaleza, la formación en ingeniería debe utilizar al máximo estas Redes, que necesariamente están desembocando en la

formación virtual en ingeniería. El reto es definir cómo usarla adecuadamente. La Asociación tiene un amplio campo de acción para generar elementos de decisión para el Ministerio de Educación Nacional.

- *Adolfo León Arenas*



- *Mesa de Trabajo*

Comentarios:

- Capacitación permanente a la comunidad académica en el uso adecuado de las nuevas tecnologías
- Que las universidades, dentro de su programación académica, faciliten espacios para que los docentes desarrollen actividades en nuevas tecnologías
- Mayor divulgación de las nuevas tecnologías en de las instituciones educativas:
  1. Establecer políticas institucionales sobre el uso y desarrollo de las nuevas tecnologías, que estimulen la disposición de los docentes y estudiantes
  2. Hacer mayor inversión en la formación de los docentes
  3. Promover programas para enseñar al estudiante y al docente a administrar la información: búsqueda, almacenamiento, direccionamiento, apoyo en redes y bases de datos.
  4. Comprometer más al gobierno para que propicie y apoye el uso de herramientas tecnológicas, que sean de dominio público, y a su vez promueva su evaluación a nivel institucional.



## — Segundo Foro —

Tuvo lugar el día 23 de febrero de 2006, en el Aula Magistral 25E de la Universidad del Norte de la ciudad de Barranquilla. La *conferencia* estuvo a cargo de Vicente Albeniz L. profesor de la Escuela Colombiana de Ingeniería, quien trató el tema de las estrategias curriculares. En el *panel*, participaron: Amparo Camacho, Directora Académica de la División de Ingeniería de la Universidad del Norte, Barranquilla, Patricia Márquez, Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Sinú, Montería, Francisco Rebolledo, Decano Académico de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, y Alberto Ocampo, Director de Pregrado y Maestría en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de Pereira.



# 1. CONFERENCIA

## ESTRATEGIAS CURRICULARES PARA LA FORMACIÓN DEL INGENIERO DEL AÑO 2020

Vicente Albéniz

### El vértigo del futuro

El físico Niels Böhr acostumbraba a afirmar, con tanto humor como acierto, que “hacer predicciones es siempre muy difícil..., especialmente cuando se trata del futuro”. Esta consideración puede ayudarnos a ser prudentes en nuestros pronósticos. Pero, por otra parte, resulta necesaria, y hasta natural, la audacia para ocuparse del futuro. El año pasado celebrábamos el centenario del nacimiento de Emmanuel Mounier, filósofo francés bien conocido entre quienes cultivan y se preocupan por el *personalismo*. Pues bien, con su lenguaje directo, Mounier invitaba al compromiso de futuro, con aquellas conocidas palabras suyas, que se convierten en un reto para nosotros, formadores de los actuales estudiantes de ingeniería que serán los ingenieros del año 2020: “Con las audacias de nuestros abuelos, no responderemos a las angustias de nuestros hijos”. Prudencia y audacia, en las adecuadas dosis, son necesarias para enfrentar los retos educativos del futuro.

Lo posible siempre nos seduce. Lo decía con palabra maestra, como todas las suyas, Paul Valéry: “Je n’aime rien tant que ce qui va se produire”. Consciente de este riesgo, Pascal advertía contra el embrujamiento que nos produce el vértigo del futuro sospechado, deseado o temido: “No nos contentamos con el presente. Somos tan imprudentes que nos dedicamos a soñar en tiempos que no son nuestros, sin pensar en el único que nos pertenece. Somos tan superficiales que soñamos en tiempos que no existen, sin reflexionar en el único que subsiste”.

Algunos pensadores han analizado las sutiles diferencias que es posible establecer entre el futuro y el porvenir. El futuro sería fruto del esfuerzo humano, resultado de la previsión y de la prospección (o prospectiva), fuente de los proyectos, tiempo de esperanza... El porvenir, por su parte, es imprevisible, se presenta eventualmente, es el ámbito de los deseos y de las inquietudes, ante él sólo queda aceptar o adaptarse, es el tiempo de la espera. Futuro y porvenir: esforzarse y aceptar...

Para enfrentarse a ambas contingencias, futuro y porvenir, el ser humano está dotado de la más formidable capacidad, que le es exclusiva y excluyentemente propia: la inteligencia. El mejor medio de prever el porvenir es inventarlo: convertirlo en futuro, haciéndolo proyecto. Porque, como ha mostrado magistralmente José Antonio Marina, la inteligencia o es creadora (de posibilidades) o no es inteligencia.

Por eso, la construcción de proyectos, que es el modo de afrontar el futuro, cuando lo son de verdad, es el fruto más granado de la inteligencia creadora.

## Educación superior y formación en ingeniería

De acuerdo con Germán Marquínez, lo que afirmamos sobre la educación, muestra lo que pensamos acerca del ser humano, porque la educación es, finalmente, un problema de antropología. El mismo Marquínez, siguiendo el pensamiento de su maestro Zubiri, analiza las consecuencias educativas de los dos modos clásicos de acercarse al ser humano. Considerar el ser humano como "cosa natural" (*res naturalis*), implica un cierto determinismo educativo: en el niño o en el joven está, en semilla, todo lo que puede llegar a ser. Es la conocida propuesta educativa de Píndaro, retomada por Nietzsche: "llega a ser el que eres": todo lo que eres, pero sólo lo que eres. Si se acepta que el ser humano es "cosa eventual" (*res eventualis*), la educación es el ámbito de lo posible, porque el hombre, además de lo que es, es lo que puede llegar a ser: educación posibilitadora.

La educación superior tiene su fuente de sentido en su relación con la sociedad y con el conocimiento. Por esa razón, no es posible reflexionar sobre la educación superior ni hacer propuestas con un mínimo de coherencia, si no se analizan previamente el estado de la sociedad y del conocimiento y sus mutuas relaciones.

### Sociedad actual

- Los efectos de la globalización.
- La distribución de la riqueza.
- El trabajo y el empleo.
- La utilización de los recursos.
- El impacto medio-ambiental.

- Los procesos de integración regional.
- Los procesos de construcción de nuevas identidades.
- La transformación de ideas y creencias.
- Transición cultural.

Estado actual del conocimiento:

- Las revoluciones científicas y tecnológicas.
- Las dos culturas.
- Las NTIC.
- La nueva alfabetización.
- La internacionalización y mundialización del conocimiento académico.
- Los estudios y movimientos CTS+I.
- La sociedad del conocimiento.

La situación descrita, se refleja en algunas de las tensiones que vive la Educación Superior:

- Gestión curricular – Administración académica.
- Hegemonía curricular – Diferenciación curricular.
- Formación profesional – Formación disciplinar.
- Formación básica – Formación generalista.
- Formación generalista - Formación especialista.
- Formación teórica – Formación práctica.
- Formación integrada – Estructura asignaturista.
- Formación inicial – Formación continua.
- Carreras autosuficientes – Procesos colaborativos.

En el caso de la formación en ingeniería, se presentan algunas circunstancias nuevas que conviene tener en cuenta:

- Nueva presencia de la naturaleza
- Nuevas propuestas de desarrollo económico
- Nuevas estructuras organizativas
- Nuevos recursos
- Nuevas tecnologías
- Nuevos mercados
- Nuevas formas de trabajo

En un momento histórico en que el sistema sociedad-educación superior-conocimiento se ha vuelto tan dinámico, turbulento e inestable, las instituciones

educativas deben estar muy alerta a las señales que les llegan desde los otros dos polos del sistema y recordar las palabras de Jack Welch: "Cuando la velocidad de cambio en el exterior supera a la velocidad de cambio en el interior, el fin está a la vista". Las instituciones de educación superior tienen por delante el enorme reto de transformarse, de acuerdo con las exigencias actuales, permaneciendo fieles a sí mismas. G. Casper, Presidente de la Universidad de Stanford (EE.UU.), lo ha anunciado con palabras contundentes: "Cuando se encuentre en los albores de su segundo milenio, la universidad, en tanto que entidad corpórea, no se parecerá mucho a lo que hasta hoy ha sido, si es que continúa existiendo de forma reconocible".

## Estrategias curriculares

Siguiendo el consejo de Unamuno, "para desentrañar los conceptos, lo mejor es destripar las palabras", antes de proponer algunas estrategias curriculares para la formación del ingeniero 2020, convendría hacer unas cortas consideraciones sobre el concepto mismo de estrategias curriculares.

El término *estrategia* nace en el ámbito militar: estrategia es el que conduce el ejército a la guerra. Del lenguaje militar, el vocablo emigró al vocabulario de la administración de empresas (¡curioso movimiento traslativo del sentido...!). Y, como en otros y no siempre afortunados casos, la educación terminó tomándolo prestado de la administración de empresas...

La utilización del término *currículum* en educación, es antigua y su uso ha sido habitual, históricamente, en los sistemas de educación anglosajones. Sin embargo, para evitar despistes, conviene no olvidar su origen etimológico. Etimológicamente, *currículum* significa "carrerita", así en diminutivo. Parece que los actuales, no son tiempos propicios para "carreras de fondo". Son los nuestros, los tiempos del "triumfo del fragmento": de cursos anuales pasamos a cursos semestrales, que han terminado convirtiéndose en cuatrimestrales (aunque sigamos con la ficción de hablar de "semestres de dieciséis semanas"...); el curso y la carrera se han convertido en cursillo y carrerita (currículo)...

Pareciendo ignorar todas nuestras propuestas e invenciones, la realidad sigue firme, ahí, frente a nosotros, desafiándonos. En esta reflexión sobre las estrategias curriculares, cobran especial sentido las palabras de Jorge

Wagensberg: "La naturaleza no tiene culpa alguna de los planes de estudio previstos en las escuelas y en las universidades".

Consideraremos las *estrategias curriculares* como los elementos integradores y organizadores de la estructura curricular, que fundamentan la formación integral de los profesionales.

## Estrategias curriculares para la formación del ingeniero del año 2020

- De acuerdo con el concepto anterior, el primer aspecto que se debe tener en cuenta, a la hora de construir o analizar una estructura curricular, son los *principios y fundamentos institucionales* y las *finalidades educativas*.
- Resuelto este primer asunto, es preciso analizar cuidadosamente los elementos del *entorno* que son significativos para la construcción de la propuesta formativa. Este asunto que, de modo permanente, ocupa mucho tiempo y supone grandes esfuerzos por parte de todos quienes se preocupan por una formación pertinente, es de la mayor importancia. Los resultados de este análisis permitirán la formulación de un adecuado perfil profesional y orientarán el establecimiento de las convenientes relaciones con el entorno.
- De acuerdo con el perfil del profesional definido, y teniendo en cuenta los principios y fundamentos institucionales y las finalidades educativas, se determina el *perfil del egresado*, que da origen al plan de formación. En este momento se debe decidir si se opta por una *formación generalista o especialista*.
- En el tema del *plan de estudios*, hay que comenzar definiendo los núcleos, áreas y subáreas que organizan las asignaturas de modo coherente. Asunto clave es la articulación, dentro del plan de estudios, de las ciencias básicas, las ciencias de la ingeniería y la llamada formación complementaria.
- Antes de seguir adelante, conviene conocer suficientemente las *características de los estudiantes*, tanto en el ingreso, como a lo largo del proceso educativo, y en el egreso.
- En el tratamiento de la *organización de las asignaturas*, hay que tener en cuenta asuntos tales como los *créditos*, la *flexibilidad*, la *electividad (énfasis)*, los *objetivos de formación* (o las *competencias...*), las *metodologías de enseñanza-aprendizaje*, la *presencia de la práctica*, el sistema de *evaluación, acompañamiento y calificación...*

- No se debe concluir la formulación de la estructura curricular sin definir las *relaciones* de la formación del pregrado tanto con la formación previa (bachillerato), como con la formación posterior (posgrados). Igualmente, hay que determinar cuál va a ser la presencia de la *investigación* en el proyecto de formación.

Para finalizar, parece oportuno recordar las palabras de Fernando Savater, en estos tiempos caracterizados por cierto conflicto entre las diversas tendencias acerca del sentido y finalidad de la educación: “Ante todo, la educación no puede ser simplemente una preparación encaminada al conocimiento y desarrollo de una serie de destrezas de tipo instrumental que nos permitan acceder a un desempeño laboral. En las democracias, cada ciudadano debe ser educado para ocupar cualquier puesto. No para una labor específica, sino con total libertad”.

## 2. PANEL

### Primera pregunta

¿Qué competencias esenciales podrían caracterizar al ingeniero del año 2020?

- *Patricia Márquez*

Para determinar las competencias esenciales que podrán caracterizar a los ingenieros del 2020, primero proyectamos la imagen que tendrá la ingeniería en la sociedad.

Consideramos que la sociedad entenderá y apreciará el impacto de la ingeniería en los sistemas socio-culturales. También reconocerá las habilidades de la ingeniería para orientar los cambios y desafíos que se presentan en un mundo complejo. Pero, igualmente, los ingenieros deberán demostrar tan buen conocimiento en las humanidades, ciencias sociales y economía, como en las ciencias naturales y matemáticas.

El ingeniero del año 2020 deberá poseer las siguientes competencias esenciales:

- Fuertemente analítico.
- Ingenioso, creativo e innovador.

- Habilidades para una buena comunicación.
- Habilidades para negociar y gerenciar.
- Alto sentido de la ética y del profesionalismo.
- Dinámico, ágil, resistente y flexible.
- En formación durante toda la vida.
- Capacidad para colocar los problemas en el contexto socio-técnico y operacional.
- Líder adaptable.
- Sentido y compromiso social.
- Visión y conocimiento del entorno y de sus tendencias en el ámbito mundial y regional.
- Visión y acción interdisciplinar y transdisciplinar.
- Capacidad de solucionar problemas complejos y abiertos.
- Responsabilidad medioambiental.
- Conocimiento de lenguas extranjeras.
- Visión empresarial.
- Formación integral en el sentido holístico y sistémico, que permite relacionar e integrar diversas y múltiples disciplinas. Vamos hacia un mundo del conocimiento propio del analista simbólico.
- Capacidad de trabajo en equipo y de colaborar, compartiendo problemas y soluciones.
- Desarrollo de destrezas intelectuales, o habilidades de pensamiento, que permiten recursividad profesional y aprender en el terreno, cuestión fundamental cuando las competencias estrictamente cognoscitivas, en la sociedad actual, quedan rápidamente obsoletas.

- *Alberto Ocampo*

El término competencias lo empezaron a utilizar los psicólogos organizacionales, al concluir que los conocimientos y el coeficiente intelectual no bastaban para predecir con confiabilidad el desempeño exitoso de un individuo en un trabajo determinado, y que sus comportamientos dependían de manera compleja de los conocimientos, las habilidades, la motivación y la personalidad.

De otro lado, y como consecuencia de la Declaración mundial sobre educación superior – Paris, octubre de 1998 – y de la Declaración de

Bolonia al año siguiente, empiezan a discutirse, en el ambiente universitario, temas como el pensamiento complejo, la inteligencia emocional, la formación en el ser, en el saber, en el hacer y en el convivir con los demás, que confluyen en lo que se denomina la formación en competencias.

En Colombia, el tema de la formación en competencias aparece, también, influenciado por dos hechos: 1) Los proyectos europeos con alcance latinoamericano orientados a propiciar mayor compatibilidad y convergencia de los sistemas de educación superior. 2) Los exámenes de calidad para la educación superior que, según el ICFES<sup>1</sup>, evalúan las competencias básicas de los estudiantes próximos a egresar como profesionales.

Retomando los aspectos conceptuales y reconociendo la identidad compleja del ser humano, se puede decir que el acto educativo es multidimensional, desde la visión de la clasificación de las competencias en el proceso de formación, pero integral y único, en el comportamiento del sujeto ante una situación-problema. Este planteamiento es fundamental para entender el rol del docente en el nuevo paradigma educativo.

Al estudiar la clasificación de las competencias, se encuentran tantas como autores. En aras de facilitar una aproximación de respuesta a la pregunta inicial, se toma una clasificación que ha servido para incursionar en el tema, y es considerarlas en la clasificación de básicas, genéricas y específicas.

Competencias básicas: Son las fundamentales para vivir en sociedad y desenvolverse en el ámbito laboral. Son la base sobre la cual se forman los demás tipos de competencias. Entre ellas se encuentran: las competencias matemáticas, las competencias comunicativas, el manejo de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, el liderazgo, las competencias cognitivas, las de procesamiento de la información. Las pruebas de estado en Colombia se basan en estas últimas y, para su análisis, las subdividen en interpretativas, argumentativas y propositivas.

---

<sup>1</sup> Instituto Colombiano Para el Fomento de la Educación Superior

Competencias genéricas: Son aquellas comunes a varias ocupaciones o profesiones.

Competencias específicas: Son procesos integrados por capacidades, conocimientos y actitudes puestos en acción ante situaciones problemáticas relacionadas con una profesión en particular.

Los trabajos más relevantes, para definir competencias genéricas y específicas, con visión estratégica de mediano plazo, para diferentes disciplinas, son las que están realizando los proyectos Tuning – América Latina y 6 x 4 UEALC<sup>2</sup>.

El proyecto Tuning – América Latina se inició con cuatro áreas del conocimiento: Administración de Empresas, Educación, Historia y Matemáticas. A partir de julio de 2005, se amplió el proyecto a ocho áreas más: Medicina, Derecho, Ingeniería Civil, Arquitectura, Física, Química, Geología, Enfermería. Con ello se pretende tener una perspectiva general de todas las disciplinas.

El trabajo se centra en la identificación de competencias. Como resultado de la primera reunión general de las cuatro áreas mencionadas inicialmente, se conformó una lista de veintisiete competencias genéricas para América Latina, para ser consultadas en su importancia y el nivel con que se han desarrollado en la universidad. Dicha consulta se realizó a empleadores, académicos, graduados y estudiantes.

De acuerdo con los resultados obtenidos hasta el momento, se pueden mencionar como las competencias genéricas más relevantes, según la opinión de los encuestados, las siguientes:

1. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.
2. Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica.
3. Capacidad de aprender y actualizarse.
4. Compromiso con la calidad.
5. Compromiso ético.
6. Capacidad para tomar decisiones.
7. Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.
8. Capacidad de trabajo en equipo.

---

<sup>2</sup> Espacio Común de Educación Superior Unión Europea, América Latina y el Caribe

En Colombia, además de las competencias cognitivas básicas definidas para los ECAES<sup>3</sup>, en los lineamientos para las últimas pruebas aplicadas, se plantearon las siguientes competencias profesionales esenciales para los ingenieros:

1. Capacidad para modelar fenómenos.
2. Capacidad para resolver problemas mediante la aplicación de las ciencias naturales (física, química, biología) y las matemáticas, utilizando un lenguaje lógico y simbólico.
3. Capacidad para diseñar, gestionar y evaluar sistemas y procesos de ingeniería, teniendo en cuenta su impacto (social, económico y ambiental).
4. Capacidad para comunicarse efectiva y oportunamente en forma escrita, gráfica y simbólica.

ACOFI promoverá, en los próximos meses, las correspondientes reuniones por programas o áreas disciplinares, para revisar y actualizar el trabajo realizado en el año 1996 sobre recomendaciones curriculares. Esta puede ser una oportunidad para trabajar el tema de las competencias específicas en las diferentes profesiones.

Como se ve, el tema de definir las competencias esenciales que caractericen al ingeniero del año 2020, está en construcción, y el reto que se nos plantea es vincularnos activamente a los grupos de trabajo, y así definir lo mejor respecto al futuro de la formación en ingeniería para Colombia.

- *Francisco Rebolledo*

En las condiciones en que se debate hoy el mundo, cuando los avances y cambios reducen cada vez más su escala espacio-temporal, no es fácil, y puede resultar atrevido y osado, tratar de responder esta pregunta. Sin embargo, hay aspectos en los cuales debemos centrar la atención con el fin de prepararnos y no dejarnos sorprender o quedarnos, como instituciones para la enseñanza de la ingeniería, a la zaga de la dinámica del mundo. Mirar con interés y precisión estos aspectos nos permitirá definir propósitos formativos, frente a las competencias que debe tener un ingeniero.

---

<sup>3</sup> Examen de Calidad de la Educación Superior aplicado por el ICFES en Colombia

- Primer aspecto. El ingeniero del año 2020 deberá tener la capacidad de estar permanentemente en búsqueda de oportunidades y posibilidades de desarrollo de su profesión. No será el ingeniero pasivo cuya competencia se limita a ejercer, en términos de aplicar formas del quehacer, y por tanto crear experticia sobre lo mismo. Deberá ser propositivo, imaginativo, con capacidad de discernimiento.
- Segundo aspecto. El ingeniero del año 2020, teniendo en cuenta el aspecto anterior, tiene que fundamentarse cada vez más. El fundamento científico será vital en la búsqueda de propuestas innovadoras y de amplio beneficio, para responder a las necesidades cada vez más distintas y disímiles de nuestra sociedad. El futuro de la ingeniería estará basado en el desarrollo científico y tecnológico de la nanotecnología, la biotecnología, los materiales la computación y la logística. En esta dirección, la tecnología avanza rápidamente y pierde vigencia a la misma velocidad. Lo que en otros tiempos eran las herramientas del ejercicio profesional del ingeniero duraban mucho tiempo. Hoy la tecnología se desarrolla para su aplicativo en tiempos cortos y sobre espacios cada vez mas reducidos, en los que la generalización de los procesos cada vez es más difícil. Por lo tanto, la generación de tecnología, como función del ejercicio de la ingeniería, requiere altas exigencias de conocimiento fundamental.
- Tercer aspecto. El ingeniero del año 2020 deberá tener una permanente inquietud por su estudio y actualización. Con esto no quiero decir que hoy no sea necesario y que no seamos conscientes de ello, pero la velocidad a la cual tendrá que afrontar los procesos de cambio el ingeniero del año 2020 implica una disposición para mantenerse vigente, mucho más acelerada.
- Cuarto aspecto: El ingeniero del año 2020 deberá tener habilidades analíticas importantes, ser creativo, ingenioso, profesional, responsable y con una alta dosis de liderazgo. Deberá ser emprendedor y generador de espacios para su desempeño. No será el ingeniero de bolsillo a quien llamamos para que, bajo un esquema definido, nos diseñe o solucione un problema.
- Quinto aspecto: El ingeniero del año 2020 deberá ser capaz de interactuar con otras disciplinas. Cada vez más, la ingeniería necesita apoyarse y buscar oportunidades en otras áreas de las

ciencias fundamentales y sociales. La biología, la química, la economía y la política conformarán espacios para integrar los nuevos desarrollos de nuestra profesión. Un ingeniero que no pueda actuar interdisciplinariamente, no surgirá profesionalmente, aunque, simultáneamente, la ingeniería se especializa progresivamente en el conocimiento. El futuro llevará al trabajo en microescalas, las soluciones que se deriven de estos procesos buscan el bienestar de la comunidad y la respuesta a una necesidad comercial integral, en los que los aspectos económicos, sociopolíticos y culturales definen el fin último de una propuesta tecnológica.

En conclusión, los problemas que enfrenta la ingeniería y con los que seguirá trabajando en los próximos años, son los mismos, agravados por la superpoblación, las nuevas situaciones económicas, políticas y sociales, el terrorismo y el narcotráfico. Las necesidades de infraestructura física urbana seguirán existiendo, la necesidad de infraestructura de comunicaciones se mantendrá, la protección del medio ambiente seguirá siendo un imperativo. Lo que esperamos es que la ingeniería y el ingeniero, con las nuevas tendencias y enfoques para estudiar los problemas, encuentre soluciones efectivas, rápidas y acertadas para las múltiples y cambiantes demandas de la sociedad.

- *Amparo Camacho*

Ingeniero del año 2020: Competencias esenciales



- *Mesa de Trabajo*

Comentarios:

Antes de decidir qué competencias debe tener el ingeniero del 2020, debemos ponernos de acuerdo en ciertos asuntos:

- ¿Qué es una competencia?
- ¿Por qué la fecha de 2020?
- Se precisa hacer una reflexión del contexto del país, hacia el año 2020.
- Es imprescindible hacer una reflexión sobre las competencias de los profesores 2020, para evaluar si tenemos las competencias para generar competencias en los alumnos 2020.
- Actualmente se observa una inconsistencia entre el perfil ocupacional y el perfil financiero.
- Hay que ser conscientes de la problemática de la educación básica. Las deficiencias en esta formación básica conducen a que los estudiantes ingresen en la universidad con mala fundamentación.

Propuestas:

Teniendo en cuenta las intervenciones de todos los que participaron en esta *Mesa de Trabajo*, se obtuvo la siguiente propuesta acerca de las competencias que debe tener el ingeniero 2020:

- Ser integral
- Tener responsabilidad social para poder ubicar los conocimientos en su país y no ser pasivos frente a las necesidades sociales.
- En educación permanente.
- Con formación de posgrado.
- Capacidad para ser autónomo, para aprender y desaprender.
- Que "crea en lo nuestro".
- Capacidad de liderar y proponer cambios, no sólo soluciones a necesidades.
- Capacidad de innovar y crear productos y tecnología.
- Actitud positiva frente a la sociedad y a la vida.
- Capacidad para utilizar el conocimiento y la experiencia de otros países adaptándolos a nuestro país.
- Saber aprovechar los recursos para incrementar la economía en la sociedad.

Para lograrlo, se precisa que la universidad participe en la solución de problemas sociales mientras enseña; que los profesores tengan experiencia en lo que

enseñan; que los estudiantes sean más autónomos y se encierren menos en los números, de modo que se formen para ser emprendedores y creadores de empleo.

## Segunda pregunta

¿Qué estrategias sugeriría para capacitar a los profesores de ingeniería de modo que estén en condiciones de satisfacer los propósitos de la pregunta anterior?

- *Patricia Márquez*

Algunas de las estrategias que vamos a plantear ya se han iniciado, pero debemos seguir trabajando para ajustarlas y mejorarlas en la medida que los escenarios así lo demanden.

La formación de los docentes es una necesidad y se debe subrayar la preocupación por preparar al docente para situaciones a menudo más difíciles que las anteriores, frente a alumnos que preguntan y que esperan respuestas concretas. El docente ha de ser, además de transmisor del conocimiento, un guía para descifrar o buscar el camino más seguro dentro de la desbordante información ..., que llega a los alumnos por los medios de comunicación masivos. Hay que preparar al docente para utilizar las nuevas tecnologías de información y comunicación, sin despreciar las herramientas más básicas de ilustración y experimentación.

- Promover la cooperación interuniversitaria regional, nacional e internacional, es una propuesta fundamental. Todos los países, grandes y pequeños, ricos y pobres, entran en este proceso: cada uno busca las soluciones idóneas. Así cada uno puede aprender del otro. La movilidad de los docentes y de investigadores, la movilidad administrativa y de gestión, la movilidad estudiantil, permitirán compartir experiencias y saberes, enriquecer ampliamente las posibilidades de una educación acorde con las actuales exigencias. Entre las diversas formas de cooperación interuniversitaria se contemplan el intercambio de Información científica, el intercambio de docentes e Investigadores, las pasantías de docencia e investigación, las pasantías estudiantiles (semestre

o asignaturas en el extranjero), el aprendizaje de una segunda lengua, los proyectos conjuntos. El compartir pares académicos. Esta cooperación debe ser fundamentada sobre los principios de la reciprocidad y complementariedad, porque, de lo contrario, se convierte en una cooperación de ayuda humanitaria o asistencia técnica, de la cual no tenemos buenos recuerdos.

- Construir sociedades interdisciplinarias de trabajo, que permitan animar y reconocer la diversidad, los aspectos sociales y éticos, que faciliten a docentes y estudiantes la elaboración de un pensamiento crítico, creativo y práctico. Conviene comprometer estratégicamente a personas externas a la ingeniería, para que se sumen a nuestra causa y favorecer las relaciones de la universidad con el Gobierno, con la fuerza pública, con la empresa ya la industria, con las instituciones sin ánimo de lucro, etc.
- Establecer Redes temáticas con participación regional, nacional e internacional para el intercambio de experiencias docentes, dando la bienvenida a grupos no representativos de la ingeniería, acogiendo las potencialidades ofrecidas por la creatividad y la innovación, con el fin ir ajustando planes de estudios que deben responder a grandes retos y desafíos.
- Adelantar estudios de ciclos cortos que formen al docente para diseñar y manejar herramientas sofisticadas que permitan a los estudiantes experimentar con entusiasmo la ingeniería y construir la confianza en sí mismos. Hay que fascinar a los estudiantes, y para ello se precisan maestros cómplices y propuestas interesantes que logren captar su atención, que les ayuden a introducirse en el maravilloso mundo de la ingeniería.
- Prácticas o pasantías docentes en el sector productivo, para lograr una mayor coordinación con la industria, facilitando así la experiencia de los docentes y de los estudiantes con el mundo real, abriendo espacios para la experimentación y la investigación. Por otra parte, las facultades de ingeniería, en un trabajo interdisciplinario, estamos llamadas a desarrollar los centros empresariales en las universidades, así como las incubadoras de empresa.
- Establecer Programas de estímulos y reconocimientos al trabajo docente.
- Establecer un continuo formativo. La educación terciaria, o universitaria, no es suficiente para tener éxito como experto

profesional. Por lo tanto, se requiere que el aprendizaje se mantenga en el trabajo y permita a los profesionales continuar con Maestrías y Doctorados que profundicen y amplíen su experticia. Esto significa que las universidades tendrán que disponer de estructuras y organizaciones curriculares que permitan una actualización y perfeccionamiento permanente a los profesionales egresados.

- Desarrollar actividades lúdicas que favorezcan el entusiasmo por el trabajo propio y por sus retos. Esta estrategia contribuye al éxito de nuestro desarrollo profesional y a una vida personal más gratificante, ayudando con una actitud entusiasta, los profesores podemos aportar, de manera significativa, al logro de los objetivos y expectativas de los estudiantes.

- *Alberto Ocampo*

El Artículo 19 de la Ley 30 del 29 de diciembre de 1992 define como universidades, las instituciones que acrediten su desempeño con criterio de universalidad en las siguientes actividades: la investigación científica o tecnológica; la formación académica en profesiones o disciplinas, y la producción, desarrollo y transmisión del conocimiento y de la cultura universal y nacional. Igualmente las facultades para adelantar programas de especialización, maestrías, doctorados y post-doctorados.

- *Francisco Rebolledo*

La pregunta formulada tiene el mismo sentido que la cuestión acerca de cómo vencer el paradigma que considera al profesor depositario de toda la verdad y transmisor exclusivo del conocimiento. Esta visión del profesor debe tender a su desaparición.

En el profesor de ingeniería debemos buscar:

- Un profesor que ayude a canalizar experiencias y vivencias alrededor del conocimiento.
- Un profesor que propicie en sus estudiantes la conciencia crítica, el pensamiento permanente y la expectativa de cambio.
- Un profesor que proponga e impulse el trabajo investigativo de sus estudiantes, invitando a sus discípulos a descubrir y escudriñar el conocimiento.

- Un profesor en permanente proceso de actualización, que conjugue la investigación y la docencia. No se podrá concebir un profesor universitario que no procure la combinación de estas dos esencias del saber y del avance científico y tecnológico.
- Un profesor que deberá ser cada vez más creativo en sus prácticas y metodologías docentes, buscando didácticas que motiven la participación de los estudiantes. El uso de tecnologías de la información y la comunicación, comúnmente llamadas TIC´s, deberá ser imperativo.
- Un profesor con conciencia social y con capacidad de visionar los problemas del medio, de manera integral y participativa

Lo anterior no se logra con un curso para los profesores o con un diplomado. Con estas estrategias, tal vez podamos inculcar o proponer algunas bases metodológicas y de didáctica docente, pero lo principal, conseguir que el profesor dinamice su enseñanza, sólo lo lograremos con la participación y voluntad del docente.

La permanente conciencia de lo dicho al responder la primera pregunta, acerca del ingeniero 2020, será para el profesor un referente fundamental. El profesor debe reconocer que el conocimiento avanza y que, cada día, él o sus discípulos están en capacidad de descubrir o rebatir nuevos conocimientos. La permanente actualización y el trabajo interdisciplinario del docente, son algunas de las estrategias. La continua evaluación y el trabajo con pares, constituyen la posibilidad de cotejar nuestro pensamiento frente a la crítica y a los diferentes modos de entender y desarrollar el conocimiento. Para ello, se requiere una voluntad de gestión universitaria que posibilite que estos propósitos formen parte de la vida académica del docente. Para lograrlo Institucionalmente, se debe propiciar el trabajo investigativo, la permanente actualización, el trabajo con redes y grupos homólogos e interdisciplinarios, condiciones que, desde las facultades, debemos propiciar para nuestros profesores.

Termino diciendo que debemos reconocer la importancia que para un país como el que se sueña en el Plan 2019, propuesto por el Gobierno Nacional, se requiere avanzar en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, una labor que nos compete entre otras Instituciones,

a las universidades, y que, por lo tanto, deberá existir una política clara de apoyo a nuestros propósitos. Con los exiguos recursos que hoy destinamos para apoyar la investigación en Colombia, difícilmente podremos poner la ingeniería nacional al servicio de los loables propósitos de la Visión 2019.

- *Amparo Camacho*

· Principio:

Adaptar los sistemas de enseñanza a los sistemas de aprendizaje: enseñar a aprender.

· Estrategias:

▶ Reconocimiento de la enseñanza de ingeniería:

Profesionalizar el área de educación del ingeniero.

Resaltar la educación del ingeniero como área meritoria en la ingeniería.

Crear centros o áreas de investigación sobre la enseñanza de la ingeniería.

▶ Integración de la investigación en educación con la educación del ingeniero. Reevaluar el concepto del estudiante: Estilos y modelos de aprendizaje, aprendizaje colaborativo, PBL.

▶ Articulación de la enseñanza con la investigación, la práctica de la ingeniería y la formación profesional continua del ingeniero y del profesor.

· Se requieren:

▶ Científicos cognitivos.

▶ Diseñadores y desarrolladores curriculares.

▶ Diseñadores y desarrolladores de materiales.

- *Mesa de Trabajo*

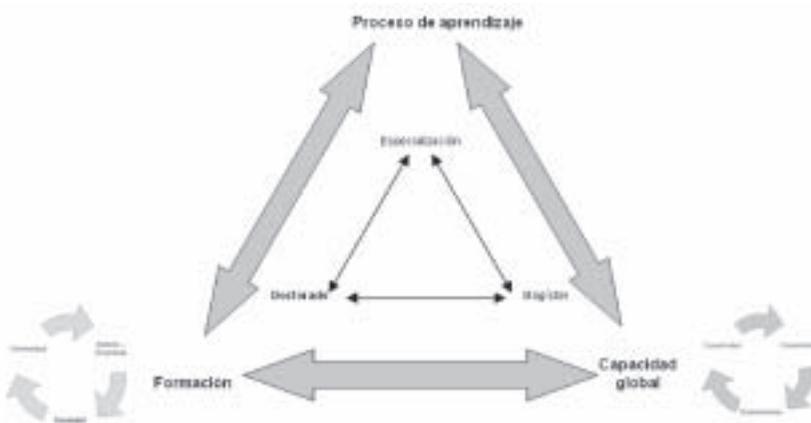
Comentarios:

Si se analiza con cuidado, se descubre fácilmente que el profesor universitario es el pilar fundamental de las instituciones de educación para cumplir la misión institucional, en cuanto al ejercicio de una investigación, docencia y extensión, que respondan a las nuevas realidades y demandas científicas, tecnológicas, económicas y sociales. Esto implica un gran reto tanto para los docentes, como para las instituciones. Dicho reto exige mantener un plan de actualización y capacitación permanente de los profesores que dé respuesta a las

responsabilidades asignadas. Este plan debe construirse de manera participativa, atendiendo a las necesidades de los docentes y a los objetivos que corporativamente se quieren alcanzar. Como complemento a las diversas estrategias de capacitación, la mayoría de las instituciones tienen, en de sus estatutos docentes, el reconocimiento de dicha capacitación como requisito para el ascenso en el escalafón.

Temas como la formación en competencias; la flexibilidad académica, curricular, pedagógica, administrativa y de gestión; el pensamiento complejo; la inteligencia emocional; la evaluación como proceso, etc. muestran de modo evidente el interés que deben despertar en el profesor universitario, los aspectos referentes al ejercicio de la docencia, tanto en sus dimensiones disciplinares, como en las pedagógicas.

Proceso comparativo de visión del proceso:



En el centro se encuentra la formación del docente, el cual debe contar con estudios de posgrado desde las especializaciones hasta la formación doctoral. El docente debe estar en un proceso pedagógico que definirán las instituciones de acuerdo a su perfil. El proceso pedagógico girará alrededor de las didácticas que se definan y el conocimiento en ciencia, sociedad y tecnología para apuntar a la formación correcta del ingeniero. Finalmente, la formación del docente debe ser una responsabilidad de la universidad, del Estado, de la industria y de la sociedad.

El docente actual debe tener competitividad global. Para ello se precisan, además de una buena capacidad de movilidad, habilidades en comunicación, en conectividad y empresarismo.

El docente debe integrar armónicamente la concientización, la conceptualización y la contextualización para evidenciar los problemas, explicitar la teoría y plantear las soluciones. Todo esto requiere un cambio en la actitud del docente frente al estudiante.

Hay que reconocer y resaltar la actividad de ACOFI que, mediante foros, eventos académicos y publicaciones, motiva la reflexión y el debate respecto al compromiso de las instituciones de educación superior, especialmente de las que ofrecen programas de ingeniería, con la calidad y pertinencia de los procesos de formación,.

### **Tercera pregunta**

¿Cuáles serían las recomendaciones para flexibilizar el desarrollo de un programa de pregrado en ingeniería?

- *Patricia Márquez*

Una estructura flexible de programa admite variantes, de conformidad con las características de cada institución. Los alumnos pueden elegir entre varias asignaturas o actividades que, de acuerdo con la flexibilidad de formación, son consideradas como equivalentes. En la vida real el aprendizaje tiene otros caminos, otros tiempos y otras oportunidades que no son el tiempo del profesor en la hora de clase.

- Diseñar un núcleo curricular común (área básica común), asociado con opciones cuya elección se deja a las instituciones y a los alumnos.
- Posibilitar salidas intermedias en la formación de los profesionales, que permitan a los estudiantes optar por diversas alternativas curriculares interrelacionadas entre sí. (Modelo de la chimenea que se utiliza en los politécnicos alemanes).
- Mezclar cursos presenciales y cursos a distancia, utilizando tecnología informática para el diseño de cursos virtuales. De este modo, podremos formar a los ingenieros que el país necesita,

rebajaríamos costos que se aplicarían en la consecución de nuevos recursos tecnológicos y de laboratorio para hacer mucho más efectivo el aprendizaje.

- Dejar de libre elección entre el 30 y el 50 por ciento de los créditos académicos de una carrera, que el estudiante podrá tomar donde quiera, en su misma institución o en otra distinta, o a distancia o en cualquier parte del mundo. De esta manera podríamos desatar la innovación. Elegir permite al estudiante ejercer su autonomía, diseñar un programa curricular acorde con sus inclinaciones. Igualmente, permite al profesional la educación a lo largo de la vida. En resumen, que el estudiante aprenda a aprender. Los conocimientos técnicos supondrán menos del 50% de las cualidades profesionales; la destreza en la comunicación, oral y, sobre todo, escrita, así como el arte de transmitir la información a su destinatario, supondrán más de la mitad de las habilidades de los futuros ingenieros.
- Combinar diversas estrategias pedagógicas y didácticas de aprendizaje. En este sentido, el docente universitario tendrá que perfeccionar sus habilidades pedagógicas, de modo que pueda aplicar la estrategia y la metodología más adecuadas para el aprendizaje y el desarrollo de competencias, de acuerdo al objeto de aprendizaje, su nivel de profundidad y el contexto.

- *Alberto Ocampo*

La flexibilización, entendida como la adaptabilidad a los cambios influenciados por las constantes transformaciones en los aspectos científicos, tecnológicos, económicos, socio-políticos y culturales, plantea, a las instituciones de educación superior, retos que pueden afectar su calidad, pertinencia y cobertura.

En el documento de la UNESCO de 1998<sup>4</sup> se dice: "La educación superior debe cambiar profundamente haciéndose orgánicamente flexible, diversificándose en sus instituciones, en sus estructuras, en sus estudios, en sus modos y formas de organizar sus estudios (...) y poner al día los conocimientos y las competencias, para actualizar, reconvertir y mejorar la cultura general de la sociedad y de los individuos".

---

<sup>4</sup> Conferencia Mundial de París, Informe final, pág.4

La flexibilidad en la educación superior tiene que ver, pues, con la construcción de una cultura académica alternativa que tenga un carácter reconstructivo e innovador respecto a los procesos formativos, investigativos y de proyección, y de sus medios posibles: curriculares, académicos, administrativos y de gestión. Por eso se habla de flexibilidad curricular, flexibilidad pedagógica, flexibilidad académica y flexibilidad administrativa.

- La flexibilidad curricular tiene que ver con la forma de organizar y estructurar el currículo.
- La flexibilidad pedagógica tiene que ver con la organización del aprendizaje, sus contextos y ayudas.
- La flexibilidad académica, cómo se define la organización y relación de las unidades académicas, la nomenclatura organizativa.
- La flexibilidad administrativa, formas de administración y gestión acordes con la cultura de cambio.

Es evidente lo extenso y complejo del concepto de flexibilidad en la educación superior, pero para responder la pregunta es necesario referirnos a lo que se entiende por flexibilidad curricular y flexibilidad pedagógica.

Flexibilidad curricular, es una idea amplia y tiene diferentes significados. Mientras para unos se relaciona con una oferta diversa de cursos, para otros tiene que ver con la aceptación de una diversidad de competencias, ritmos, estilos, valores culturales, expectativas, intereses y demandas, que pueden favorecer el desarrollo de un proceso de formación. También puede significar la capacidad que tienen los estudiantes de poder escoger el contenido, el momento y los escenarios de su aprendizaje.

Flexibilidad pedagógica. Son varios los aspectos que se recomiendan para llegar a una pedagogía flexible:

- La transformación de estructuras verticales de relación social (relación pedagógica profesor-estudiante) hacia estructuras más horizontales y personalizadas (equipos de trabajo para el aprendizaje).
- El debilitamiento del énfasis en la transmisión de habilidades y destrezas aisladas, ligadas a conocimientos, a favor del desarrollo

de competencias producidas en una diversidad de contextos. Esto significa el tránsito de la lógica de la transmisión a la lógica del aprendizaje.

- El control que puede tener el estudiante sobre su propio aprendizaje.
- La existencia de diversos contextos de aprendizaje que favorecen nuevas formas de interacción y de acceso al conocimiento.

Si bien es cierto que el principio de la flexibilidad, como fundamento de una nueva cultura académica, aparece contenido en los proyectos institucionales, falta mucho para alcanzar niveles aceptables que señalen el cumplimiento de las metas que ello implica. En Colombia se pueden mencionar las siguientes estrategias aplicadas para tal fin.

- Flexibilidad Curricular:

- ▶ Adopción del sistema de créditos académicos. Siendo éstos una unidad de medida del trabajo académico del estudiante, están ligados a ciertas formas y grados de flexibilidad y pueden asumirse como una posibilidad para que la institución ofrezca alternativas a la formación del estudiante, de acuerdo con sus intereses, tiempos de dedicación, oportunidades de participación y tipos de metodologías seleccionados.
- ▶ Electividad. Permite ofrecer una amplia gama de opciones de formación que posibilita a los estudiantes una selección más adecuada a sus necesidades e intereses individuales. Esto implica una oferta regulada de cursos compuestos y organizados mediante un sistema de créditos, el cual se asume como uno de los instrumentos más importantes de la flexibilidad curricular.
- ▶ Diferentes modalidades para el trabajo de grado. Considerándolo como una estrategia de formación en la que el estudiante aplica las competencias alcanzadas para el tratamiento o solución de una situación problemática de su ámbito de formación profesional, las instituciones han definido varias modalidades para su realización, como por ejemplo: la práctica empresarial, trabajo de investigación o propuesta de innovación, propuesta de creación de empresa, aplicación del conocimiento a un problema específico, o realización de una monografía sobre un tema relevante de su disciplina.

- Flexibilidad pedagógica:

- ▶ Diseño de diferentes ambientes de aprendizaje. Es definir una diversidad de prácticas pedagógicas que faciliten el desarrollo de las

- competencias. Entre ellas se pueden mencionar: la clase magistral, el taller, el laboratorio, la práctica, la visita, el trabajo de campo, el proyecto, el panel, el seminario, el foro, la mesa redonda, la tutoría, etc.
- ▶ Movilidad estudiantil. Como una estrategia para la diversificación de contextos y escenarios alternativos de aprendizaje, se está promoviendo la movilidad de los estudiantes entre instituciones nacionales e internacionales, con el compromiso de acreditarles las asignaturas que, con aprobación previa, hayan cursado en la otra institución.
  - ▶ Evaluación como proceso. Entendida como un proceso sistemático y permanente que comprende la búsqueda y obtención de diversas fuentes acerca de la calidad del desempeño, avance y logros del estudiante, todo con el fin de tomar decisiones que orienten el aprendizaje y los esfuerzos de gestión del docente. Lo anterior, en tensión con los resultados de discriminación que se puedan obtener con el promedio de mediciones puntuales que se realizan a los estudiantes.

Como conclusión se puede expresar que la flexibilidad curricular y pedagógica busca facilitar el proceso de aprendizaje y el cumplimiento de un plan de estudios, teniendo en cuenta las condiciones particulares del estudiante, con criterios de calidad y pertinencia.

- *Francisco Rebolledo*

Para flexibilizar un currículo, en primer lugar debemos entender que el currículo no es solo el plan de estudios y que, por lo tanto, una acción de flexibilización debe incorporar todo lo que implica: aprovechamiento de recursos: técnicos y humanos, bienestar universitario, pedagogía y didáctica docente, gestión universitaria... Mi recomendación, y así lo hemos trabajado en la Universidad Javeriana en los últimos años, es que las reformas curriculares incluyan cuatro aspectos fundamentales:

- La necesidad de un aprendizaje autónomo y responsable del estudiante. Debe ser él quien articule y sea artífice de su proceso formativo. Se trata de hacer real el concepto de autonomía del estudiante en su proceso de formación, bajo el acompañamiento del profesor, para propiciar la indagación, la reflexión y el pensamiento crítico.
- La formación basada en el desarrollo de competencias, aunque suena como un término sólo de moda, es una realidad, como lo veíamos en la primera pregunta. Son las exigencias de la sociedad

del conocimiento las que nos indican para qué debemos formar un ingeniero. Se supera así la concepción de los Planes de Estudio, basados en contenidos. Pero, ¿en qué competencias hay que formar? En las competencias básicas y fundamentales: básicas comunicativas, básicas disciplinares, competencias ciudadanas y competencias para el trabajo.

- Los planes de estudio deberán ser flexibles. En este sentido, la universidad y su conocimiento deberán ponerse al servicio del estudiante, en una oferta amplia y que alcanza las diferentes disciplinas. De esta manera, un Plan de estudios flexible deberá acercar el estudiante a los diferentes discursos del saber generados por la universidad. Un sistema de créditos, con lo que ello implica, lleva a la realidad estas intencionalidades que flexibilizan el currículo.
- Base fundamental de la flexibilización curricular es la incorporación del trabajo interdisciplinario, la posibilidad de que profesores y estudiantes se conjuguen para el desarrollo de sus temáticas de estudio desde diferentes disciplinas y saberes.

Estos cuatro aspectos fundamentales generan expectativas y preguntas, sobre las cuales hay que seguir trabajando:

- Se debe trabajar “en la búsqueda de una adecuada conciliación entre los compromisos curriculares colectivos y los intereses individuales del estudiante; entre la intencionalidad formativa única que asegura un proyecto educativo institucional y las aspiraciones, posibilidades e intereses de las personas que aprenden”.
- ¿Cuál es el equilibrio entre los componentes flexibles y obligatorios? Es tema de discusión determinar si la generación de espacios flexibles resta oportunidades formativas disciplinares.
- ¿Existe correspondencia entre los enunciados de tal currículo flexible y las prácticas docentes?
- ¿Las nuevas exigencias curriculares están acordes con las condiciones Institucionales?

- *Amparo Camacho*

Curriculum Flexible:

- Componentes de la formación: modelo contemporáneo.
  - ▶ Estudios generales (Educación general)
  - ▶ Estudios profesionales (Básico profesional, Profesional)

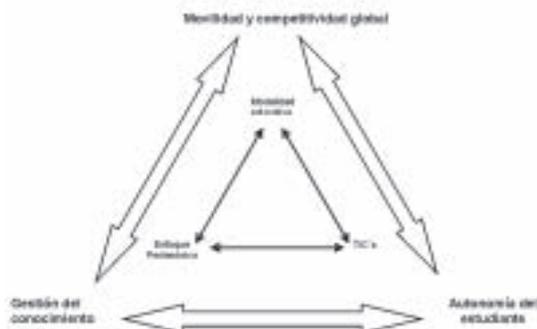
- Estructuras curriculares flexibles:
  - ▶ Manejo de la electividad y modularidad
  - ▶ Interdisciplinariedad
  - ▶ Modalidades de enseñanza: presencial, virtual, a distancia.
  - ▶ Enfoques/Didácticas pedagógicas: aprendizaje cooperativo, activo, PBL.
- Articulación de niveles de escolaridad: pregrado-postgrado
- Articulación de enseñanza-investigación-práctica-educación profesional continua.

#### - Mesa de Trabajo

##### Propuestas:

Se considera que el tiempo para realizar los cambios y para ver los resultados es corto y, frente a la situación actual, no se visualizan cambios mayores hacia el futuro. Sin embargo, los planes, como mínimo, deben tener en cuenta:

- La competitividad global y la movilidad. Las necesidades sociales y los medios tecnológicos puestos a disposición de la ingeniería, o creados por ella misma, son cambiantes y están afectados por la globalización. También los servicios que la ingeniería presta a la sociedad van a estar condicionados por la nueva situación social. Por lo tanto, la formación de los ingenieros debe adecuarse a los nuevos contextos sociales y tecnológicos
- Autonomía del estudiante. Hay que propiciar la participación activa del estudiante en el desarrollo del currículo y en su formación profesional
- Gestión del conocimiento. Se deben promover más y mejores procesos de autoformación para impactar de modo más amplio y profundo el medio laboral.



La formación debe seguir ofreciendo modalidades presenciales y virtuales, teniendo en cuenta el reto de poder llegar a todas las regiones.

Las TIC´s son una herramienta útil para acceder al conocimiento, que deben considerarse entre las estrategias de flexibilización curricular. En el futuro, seguramente, seguirá habiendo restricciones tanto para el uso de estas tecnologías, como para su adecuado aprovechamiento. Para generalizar el conveniente uso de esta herramienta en la formación de los ingenieros, se precisan importantes recursos.

## Cuarta pregunta

¿Qué recomendaría para la evaluación del proceso de formación (pruebas internas y externas)?

- *Patricia Márquez*

La evaluación consiste, más que en emitir un juicio sobre el estudiante, en comprender su acción de aprendizaje.

La autoevaluación y la evaluación de pares se constituirán en plataforma fundamental de la valoración de los aprendizajes. Esta forma de evaluación va a adquirir en el futuro inmediato una enorme importancia,

El ICFES<sup>5</sup>, ente adscrito al Ministerio de Educación Nacional, tiene su origen en el denominado Fondo Nacional Universitario en el año 1968. En el 2003, el ICFES se amplía su acción a todos los niveles educativos para apoyar el desarrollo de la evaluación. Actualmente, es la entidad rectora del diseño, aplicación, análisis y divulgación de los resultados obtenidos en las diferentes evaluaciones que se aplican: Examen de Estado para el Ingreso a la Educación Superior, Exámenes de Calidad de la Educación Superior (ECAES), Exámenes de Competencias Básicas y de Competencias Ciudadanas en Educación Básica (SABER),

---

<sup>5</sup> Instituto Colombiano Para el Fomento de la Educación Superior: tiene como objeto fundamental la evaluación del sistema educativo colombiano en todos sus niveles y modalidades y propender por la calidad de dicho sistema a través de la implementación de programas y proyectos de Fomento de la educación superior, de acuerdo con las políticas trazadas por el Ministerio de Educación Nacional.

Exámenes de Referenciación Internacional (PISA, TIMSS, SERCE), además de Exámenes de Ingreso a la Carrera Docente, Carrera Diplomática, Procuraduría y otros organismos del Estado.

La evaluación por competencias se posiciona y se legitima en el ICFES, como el enfoque de la evaluación de la educación en Colombia. Esto supone dirigir la mirada hacia un conjunto de habilidades, capacidades y saberes construidos, que pueden ser potenciados para la resolución de problemas o el manejo creativo de situaciones prácticas. Consecuentemente, la noción de competencia requiere que los instrumentos construidos sean coherentes con los marcos teóricos de referencia y con las políticas educativas vigentes reflejadas en los estándares curriculares.

Apoyamos las evaluaciones internas. Estamos convencidos de que la evaluación es un instrumento enriquecedor y potencializador de la labor docente. El aprendizaje de los estudiantes debe ser evaluado con técnicas capaces de estimar los conocimientos, habilidades y actitudes asociados a las competencias personales y profesionales. Creemos en la evaluación de los aprendizajes como un instrumento al servicio del aprendizaje y de la revisión de los procesos y métodos de enseñanza-aprendizaje aplicados.

Apoyamos las evaluaciones externas. Bajo la premisa de se trata de mecanismos que permiten a cada institución medir el nivel de desempeño de sus estudiantes, identificando debilidades y fortalezas en las diversas áreas del conocimiento, con el fin de buscar estrategias capaces de mantener las fortalezas y convertir las debilidades en nuevas fortalezas, todo por una educación de calidad que propenda por el desarrollo industrial y tecnológico de un país.

Tenemos la convicción de que las evaluaciones externas de la docencia deben poseer las siguientes características básicas (ver Padilla Pierre, 2005. "El espacio europeo de la educación superior en ingeniería"):

- Una dimensión múltiple en sus fuentes de información.
- Una dimensión temporal en sus fuentes de información.
- Deben ser consensuadas y ampliamente aceptadas.
- Deben tener consecuencias individuales y colectivas.

- Deben incentivar la mejora de la calidad docente.
- Deben estar certificadas por órganos externos acreditados por su competencia (no sólo por las leyes).
- Deben ser realizadas por responsables académicos o pares de prestigio externos a la institución, según modelos oficiales.
- Deberán contar con la participación del alumnado y de los egresados

- *Alberto Ocampo*

Todo proyecto debe contemplar cuatro etapas básicas en su concepción y desarrollo que son: planeación, organización, ejecución y evaluación y control. Para el caso de un proyecto educativo, se puede hablar del diseño curricular, disposición institucional de los recursos físicos y de talento humano requeridos por el proyecto, puesta en marcha del programa de formación y evaluación de resultados.

La evaluación, por lo tanto, no se limita a la verificación, en un momento, dado del grado en que los estudiantes han adquirido ciertas competencias, sino que constituye un proceso dinámico, continuo y de diagnóstico, inherente a la educación, que rebasa la simple calificación (medición). La medición es cuantificación, mientras que la evaluación es valoración.

La evaluación, que debe servir para la toma de decisiones que contribuyan a reorientar, mejorar y garantizar la acción educativa, cumple diversas funciones, las cuales tiene una estrecha relación con todas las etapas del proceso de formación. Se pueden citar, como más relevantes, las siguientes:

- Dar a conocer resultados del proceso.
- Motivación del aprendizaje y estímulo del estudiante.
- Otorgamiento apropiado de las calificaciones.
- Orientación del estudiante del grado que avance.
- Retroalimentación, reforzando las áreas necesarias.
- Autocrítica docente.
- Planificación de etapas posteriores del proceso.
- Control y acreditación.
- Desarrollo institucional.

Existen diferentes objetos y tipos de evaluación. Se evalúan estudiantes, se evalúan profesores, se evalúan programas, se evalúan instituciones, se evalúan los mecanismos de evaluación, etc. En cuanto a los tipos de evaluación, se pueden mencionar los siguientes: la evaluación diagnóstica, la evaluación formativa, la evaluación sumativa, la evaluación interna y la evaluación externa, entre otras.

**Evaluación diagnóstica.** Permite conocer las condiciones reales existentes, antes de asumir una tarea de formación para adecuar los procesos y responder a las necesidades detectadas.

**Evaluación formativa.** Evalúa el currículo, en lo referente a cómo se generan los procesos metodológicos, pedagógicos y didácticos a través de los cuales se realiza la acción educativa y formadora y no sobre las tareas y acciones que los estudiantes ejecutan.

**Evaluación sumativa.** Determina el grado de dominio del aprendizaje, en un área concreta, para otorgar una calificación o tomar una decisión final. Son importantes las cifras estadísticas que de ella se derivan, cuántos alumnos aprobaron, cuántos reprobaron, cuántos repiten, cuántos lograron las competencias y cuántos no, para, a partir de estos datos, poder evaluar claramente la pertinencia de la gestión curricular y de los procesos pedagógicos y didácticos empleados.

La evaluación interna y externa recibe su nombre, dependiendo del agente que las realiza: Si es por agentes de la institución (directivos, docentes, estudiantes, administrativos) se considera evaluación interna, pero si es realizada por evaluadores externos, que tienen sus propios criterios e indicadores de evaluación, se denomina externa.

En cuanto a la cultura de la evaluación, es importante recordar lo sucedido con los procesos de acreditación de alta calidad y de requisitos mínimos de calidad, pues se han realizado ejercicios interesantes de evaluación de los procesos y resultados alcanzados respecto a lo propuesto en los planes curriculares. Los procesos de autoevaluación deben hacer parte permanente del quehacer institucional.

Respecto a la evaluación externa, hay un proceso que está en construcción, que son los exámenes de calidad para la educación

superior (ECAES) para realimentar a las instituciones respecto al cumplimiento de los objetivos de formación. Han recibido serias críticas respecto al desvío de su intencionalidad y a la manera como se construyeron las últimas pruebas, entendiendo la responsabilidad ética y el compromiso social que la aplicación de éstas implica, cuyos resultados deben reflejar la situación de formación tanto de los estudiantes, como de las instituciones.

Toda estrategia o tipo de evaluación que se realice, con criterios de validez, es relevante para mantener el monitoreo permanente de los procesos de formación y garantizar así la pertinencia y calidad de los programas.

- *Francisco Rebolledo*

Me parece importante la evaluación, y debe hacerse en las instancias que los procesos de formación lo permitan. Pero, más allá de esta afirmación inicial, en primer lugar, buscaría tener claridad en la definición de los diferentes niveles de competencia que adquiere un estudiante a lo largo de su carrera formativa. Entiendo la carrera formativa como todo el proceso de formación, desde el pregrado hasta los niveles avanzados de maestría y doctorado. Si existe claridad en la competencia de cada instancia será muy fácil evaluar en cualquier punto.

- *Amparo Camacho*

Assesment: Evaluación Integral del proceso de Formación



- Herramientas complementarias:
    - ▶ Examen intermedio
    - ▶ Examen de Estado ECAES
    - ▶ Autoevaluación de programas con fines de acreditación nacional e internacional
    - ▶ Comité asesor externo
  - Escenarios: La próxima revolución científica
  - Cambios que impactan:
    - ▶ Expansión del conocimiento.
    - ▶ Nuevos sistemas para energía.
    - ▶ Nuevos materiales, y fuentes de luz no tradicionales.
    - ▶ Nuevas generaciones de computadores y nuevos desarrollos en telecomunicaciones.
    - ▶ Demografía y su impacto en infraestructura, medio ambiente, vivienda, agua, salud, etc.
  - Cambios tecnológicos:
    - ▶ La red como modelo del nuevo mundo.
- *Mesa de Trabajo*
- Opiniones:

Si se toma el modelo sistémico de producción para describir el proceso de formación, los componentes principales del sistema serían los insumos (estudiantes), el proceso (currículo, profesores, institución), y el resultado (egresado). En ese caso, cabe preguntarse: ¿Qué se entiende por proceso de formación? ¿Cuál es el papel del profesor en ese proceso? ¿Cuál el papel del estudiante? ¿Qué se busca al final del proceso, esto es, qué busca la sociedad con una formación así concebida?

Respecto de la dimensión social de la educación, se considera importante indagar acerca de las motivaciones de los principales actores del proceso formativo, para descubrir, en su caso, las posibles contradicciones internas, de modo que sea posible evaluar e intervenir el sistema, buscando el mejoramiento de la formación. El estudiante, con una actitud habitualmente simplista, busca formarse para ejercer un oficio. El profesor, con una visión responsable de su función social, quiere formar al estudiante de modo integral, tanto personal como profesionalmente. El sistema productivo, en su objetivo más

inmediato, busca a alguien que dé solución a sus problemas. La evaluación es el elemento que permite determinar el estado del sistema con el fin de realizar las intervenciones necesarias para su ajuste.

Luego de un amplio debate, se recomienda que, en los procesos de evaluación, se enfatice en la autoevaluación y en la acreditación. En cuanto a la primera, llamando la atención sobre la necesidad de autoevaluar los procesos académicos y de gestión propios de la institución. Respecto de la segunda, considerar la acreditación como una mirada externa, que llega de la sociedad y, en especial, del egresado, con el fin de mejorar cada día los aspectos fundamentales de las instituciones de educación.



## — Tercer Foro —

Tuvo lugar el día 5 de mayo de 2006, en el Auditorio Quincha de la Universidad Autónoma de Occidente de la ciudad de Santiago de Cali. La *conferencia* estuvo a cargo de Julio César Cañón, profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, quien trató el tema de la formación pedagógica. En el *panel*, participaron: Juan Manuel Barraza, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, y Carlos Arroyave, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia.



# 1. CONFERENCIA

## NOTAS AL MARGEN PARA LA AGENDA PEDAGÓGICA EN INGENIERÍA

*Julio César Cañón R.*

### Resumen

Las presiones de distinto origen e interés que se ejercen sobre la educación superior modifican de manera cada vez más perceptible la fisonomía de este nivel educativo, al tiempo que sus relaciones con el conocimiento y la sociedad se tornan cada vez más complejas e inestables.

La evolución y el comportamiento de la educación superior y, en particular, de los programas de formación de ingenieros, no pueden entenderse aislados del contexto socioeconómico en el cual se desarrollan, y por esa razón es esencial abordar con visión de conjunto las propuestas de reforma de los programas curriculares responsables de esa formación. La discusión sobre temas tan importantes como los créditos y las competencias deben ser ejemplo de rigor y participación a fin de identificar su papel dentro de propuestas curriculares equilibradas que respondan a las exigencias del mercado sin sacrificio de los valores y principios de la educación superior.

El debate sobre el futuro de la formación profesional de los ingenieros, que es en buena medida el debate sobre el rumbo de la educación superior, es una tarea inaplazable que debe incluirse en la agenda interna de un proyecto académico que atienda con solvencia a las necesidades del país, contribuya a corregir las deformaciones responsables de la inequidad y el deterioro social y mejore las opciones de participación del país frente a las exigencias mundiales.

*Palabras clave:* universidad, ingeniería, educación superior, competencias, formación de ingenieros.

#### *1. Mapa del sitio*

“En virtud de su esencia la universidad debería seguir siendo un último lugar de resistencia crítica – y más que crítica – frente a todos los poderes de apropiación dogmáticos e injustos. Por su carácter incondicional la resistencia de la universidad podría oponerla a los poderes estatales y por consiguiente a

los poderes políticos del Estado, así como a su fantasma de soberanía indivisible; por lo que la universidad sería no solo cosmopolítica, sino universal, extendiéndose de esta forma más allá de la ciudadanía mundial; a los poderes económicos (a las concentraciones de capitales nacionales e internacionales), a los poderes mediáticos, ideológicos, religiosos y culturales; en suma, a todos los poderes que limitan la democracia por venir.

La universidad debería, por lo tanto, ser también el lugar en el que nada está a resguardo de ser cuestionado, ni siquiera la figura actual y determinada de la democracia; ni siquiera tampoco la idea tradicional de crítica, como crítica teórica, ni siquiera la autoridad del pensamiento como “cuestionamiento” (Derrida, 2002).

Los programas de formación profesional son objeto de la presión del Estado, a través de compromisos políticos y ajustes normativos; del reclamo de las empresas, con exigencias de formación que permitan resolver sus dificultades operativas; y de las familias, padres y jóvenes estudiantes, que vuelcan sobre instituciones y programas sus expectativas de formación rápida, titulaciones múltiples y entrenamiento para enfrentar las exigencias de flexibilidad y adaptación provenientes del volátil entorno laboral.

Las relaciones entre la universidad, el conocimiento y la sociedad se han transformado en las últimas décadas en razón de la evolución simultánea de las tres fuerzas. Las universidades que, en una época no muy lejana, se hicieron acreedoras a calificativos sociales tan dicentes como el de torres de marfil, ya no tienen la exclusividad, y en algunos casos ni siquiera la preeminencia, en la producción y transmisión del conocimiento. La sociedad dispone de nuevas opciones para resolver los problemas generados por la velocidad con la que los conocimientos se producen y aplican, mientras la universidad forcejea tratando de conservar algunos de sus antiguos privilegios – reconocimiento social, autonomía, libertad de enseñanza y aprendizaje – en medio de presiones cada vez mayores para que se acomode al ritmo de las nuevas demandas y se reconozca como una parte más del cuerpo social, ya no como su cerebro o su conciencia crítica, sino como simple dotación de músculo y reflejos.

El desarrollo de la educación superior y su relación con el conocimiento se comprenden mejor como parte de la historia de la sociedad, cuando se asocian con hitos a partir de los cuales las formas de vida colectiva, las maneras de

resolver los problemas y la estructura de las organizaciones sociales cambian de manera significativa y determinan nuevos modelos de organización. La ingeniería, como expresión y empresa social, no es indiferente a esas influencias y por eso conviene apreciar el efecto que puedan tener en su ejercicio los cambios que se proponen en el plano académico para la formación y la actualización de los ingenieros.

En el escenario dinámico y complejo de la gestión curricular se instalan periódicamente opciones pedagógicas orientadas a mejorar las relaciones entre la actividad escolar, considerada una simulación, y la vida real en la cual han de utilizarse posteriormente los conocimientos y habilidades adquiridas, desarrolladas, descubiertas o reforzadas por la educación.

Uno de los conceptos que actualmente suscitan debates y promueven importantes discusiones entre los interesados en el desarrollo y cualificación de la educación superior es el de las competencias. Tal como ha sucedido con otros conceptos provenientes de la escuela básica y media, u originados en el afán de trasladar a la educación algunas modas operativas y poses estratégicas empresariales, que irrumpen como novedades en la educación superior, las competencias han sido aclimatadas de afán, situación que condujo a vincular en su defensa un conjunto variopinto de fuentes no siempre afortunadas desde el punto de vista epistemológico ni consistentes con las aplicaciones utilitaristas que aceleraron la adopción del término por el lenguaje del diseño curricular y la evaluación. La tropicalización de las competencias, su explosión incontrolada, podría sugerir una notable versatilidad del concepto o indicar un manejo superficial y apresurado del mismo; ambas perspectivas deberían preocupar sinceramente a los responsables de la formación profesional.

El concepto de competencia puede apreciarse desde dos perspectivas: la académica, asociada con la idea del dominio de una disciplina o un saber por parte del estudiante; y la operativa, que representa el interés de la sociedad en los desempeños y habilidades explícitas que inciden en los resultados económicos de las empresas. Las distancias entre la preservación de los intereses de la cultura académica y la satisfacción de las aspiraciones de eficiencia y rentabilidad empresariales ilustran el rumbo de las definiciones de educación superior.

En la definición de las características de la formación de los ingenieros se encuentra uno de los más altos retos de nuestros tiempos. Esa definición será

fundamental para constatar la coherencia de las declaraciones misionales y la sostenibilidad de los proyectos educativos, al tiempo que permitirá aclarar los términos del dilema entre el compromiso con los valores y principios de creación y transmisión de conocimiento y el acatamiento de las demandas del sector externo como forma de asegurar los recursos para la supervivencia institucional.

La reflexión sobre estos factores constituye uno de los más urgentes e importantes apartes de la agenda interna de un proyecto realista y sostenible de formación de ingenieros que responda con solvencia a las necesidades del país y contribuya a la reducción de las brechas responsables de la inequidad y el deterioro social.

## *2. El campo de fuerzas de la educación superior*

En 1984 Jean Francois Lyotard<sup>1</sup> advirtió que el Estado y las Instituciones de Educación Superior estaban abandonando el interés esencial por la verdad e interrogándose en cambio sobre la utilidad del conocimiento; explayando de esa manera el camino hacia la exacerbación de las competencias y la habilidad operativa como norte de la actividad educativa.

Las relaciones entre las exigencias del entorno social – fuertemente influenciadas por la dinámica del mercado, su lenguaje, sus tácticas y sus expectativas – y los valores e intereses académicos de la educación superior, son la expresión de una crisis que afecta la esencia misma de las universidades; se retrata en expresiones tan diversas como la definición de políticas académicas, modalidades y niveles de formación, contenidos, estrategias e instrumentos de evaluación, planes de estudio, programas de educación continuada, asignación de recursos para desarrollo, proyección social e investigación, admisión de estudiantes y vinculación de profesores e investigadores y, por supuesto, determina criterios, estrategias e instrumentos de evaluación, certificación y acreditación.

La preocupación ecuménica por la reestructuración de la educación superior está integrada a un proceso económico, político y cultural más amplio, en el que las perspectivas nacionales se desvanecen y la presión global desborda las barreras locales e impone políticas y programas adecuados para mejorar la

---

<sup>1</sup> Lyotard, J (1984) *The Postmodern Condition: A Report on Knowledge*. Citado por Calvino (1989).

competitividad, pero no siempre idóneos – por subestimar los efectos políticos, socioeconómicos y culturales del entorno – para superar los problemas básicos de las sociedades locales o regionales.

La velocidad de los procesos de formación se ha multiplicado con la presión de la ciencia y la tecnología sobre las fronteras académicas de la educación profesional. La complejidad y el dinamismo de las formas de movilidad del conocimiento multiplican la importancia de las redes y grupos de investigación para generar y divulgar conocimiento por fuera del ámbito universitario, mientras la omnipresencia de Internet, la versatilidad y el desarrollo de las telecomunicaciones, la instrucción a distancia y el uso creciente de ingenios virtuales determinan la reducción del tiempo de trabajo presencial de estudiantes y profesores, fomentan la autogestión del aprendizaje y plantean serios interrogantes sobre el papel de la educación superior dentro del mapa de las nuevas relaciones con el conocimiento y la sociedad.

Los avances de las corporaciones mundiales de software, biotecnología, nanotecnología y tecnologías de energía alternativa, modelan el nuevo orden económico mundial y excluyen del grupo de máxima proximidad con el conocimiento de vanguardia a la mayor parte de las universidades, pero especialmente a las universidades de los países atrasados. Las presiones del mercado y la simple lógica de la supervivencia institucional urgen la conversión de las instituciones de educación superior en empresas que negocian patentes, comercializan productos educativos, compiten con las empresas y con sus propios egresados, y atienden compromisos cada vez menos determinantes con la formación profesional básica.

La agenda de la educación superior para los países latinoamericanos está determinada en gran parte por orientaciones que apuntan a superar las limitaciones de acceso y los problemas de equidad mediante estrategias y recomendaciones centradas en cuatro focos esenciales:

- Aseguramiento de la gobernabilidad de las instituciones para facilitar el diseño y puesta en marcha de nuevas políticas educativas. En este proceso se replantean y redefinen conceptos como autonomía, compromiso social, participación y gestión académica, frente a los cuales se prefieren y aclimatan principios de eficiencia; democracia representativa, corporativismo y gerencia de la academia.

- Mejoramiento de las condiciones de cobertura y equidad en el acceso mediante la puesta en marcha de un sistema de financiación basado en indicadores de gestión y desempeño.
- Incentivo y aseguramiento de la calidad mediante procesos de certificación y acreditación.
- Ampliación de la matrícula en programas técnicos y tecnológicos, mientras se debilita la imagen social de los programas de pregrado como techo de las aspiraciones de formación que habilitan para el empleo y se fomenta la oferta local de programas de posgrado, en especial en el nivel doctoral.

Las propuestas de reforma fomentan la idea de que las responsabilidades de la educación corresponden, en gran medida, a los individuos y las familias. Se reduce paulatinamente el ámbito de actuación del Estado, y la sociedad civil se asimila a un mercado en el cual la defensa de los derechos de los consumidores sustituye al compromiso con los derechos de los ciudadanos. En esta transición algunas responsabilidades educativas se convierten en objeto de inspección y vigilancia estatal, se obvian la discusión y el debate académico previo a la adopción de nuevas regulaciones, al tiempo que las instituciones de educación superior se aplican a la realización de las tareas asignadas por las autoridades educativas.

Desde la perspectiva de la racionalidad económica la educación superior se perfila como un bien de consumo cuya regulación y distribución eficiente y eficaz deben ser definidas por políticas educativas apoyadas en tres componentes:

- El privilegio de los objetivos económicos.
- El mercado como referente principal con un discurso plegado a los valores y vocabulario de los negocios.
- La inspección y vigilancia por parte del gobierno.

En lo referente a la verificación de la calidad de la formación impartida, gana terreno la evaluación *a posteriori* y los propósitos de la formación se redefinen en función de las demandas del mercado, a través de la adopción de instrumentos de evaluación creados para atender las orientaciones coyunturales

de empresarios o agencias del gobierno. Concentradas en la preparación de las pruebas estatales y forzadas a buscar recursos en un mercado cuya oferta de proyectos está dominada por el mismo Estado que evalúa y certifica, la educación superior se distancia de sus intereses académicos y pospone la atención de sus responsabilidades sociales y culturales.

Las demandas externas trasladan a los procesos de formación elementos de regulación propios de la esfera de la producción y conducen a diseños curriculares adecuados para producir trabajadores flexibles, polifacéticos e innovadores, orientados hacia mercados sectoriales atomizados y volátiles, producto de la nueva especialización laboral. Por esta vía, las señales externas definen los estilos de dirección, controlan el diseño curricular, orientan las estrategias pedagógicas y, desde luego, deciden los instrumentos de evaluación y el uso de los resultados<sup>2</sup>.

La educación superior, sometida a las demandas del sector productivo, elabora sobre la marcha un discurso de contricción y como parte de su propósito de enmienda, transforma educación en entrenamiento, mediante ajustes curriculares que privilegian las actividades de carácter práctico y técnico, sacrificando, en aras de la eficiencia económica, la reflexión, la crítica y los elementos innovadores y creativos de largo plazo (Urrutia y Trujillo, 1991).

Las políticas educativas predominantes orientan a las instituciones de educación superior hacia la satisfacción de las necesidades y demandas del sector productivo; hacia la capacitación de individuos que asimilen acríticamente las técnicas y procedimientos; los programas de formación profesional se orientan a resolver problemas puntuales y a enseñar resultados, fomentando la formación práctica y promoviendo la acción sin mayor discernimiento. Con la información como forma superior de conocimiento y el trabajo como única acción, la educación superior se entretiene en el entrenamiento y renuncia a la búsqueda de la verdad y la sabiduría.

Frente a los propósitos utilitaristas de la educación mercantilizada resulta interesante promover al estudiante universitario – y particularmente al estudiante de ingeniería – como ser humano que quiere saber, que aspira a que el saber sea la realización de su ser, que consciente de las repercusiones

---

<sup>2</sup> La evolución de los Exámenes de Calidad de la Educación Superior (ECAES) constituye un interesante objeto de estudio para valorar los efectos de una decisión externa dentro de la estructura y desarrollo de las instituciones de educación superior.

sociales de su tarea, quiere saber por qué hace las cosas, para qué las hace y, sobre todo, para quién las hace. Esta es una tarea urgente e ineludible en la agenda de los responsables de los programas de ingeniería.

### *3. La sociedad del conocimiento y el conocimiento en la sociedad*

Las relaciones entre educación superior, conocimiento y sociedad experimentan notables transformaciones en todo el mundo. El conocimiento, su producción, difusión y transmisión eran asuntos que la sociedad confiaba sin reparos a un grupo de instituciones dotadas de privilegios como la autonomía y la financiación con recursos comunes. Esas instituciones se situaban al costado de la sociedad, en sus extramuros, en sus propios terrenos – ciudadelas que anticiparon el avasallador auge contemporáneo de los centros comerciales – y a pesar de que sus funciones de investigación y enseñanza eran importantes, sólo despertaban el interés y las expectativas de un sector reducido y elitizado de la sociedad. Los primeros puentes tendidos para vencer ese aislamiento conformaron lo que con el tiempo se denominó extensión: una generosa mano ofrecida a la sociedad desde la academia, una visita guiada por el Olimpo sin riesgo para el control sobre la producción y difusión del conocimiento de alto nivel.

Las tres fuerzas han experimentado, por separado y en conjunto, una serie de ajustes y transformaciones, como resultado de las cuales se hace posible:

- La superposición de intereses y compromisos entre la sociedad y la educación superior hasta el punto de que ésta última es cada vez más una institución integrada a la sociedad y cada vez menos una referencia para ella.
- La producción y difusión de conocimientos (especialmente aquellos de mayor y más rápido efecto social e impacto económico) en centros de investigación, laboratorios y corporaciones independientes de las instituciones de educación superior
- La aceptación por parte de la educación superior de definiciones externas de conocimiento, y la atención de los requerimientos sociales. La educación superior tiene que responder a las demandas epistemológicas de la sociedad porque ésta ya no se conforma con lo que los académicos decidan investigar y producir en materia de conocimiento

Perdido el predominio en la investigación, la educación superior debe enfrentar otro desafío: la competencia organizada para la transmisión del conocimiento. En retirada del campo de la creación de conocimiento, los privilegios de la educación superior son amenazados en el de la docencia. La idea de que las aulas no son el escenario exclusivo para desarrollar la formación universitaria recibió impulso en Latinoamérica y el Caribe por los años 60 y 70 del siglo pasado, cuando los Gobiernos decidieron enfrentar la creciente demanda por matrícula mediante una estrategia de naturaleza tecnológica: incursionar en modalidades de formación a distancia, aprovechando las ventajas de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, las cuales permiten aumentar la cobertura sin necesidad de sobrecargar la capacidad de las aulas, con incrementos muy tenues en el costo marginal.

En este conjunto de hechos notables, se definen nuevos roles y compromisos para la educación superior. Absorbidas por la sociedad, las instituciones deben rendir cuentas de sus procesos y resultados para recibir a cambio certificaciones y permisos, de naturaleza y efectos semejantes a los procesos habituales en la actividad industrial y en los escalafones empresariales.

La competencia comercial impuesta por los mercados globales, alentó la evolución del concepto de la calidad y de los procesos e instrumentos para asegurarla. La calidad es uno de los resultados de la capacidad organizativa de la sociedad, entendida como escenario de realización humana dentro del cual el sistema educativo tiene lugar privilegiado, dado que se compite más que con la calidad de los bienes y servicios que se ofrecen, con la eficiencia y capacidad de innovación de quienes los producen. Dentro de esta perspectiva se considera que la educación es de calidad si reúne características y requisitos que permitan verificar y registrar su proximidad con sistemas, normas y parámetros de reconocimiento internacional.

Durante la segunda mitad del siglo pasado se desarrollaron sistemas de control de calidad por medio de la inspección final de los productos, asimilables, en el caso de la educación, al control mediante exámenes finales. En las empresas manufactureras o de servicios las deficiencias de calidad se miden a través del volumen de desperdicios, mientras en los centros escolares se determina básicamente por las cifras de reprobación, ausentismo y deserción, indicadores de bajos niveles de aprovechamiento escolar. Las deficiencias de calidad en la educación representan un grave problema social y un notable perjuicio

económico frente a los cuales las respuestas de los modelos de evaluación terminal parecen incoherentes y evasivas, razón por la cual se adoptan sistemas de evaluación y acreditación basados en la participación de la comunidad educativa y en la decisión de mejoramiento permanente a partir de la reflexión propia y la evaluación externa.

En medio de este paisaje, cruzado por múltiples intereses y variadas concepciones ideológicas, políticas y culturales, se construyen las nuevas relaciones entre la educación superior, el conocimiento y la sociedad. Si la educación superior debe desempeñar un papel en la expansión del conocimiento en la sociedad, no puede limitar su función a la obediencia ciega a sus demandas, ni puede prolongar indefinidamente el rechazo a formas de conocimiento y racionalidad distintas a las atesoradas institucionalmente. Si la educación superior pretende alentar una sociedad con mayor capacidad de autocrítica, ella misma debe recuperar, ejercer y defender esa función. Esta es otra asignación para la agenda de los responsables de la formación y actualización de profesionales de ingeniería

#### *4. Ingeniería para todo y para todos*

El ejercicio de las actividades que con el paso del tiempo constituyen el conjunto de conocimientos, experiencias y habilidades que se reconocen socialmente como ingeniería, es inseparable del desarrollo de la sociedad humana. La seguridad y el bienestar de la población son los principales beneficiarios de la acción de la ingeniería y, en consecuencia, los avances en esas materias reflejan el desarrollo del soporte material de la historia de pueblos y naciones.

Las nuevas prácticas agrícolas que determinan los esquemas de asentamiento de las tribus y comunidades, la consiguiente consolidación del modelo urbano, el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la industria, el progreso de las máquinas y las nuevas demandas de energía y potencia, la irrupción de la electricidad y el auge de la electrónica y las telecomunicaciones, la miniaturización, la robótica, la inteligencia artificial y la manipulación genética, son algunos de los pasos obligados del recorrido que ha configurado el panorama de la ingeniería y ha definido sus relaciones de la sociedad y con el conocimiento<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Se sugiere, entre otras lecturas provechosas, la del texto *Engineering in History*, un documento ilustrado escrito por Richard Kirby, Sidney Withington, Arthur Darling y Frederick Gridley Kilgour y publicado por Mc Graw Hill de New York en 1956. La editorial Dover Publications de New York presentó una reedición en 1990.

Las necesidades militares absorben los principales esfuerzos materiales de la sociedad en la antigüedad, e incluso obras, que la posteridad ha conocido y asociado con el avance de la civilización, como acueductos, obras hidráulicas, murallas, fortificaciones y obras de defensa, tienen una conexión inequívoca con los usos bélicos. Los progresos en el uso de nuevos materiales y en el mejoramiento permanente de armas aprovechan e impulsan los avances científicos y tecnológicos que se sistematizan en cuerpos de conocimiento que anteceden a las modernas formas de la ingeniería.

Después de la irrupción de los científicos, especialmente de los físicos, en el terreno de la solución de problemas militares durante la Segunda Guerra Mundial, la ingeniería respondió con una serie de adaptaciones en sus programas de formación y con una acelerada diversificación de especialidades. Las áreas de planeación y desarrollo de proyectos recibieron un especial impulso a partir de las experiencias logísticas adquiridas en la guerra.

Del predominio de la ingeniería civil – conjunto de aplicaciones orientadas a resolver problemas de la población distintos a los planteados por las exigencias militares – se pasó a un mosaico de especialidades y tendencias. Las demandas de energía, máquinas y equipos, infraestructura para el desarrollo de los medios de comunicación y la demanda de soluciones para los problemas de producción masificada y distribución en mercados ampliados fueron, entre otros, los factores que prodigaron el auge de títulos y denominaciones de especialidades de ingeniería en todo el mundo.

En medio de esta gran variedad, se preservan algunos rasgos comunes en las exigencias académicas determinadas para el aprendizaje y ejercicio de la profesión de ingeniero. Los programas de formación conservan dentro de sus estructuras esenciales ciertos atributos distintivos: fundamentación en disciplinas científicas; formación en diseño a partir de aplicaciones específicas de “ciencias de ingeniería” y formación investigativa orientada hacia el desarrollo de proyectos en los cuales concurren variables socioeconómicas, ambientales, técnicas y políticas.

A pesar de la diversidad nominal de especialidades, las áreas de interés de la ingeniería se concentran en materiales, energía e información. Estas áreas funcionan en interacción, desde las primitivas soluciones a los desafíos de la intemperie, hasta la complejidad del diseño y operación de las estaciones

espaciales. La identificación y fabricación de respuestas adecuadas a los problemas materiales de la sociedad, constituye una constante de la actividad humana. A través de las soluciones de ingeniería se intenta superar la vulnerabilidad de los humanos frente a la acción de los elementos. Alimento, abrigo, comunicación, medios de transporte, herramientas y armas son provistos por el trabajo que sistematiza las experiencias y explora características y propiedades de los materiales.

Históricamente, la ingeniería civil encabeza el espectro académico de la ingeniería en el país. Sus antiguos vínculos con las fortificaciones y los cañones se renovaron periódicamente en la agitada época de sobresaltos políticos y guerras civiles que caracterizan los últimos años del siglo XIX y los albores del XX en el país<sup>4</sup>. En la segunda mitad del siglo XX, las necesidades generadas por la industria y la especialización necesaria para atender los compromisos con la tecnología importada al país, produjeron la separación de la ingeniería en ramas bien diferenciadas que incluyeron la eléctrica, la mecánica y la relacionada con las ciencias agropecuarias. Así mismo, se consolidó el ejercicio de la ingeniería química y se crearon las condiciones para la organización académica de especialidades como ingeniería industrial, ingeniería de sistemas e ingeniería electrónica. Otros programas se desarrollan a la sombra de las especialidades mencionadas y son, de alguna manera, el puente con la expansión que caracterizará luego el ejercicio académico de la ingeniería en el país.

Los esfuerzos de la sociedad para la formación de ingenieros y la creación de una identidad en ingeniería deben verse compensados por resultados favorables para la inversión pública, la iniciativa privada y el fundamento material del desarrollo local, regional y nacional. El desarrollo de la informática, la electrónica, la robótica, entre otras formas emergentes de tecnología, tiene un importante lugar dentro del mapa de necesidades y urgencias de la sociedad, particularmente en lo relacionado con la inserción a la economía global, pero la ingeniería nacional tiene una prioridad: dotar a la sociedad de creatividad y respaldo científico y tecnológico para mejorar sus oportunidades de producción y elección de bienes y servicios básicos.

---

<sup>4</sup> En su libro *Una aproximación a la ingeniería*, el profesor de la Universidad de Antioquia Asdrúbal Valencia Giraldo, facilita la comprensión del itinerario de la ingeniería en la historia nacional y orienta el análisis de los efectos regionales diferenciados que caracterizaron las épocas fundacionales de la profesión de ingeniero en las distintas zonas del país.

Los procesos de inserción de los países en los nuevos escenarios de la globalización, dentro de los cuales la ingeniería tiene una enorme importancia estratégica, pueden resultar traumáticos, tanto para los países considerados integralmente, como para sus territorios y regiones más débiles. Se requieren enormes esfuerzos para generar y utilizar adecuadamente nuevos conocimientos para evitar la ampliación de una brecha que amenaza con reducir a las sociedades de los países pobres y, por supuesto, a su ingeniería, a simples objetos, utilizables, disponibles o desechables en los inventarios del mercado mundial.

Las estrategias de desarrollo, la apropiación de valores culturales y la identificación, valoración y empleo de los recursos locales, requieren de una ingeniería dotada para enfrentar con solvencia las diversas transformaciones mundiales que se han acelerado durante las dos últimas décadas; particularmente dos que se destacan por su influencia en los destinos de cualquier nación y por los desafíos que plantean a la ingeniería:

- La revolución científico-tecnológica producida por la convergencia de ciencia y tecnología en una zona difusa en la cual la interacción es inmediata y muy dinámica, exigiendo de esta manera producción local de conocimiento científico a los países que desean incursionar en la cadena de innovación y desarrollo con fines productivos; y
- la movilidad del conocimiento que desdibuja las fronteras nacionales para la ingeniería y otros servicios de conocimiento especializado, obliga al fomento de estudios de posgrado y a la creación de grupos de investigación, identificados y reconocidos por su capacidad de generar conocimiento y propiciar el desarrollo para un contexto nacional o regional específico, gracias a los efectos de la trashumancia científica y tecnológica.

Por oposición a la concepción de ingeniería sin compromiso social, simple instrumento de conversión acrítica de procesos exitosos en otros contextos; se precisa una ingeniería con capacidad de lectura permanente de las necesidades y oportunidades de la sociedad a la cual sirve, con compromiso de recuperar el tiempo perdido para amplios sectores de la población y, al mismo tiempo, competente para atender las exigencias de la globalización. La sociedad colombiana, como todas, con especificidades y rasgos exclusivos, exige el desarrollo de una ingeniería suficientemente versátil para fundamentar

un mejor nivel de vida para todos, con un continuo de formación y práctica que disminuya la brecha social ampliada por el desarrollo tecnológico.

Esta ingeniería, además del compromiso social, incluye la responsabilidad por la actualización permanente, la racionalización de las decisiones y la sostenibilidad económica, cultural y ambiental de los productos, procesos y servicios. Sin fundamentación científica, diálogo con sus pares en el mundo, solvencia en el diseño – entendido como la capacidad de propuesta de alternativas de solución para enfrentar problemas complejos y débilmente estructurados, en medio de limitaciones de recursos y bajo presiones políticas y sociales derivadas de las condiciones locales y regionales – las expectativas de la sociedad difícilmente podrán satisfacerse y la inversión de tiempo y recursos personales, familiares y sociales no estará compensada por un ejercicio productivo, calificado y competente de la profesión.

La visión de optimismo simplista del intercambio comercial globalizado, con su promesa de flujo libérrimo de recursos, conocimientos y personas debe matizarse con las barreras, los acuerdos selectivos, los estándares, los aranceles y visados comerciales, políticos y morales, que producen desequilibrio entre las naciones. Es evidente que cualquier modelo preocupado por la estandarización y globalización del ejercicio profesional, debe tener en cuenta que los ingenieros de los países pobres se forman para enfrentar competentemente el doble desafío de atender los compromisos de la globalización – la cita con la ciencia y la tecnología de punta – mientras simultáneamente contribuyen a la solución de los problemas básicos de infraestructura y dotación de servicios de la población que sobrevive por debajo de los límites de miseria.

##### *5. La agenda interna para la formación de ingenieros*

La sumatoria de deterioro económico y social del ejercicio profesional, la deficiente calidad promedio del desarticulado sistema educativo nacional, las dificultades de acceso a proyectos productivos sólidamente financiados, la escasez de recursos públicos para inversión en ciencia y tecnología producen una imagen del contexto en el cual deben actuar los ingenieros. Es esencial superar la tentación de ignorar la magnitud e incidencia de los problemas sociales al concebir los modelos de formación de los ingenieros, construyendo a su alrededor simulaciones asépticas del mundo. La actitud proactiva, la

creatividad, la apertura mental y la pasión por aprender son importantes aliados de los jóvenes ingenieros para atender los compromisos con la sociedad. En estas condiciones pueden resultar providenciales un par de atributos que permitan a la ingeniería recuperar y sostener un papel protagónico en el desarrollo social: la levedad y la rapidez<sup>5</sup>.

- El compromiso de la ingeniería con la levedad

La ingeniería en sus diversas manifestaciones, incluida desde luego la formación de nuevos ingenieros, está comprometida con la levedad. La comprensión de la levedad puede resultar útil para adoptar una posición crítica frente a las propuestas de una ciencia cada vez más servicial con los intereses económicos de la industria y dispuesta a recurrir a las aguas internacionales para ponerse a salvo de las restricciones legales, éticas y políticas impuestas por la sociedad.

Los nuevos materiales, la manipulación genética, la nanotecnología, las imperceptibles señales electromagnéticas y los ingravidos satélites, así como las redes planetarias de información y las innovaciones en diseños, procesos y formas de organización, son elementos que la ingeniería y la formación de nuevos ingenieros deben considerar en el diseño curricular, dotando a los estudiantes de opciones de formación integral, evaluación permanente, compromiso con la sociedad, visión política y cautivándolos con el placer de la formación de por vida.

La levedad no debe confundirse con la ligereza o la superficialidad, ni con una invitación a dar a la formación de los ingenieros el tratamiento dado a las prácticas de comercialización de los productos *light*. La búsqueda de la levedad no es una invitación al delirio o a la alucinación sin discernimiento, ni una excusa cómplice para ofrecer programas a los cuales se sustrae la esencia en beneficio de la titulación fácil. Para encontrar la levedad será necesario renovar actitudes – por parte de gobiernos, instituciones, empresarios, profesores y estudiantes – y cambiar de enfoque, mudar de lógica, deshacerse de métodos y formas de control que no sirvan a los propósitos de encuentro con nuevas opciones de acceso al conocimiento.

---

<sup>5</sup> En un trabajo que la muerte le impidió leer en Harvard en 1985, Italo Calvino propuso un conjunto de valores que, a su juicio, deberían ser cualidades de la literatura en el nuevo milenio. Dos de esos valores se proponen en este escrito como atributos deseables para la ingeniería del siglo XXI.

La tradicional debilidad de los recursos disponibles debe estimular la imaginación de los ingenieros para un aprovechamiento máximo de los fondos sociales mediante el aligeramiento de todas las fuentes de pesadez, principalmente aquellas relacionadas con prácticas obsoletas, procedimientos engorrosos, incumplimiento y corrupción.

- El compromiso de la ingeniería con la rapidez

Autoevaluación permanente, educación continuada, ciclos de formación, educación de la cuna a la tumba, relevo generacional, son algunas de las más notorias expresiones del poderoso influjo que el tiempo tiene dentro de los debates relacionados con la educación superior. El tiempo, bien sea considerado como edad, plazo o límite, es un factor principal en la valoración de aspectos esenciales del compromiso de formación de los ingenieros.

Para enfrentar exitosamente la urgencia de los reclamos sociales y el acelerado flujo de conocimiento, bienes y servicios, la ingeniería debe estar dotada de los instrumentos necesarios para aproximarse a las transformaciones mundiales sin permitir la ampliación de las brechas que separan del desarrollo a las capas más vulnerables de la sociedad. La necesidad del conocimiento en tiempo real para incorporar las innovaciones provechosas, el acceso a las bases de datos actualizadas con los aportes universales más calificados, la formación permanente de los graduados, reclaman, entre las más importantes características, una actividad incesante y veloz, necesaria para sincronizar la formación de los ingenieros con la revolución científico-tecnológica y con su interacción inmediata y dinámica con la sociedad del conocimiento.

La velocidad de los procesos se ha multiplicado con la enorme presión de la ciencia y la tecnología sobre las debilitadas fronteras académicas y profesionales. La complejidad y el creciente dinamismo de las formas de movilidad del conocimiento, multiplican la importancia de las redes y grupos de investigación para propiciar el desarrollo en términos de tiempos cada vez más apremiantes. La ingeniería debe interesarse por incrementar, tanto la velocidad física, facilitada por la electrónica y las telecomunicaciones, como la velocidad mental, estimulando la sucesión de ideas, tan rápidamente que no se permita la ociosidad mental ni se propicie el tedio en la actividad académica o en el ejercicio profesional.

Un conjunto de esfuerzos, orientados a la acción en el corto plazo, puede sugerirse como parte de las estrategias de recuperación y fortalecimiento de la credibilidad de la ingeniería en la sociedad, justamente en un momento de profundas transformaciones educativas y laborales que afectan, de manera significativa, la esencia misma de los procesos de formación y ejercicio profesional de los ingenieros.

- Esfuerzos para convertir en acciones los compromisos y las declaraciones. En el caso de los problemas asociados con la ingeniería nacional, debe acometerse un singular esfuerzo para garantizar a la sociedad acción sostenida, con la prédica y con el ejemplo, en procura de rigor, seriedad, pulcritud y transparencia en todas las expresiones del ejercicio de la ingeniería, las cuales incluyen por supuesto el compromiso académico de formación de nuevos ingenieros en un ambiente de exigencia y dedicación.

- Esfuerzos para procurar el liderazgo social y la participación política de los ingenieros

El propósito de la formación debe ser, en últimas, el reconocimiento de las múltiples dimensiones y dominios del ser humano, preparado para cualquier actividad sin que ninguna especialización limite su potencial, sin privilegiar un conocimiento en lugar de otro, ni sesgar la formación en algún sentido. Como una forma de superar la limitación del técnico, del profesional o del especialista, la función política debe dirigirse a fortalecer la actitud de compromiso permanente con la sociedad por parte de quienes son autores, intelectuales y materiales, del crecimiento físico que sirve de soporte al desarrollo.

La actitud política que debe estimularse en los ingenieros en formación, favorecerá su presencia calificada en los escenarios donde se debaten los temas que interesan a la sociedad, a la profesión o al ingeniero como profesional y como ciudadano. La solidez de la formación de la dimensión política, sería una excelente cerca viva para los exabruptos y podría inducir un provechoso relevo en ciertos escenarios de decisión en los cuales la seriedad y el rigor de los ingenieros podría sustituir, con ventajas para la sociedad, a otros actores menos preparados para identificar las prioridades y orientar la inversión de los recursos.

- Esfuerzos para reducir una brecha de múltiples dimensiones

El valor agregado por la ingeniería a la sociedad no debe ser solamente el de la provisión acrítica de bienes y servicios de discutible pertinencia. La atención de los compromisos de dotación de servicios públicos esenciales, la solución de las necesidades de infraestructura, cuya magnitud aproximada es motivo de alarma entre los negociadores de tratados comerciales, y la reducción de las múltiples dimensiones de la brecha científica y tecnológica que constituyen un lastre para la competitividad, son altas responsabilidades dentro de los procesos de inserción del país en los nuevos escenarios de la globalización, dentro de los cuales la ingeniería tiene una enorme importancia estratégica.

- Esfuerzo para vencer las tentaciones

La ingeniería constituye un ejercicio de amplio impacto sobre los recursos económicos de la sociedad y, justamente por esa razón, los ingenieros se encuentran expuestos a las crecientes tentaciones de la corrupción y la inmoralidad asociadas a los proyectos que comprometen ingentes recursos financieros. Solamente una sólida fundamentación ética puede evitar que el ejercicio de la ingeniería se vea tristemente relacionado con episodios dolosos que, por otra parte, quedan en la memoria colectiva, eclipsando los logros tecnológicos de la profesión.

La concepción de la ingeniería como un servicio a la sociedad, por oposición a la concepción de la ingeniería como un negocio, o un ejercicio temporal de incremento patrimonial, debe estar fuertemente radicada en los estudiantes. En este sentido resulta fundamental el conjunto de prédica y ejemplo que pueda surgir del contacto de los jóvenes alumnos con profesores, directivos y funcionarios de total pulcritud e intachable conducta.

Desde la perspectiva del trabajo con el sector productivo, o con el Estado, el ingeniero debe tener claro – como producto de su formación – que la responsabilidad social de las instituciones y de las empresas es simple de formular si se entiende que los negocios particulares y el Estado existen para servir a la sociedad y no para servirse de ella. Los esfuerzos de formación de nuevos ingenieros deben ser analizados y evaluados críticamente con base en las acciones encaminadas a oponerse a la negligencia y la impunidad que carcomen la estructura social.

Es muy importante definir y respetar los valores básicos de la formación de ingenieros frente a la creciente presencia de los intereses del mercado, acentuada por pactos y compromisos dentro de los cuales la educación, particularmente en su nivel superior, se percibe como simple mercancía sometida al arbitrio de los cánones del intercambio comercial, con creciente menosprecio de su significado cultural, su compromiso con el conocimiento y sus responsabilidades sociales.

#### 6. *Las caras de las competencias*

“De la idea de la universidad no surge cualquier formación o una formación definitiva, pero la ilimitada voluntad de indagar y de aclarar está relacionada con una formación peculiar: ella favorece la *humanitas*, es decir, el escuchar razones, el comprender, el reflexionar partiendo del punto de vista ajeno, la probidad, la disciplina y la continuidad de la vida. Pero esta formación es un resultado natural, no un objetivo consciente.

La universidad plantea la exigencia de la voluntad de saber sin compromisos. Puesto que el conocer sólo es posible en la iniciativa independiente, su fin es esa independencia y la propia responsabilidad del individuo. Dentro de su esfera, ella no reconoce ninguna autoridad: sólo respeta la verdad en sus formas infinitas, esa verdad que todos buscan, pero que ninguno posee en forma definitiva y acabada.

En la universidad la investigación no sólo tiene su lugar porque otorga los fundamentos para la educación científica en las profesiones prácticas, sino porque la universidad existe para la investigación porque se consume en ella su sentido. El estudiante es un hombre de ciencia y un investigador en ciernes, y sigue siendo toda su vida un hombre filosófico – científico cuando ha penetrado en aquel movimiento de permanente crecimiento de la idea aunque ejerza su actividad en la tarea práctica de dar forma a la realidad, que no es menos productiva que el rendimiento científico en el sentido más estricto”<sup>6</sup>.

Las autoridades educativas promueven la idea de que la preparación que puede dar la educación superior tiene como propósito central el mejoramiento de las opciones de vinculación al mundo laboral. Advirtiendo que las variables

---

<sup>6</sup> Jaspers, K. (Heidelberg, mayo de 1945) “La idea de la universidad”. Editorial Suramericana, Buenos Aires, 1959.

que gobiernan esa vinculación están por fuera del control de las instituciones educativas, la incertidumbre y volatilidad del escenario laboral refuerzan la conveniencia de preparar a los estudiantes para que sean consumidores permanentes de productos del sistema educativo, a través de ofertas de educación continuada y estudios de posgrado que se convierten de esta manera en factores de selección laboral.

La capacidad de autoformación, soporte del aprendizaje de por vida, y la flexibilidad para aceptar la naturaleza permanente de los cambios del mercado laboral, hacen parte de las especificaciones de la formación que se ofrece a las nuevas generaciones para enfrentar la obsolescencia de las profesiones, la inestabilidad del empleo y la presión de la competencia derivada del aumento de la cobertura de la educación superior.

La adopción de nuevas formas de medida para el tiempo dedicado por los estudiantes al trabajo académico en su compromiso de aprendizaje supone un ejercicio de mucha mayor trascendencia que la simple conversión aritmética requerida para trasladar a créditos las intensidades horarias utilizadas para cuantificar asignaturas y actividades curriculares.

El significado de la adopción de los créditos representa la asimilación del cambio de modelo de formación. Es la expresión del paso del modelo de enseñanza centrado en la instrucción y el protagonismo docente, la concentración física de los recursos institucionales y la relación exclusivamente presencial, a un modelo de aprendizaje orientado, fuertemente autónomo, basado en la responsabilidad del estudiante y apoyado en el uso de recursos externos a la institución. La contabilidad de los ajustes a la infraestructura institucional, representados en nuevas formas de gestión; capacitación docente, bibliotecas, laboratorios, equipos y otros recursos educativos, exige un conocimiento adecuado de las circunstancias en las cuales se desarrolla el proceso de autoformación de los estudiantes. Esta valoración, que debe ser objeto de cuidadosa investigación institucional, es una asignación para la agenda de los responsables de la formación de ingenieros

A propósito de medidas como la adopción de los créditos, un recorrido por los modelos de orientación curricular muestra apariciones periódicas de conceptos que se acumulan formando un manto sedimentario de muy difícil caracterización. Perfiles, pensamiento crítico, pensamiento complejo,

formación integral, trabajo interdisciplinario, enseñanza para la comprensión, pedagogías intensivas, formación experiencial, proyectos transversales, son algunas de las alternativas metodológicas que en un momento dado presidieron las discusiones de los responsables del diseño curricular.

Ahora es el tiempo de las competencias, invocadas sin vacilar como objetivo central del diseño curricular y la evaluación; como formidable herramienta que encontró uso perfecto dentro de las estrategias de aseguramiento de la calidad de la educación superior. La competencia es un objetivo que no admite discusión en la comunidad académica. La sociedad desea contar con médicos, contadores, abogados, físicos e ingenieros competentes. Desde luego es deseable recibir de ellos algo más que competencia, pero aún así ésta debería ser una virtud prácticamente universal de quien ha transitado hasta las más altas cotas del sistema educativo.

La competencia no es problemática *per se* como objetivo educativo en la educación superior, pero se convierte en objeto de discusión – es decir, en un concepto problemático – cuando se la transforma en el objetivo principal de la formación y el culto a su alrededor soslaya otros objetivos importantes. Este enfoque estrecho y simplista de las competencias contribuye al tono y alínderamiento de las discusiones y aporta poco a la búsqueda de una solución equilibrada, construida sobre la ponderación de los intereses académicos y las necesidades del mercado laboral.

El manejo minimalista del concepto de competencia lo convierte en sinónimo de habilidad y destreza y convierte su uso en una búsqueda obsesiva de pautas procedimentales y bridas normativas para hacer las cosas en contexto y alcanzar niveles de desempeño satisfactorios para las exigencias coyunturales de productividad. A la objeción sobre el carácter inestable de las demandas de habilidad se responde con la apología de la flexibilidad, otro de los seudoparadigmas de alto impacto en la historia reciente de la gestión curricular. Las nuevas habilidades que se requieran para sobrevivir en el mercado laboral se transmitirán a las instituciones de educación superior y ellas dispondrán lo necesario – acá entra a jugar la flexibilidad curricular – para descubrir y desarrollar un nuevo catálogo de competencias laborales.

Las competencias profesionales deben preparar al individuo para actuar en la profesión en un ambiente de permanente actualización e inevitables

ramificaciones, en el seno de una sociedad cuyos valores, expectativas y prioridades difícilmente pueden anticiparse, y en un escenario laboral competido y con irreversible tendencia a la informalización. Desconocer las dimensiones distintas a las del ejercicio laboral y preparar a las personas casi exclusivamente para su supervivencia económica es uno de los yerros notables de la versión operativa de las competencias. Como lo señala el profesor Carlos Rodríguez Lalinde, citando a Dilts, el reto es pasar de una “competencia inconsciente”, es decir, de un saber hacer sin saber cómo se hace, a una “competencia consciente”, esto es, a un saber hacer y saber cómo se hace, por qué se hace así y saber proponer nuevas formas de hacerlo.

Las competencias profesionales deben orientarse al conocimiento de lo que se conoce y de cómo se conoce – metacognición – y a la posibilidad de uso y desarrollo continuo de las propias competencias. Tal es la base de la consigna contemporánea de “aprender a aprender”, compromiso que requiere la responsabilidad del individuo para valorar sus necesidades de aprendizaje y actualización.

La educación superior encara el dilema de un par de definiciones opuestas de competencia: competencia académica y competencia operacional. Las dos encarnan creencias, prácticas y valores que identifican proyectos distintos, postulaciones alternativas sobre la educación superior. No es posible producir fácilmente un acercamiento entre estos dos puntos de vista, dado que cada uno de ellos construye su legitimidad a partir de su posición contraria a la otra definición, lo cual las hace versiones rivales del término. Cada una de ellas refleja intereses sociales estructurados en distintos planos, constituyen intentos de definición de una actividad social como la educación superior, una parte del mundo que ambos campos aspiran a explicar de una manera restringida que conduce a un inevitable choque conceptual. El de competencia es, en suma, un concepto discutido. Las dos versiones de la idea que rivalizan son: la forma académica, construida en torno de la idea del dominio de la disciplina por parte del estudiante, y la hoy muy difundida forma operacional, que reproduce esencialmente el interés de la sociedad en los desempeños que mejoren los resultados económicos de las empresas. De la cultura cognitiva al desempeño económico: las diversas definiciones de competencia son una representación en pequeña escala de las tensiones que definirán el rumbo de la educación superior.

Cuando se examinan las diferencias entre las versiones rivales de las competencias es posible identificar una tercera vía, una propuesta para el

ámbito del mundo de la vida en el cual ha de desempeñarse efectivamente el individuo: acciones en tiempo real, problemas no estructurados, deficiencias de información y hostilidad ambiental<sup>7</sup>. Así, por ejemplo, mientras el enfoque de las competencias operacionales se sitúa en el resultado, y el enfoque académico está en la capacidad propositiva del individuo, la preparación para el mundo de la vida requiere enfocarse en el proceso de diálogo y en el análisis de las circunstancias como fuente de la argumentación. Ninguna simulación, y los contextos *ad hoc* utilizados en la evaluación por competencias es simplemente una simulación, puede sustituir la complejidad del mundo real y las insospechadas variaciones de sus estímulos y respuestas por lo cual la competencia para enfrentarlo operacionalmente resulta insuficiente para comprenderlo e intentar transformarlo.

Las competencias operacionales están orientadas hacia valores de supervivencia económica y promueven en consecuencia actividades de promoción y emprendimiento, enseñan a los estudiantes a venderse mediante estrategias de mercadeo de las habilidades y competencias. Por su parte, las competencias académicas orientan hacia los valores propios de las disciplinas, hacia su promoción y crecimiento. La preparación para el mundo de la vida debe promover como valor supremo el bien común, a cuyo servicio deberán desplegarse todos los instrumentos cognitivos y operacionales, recordando que los medios sirven a los fines y estos deben ser permanentemente sometidos a crítica y cuestionamiento.

La educación superior debe preparar a los individuos, independientemente de sus disciplinas y profesiones, para el mundo de la vida y no solamente para una de sus dimensiones, por importante que ella sea. La acción transformadora para la cual deben prepararse los ingenieros no puede convertirse simplemente en acción laboral, como pretende la versión operacional de la competencia; tampoco la contemplación del conocimiento y su apropiación libre de contaminación social pueden incidir en la sociedad para mejorar sus condiciones de vida.

El equilibrio entre los valores de la academia y las demandas del entorno puede significar la diferencia entre una educación superior que habla de igual a igual con la sociedad y con el conocimiento, y otra que subordina su misión institucional y su proyecto formativo a las demandas de mano de obra

---

<sup>7</sup> Los interesados en la ampliación de la propuesta para el ámbito del mundo de la vida pueden consultar la referencia Barnett, R. (1994).

competente para mejorar la eficiencia empresarial y elevar sus indicadores de resultado.

### *7. Notas de cierre*

En la agenda de un proyecto de formación de ingenieros debe estar prevista, en lugar privilegiado, la discusión del diseño curricular necesario para aspirar a elevar su capacidad de identificar y diseñar perspectivas de crecimiento y desarrollo. Es cierto que la racionalidad técnica puede ser predicada como suficiente para resolver problemas instrumentales, pero es forzoso despertar en los ingenieros, y especialmente en los jóvenes estudiantes de ingeniería, el deseo de participar en la construcción permanente del mundo, aliviando su temor de preguntar y estimulando su interés por alcanzar el no saber como verdadero detonante del conocimiento.

La capacidad de autoformación, soporte del aprendizaje de por vida, y la flexibilidad para aceptar la naturaleza permanente de los cambios, hacen parte de las exigencias de formación que reclaman las nuevas generaciones de ingenieros, para enfrentar la aceleración del aumento del conocimiento, la forzosa obsolescencia de las tareas profesionales, la geoeconomía, la protección del ambiente y las demandas de participación democrática y desarrollo sostenible.

El resultado de la formación debe conducir a la satisfacción de propósitos relacionados, entre otros, con los siguientes compromisos:

- Contribuir a elevar la calidad de vida de la sociedad.
- Racionalizar el aprovechamiento de los recursos, aproximando las demandas de la sociedad con los criterios de productividad, preservación ambiental y desarrollo sostenible.
- Promover el diálogo de la sociedad y el conocimiento con la naturaleza.
- Fomentar el tratamiento racional de los problemas de la sociedad a través del uso del conocimiento y el respeto por sus saberes acumulados.
- Estimular la formación de una comunidad académica de ingeniería que ejerza liderazgo sobre la sociedad y facilite la comunicación con otras culturas y formas de organización social.

En el plano del ejercicio profesional, la satisfacción de los compromisos descritos reclama una formación que revele ante la sociedad un ingeniero dotado de espíritu inquisidor; capacidad crítica producto de la reflexión y la actitud propicia a la investigación y a la visión sistémica de la problemática enfrentada; sensibilidad frente a las necesidades sociales, apertura y flexibilidad mental para el tránsito de los cambios, convicción de la importancia de la formación y el aprendizaje permanentes, y un inmodificable sentido de la responsabilidad social, materializado en el estricto cumplimiento de las responsabilidades ciudadanas y en el apego indeclinable a las leyes y regulaciones que garantizan – dentro de la profesión y fuera de ella – la convivencia y el desarrollo de la sociedad.

El ingeniero debe romper el estrecho sistema de referencia que ofrece la técnica y, como una suprema aspiración de estos tiempos, la ingeniería – responsable de promover el dominio de los objetos materiales – debe incluir, como uno de sus compromisos con el siglo XXI, la recuperación de la humanidad como fuente principal de su interés y como centro de gravedad de cualquier propuesta de desarrollo.

## 2. PANEL

### Primera pregunta

¿Qué formación pedagógica mínima sería deseable para los profesores de ingeniería en la perspectiva del año 2020? ¿Podrían sugerirse indicadores para una aproximación cuantitativa?

- *Carlos Arroyave*
  - Persona integral: ética, social, solidaria, tolerante, visionaria.
  - Profesional integral: de clase mundial, bien formado, actualizado, inquisitivo, líder, multilingüe, modelo.
  - Universitario integral: docente, investigador, ingeniero
  - Docente integral: copartícipe, orientador, motivador, innovador, evaluador, retroalimentador.

- *Juan Manuel Barraza*

En el pasado, los cambios en la profesión y en la educación en ingeniería han producido cambios en la tecnología y en la sociedad. Florecieron nuevas disciplinas en ingeniería y se crearon nuevos currículos para lograr los cambios de la sociedad, así como para proveer la fuerza laboral requerida para integrar nuevos desarrollos en la economía colombiana. El panorama es hoy bastante diferente: la sociedad cambia continuamente por efectos de la globalización, y los docentes, en especial, deben adaptarse para permanecer sensibles a esos cambios.

En el 2020, los campos de acción de la ingeniería tendrán desarrollos en nanotecnología, biotecnología, nuevos materiales, computación y logística, entre otros. Se entiende que la ingeniería se reflejará en cualquiera de esos campos, en combinaciones de ellos o en ninguno de ellos. Al mismo tiempo, con el mundo globalizado, emergen nuevos retos y oportunidades, tanto como consecuencia de los rápidos mejoramientos tecnológicos en naciones de rápido desarrollo actual, tales como India y China, como por la influencia de los fenómenos políticos que se producen en el mundo. Los docentes debemos formarnos en ese contexto para afrontar esos retos y transferir esos conocimientos a nuestros estudiantes. El ingeniero actual, y mucho más el del futuro, deberá tener una formación para lo global con capacidades para producir soluciones locales.

En el contexto social, el futuro es incierto. Sin embargo, una cosa es clara: la ingeniería operará en la sociedad del 2020. A una escala macro, en la que las fuentes naturales del mundo estarán sometidas a tensiones por el incremento de la población, y a una escala micro, en la que los ingenieros necesitarán trabajar en grupo para ser efectivos. La consideración de los temas sociales es y seguirá siendo central para la ingeniería. Las relaciones políticas y económicas entre las naciones y sus gentes impactarán la práctica de la ingeniería en el futuro, probablemente en con mayor importancia que hoy. Se debe prestar atención a la propiedad intelectual, a la gerencia de proyectos, a la influencia de múltiples lenguas, a la diversidad cultural, a las repercusiones morales y religiosas, a los impactos globales/ internacionales y a las restricciones costo-beneficio que continuarán influyendo en la práctica ingenieril. En todos esos aspectos se debe formar los docentes universitarios para hoy y para el 2020.

En este contexto, formulo las siguientes preguntas:

- ¿Cómo pueden educarse los docentes para formar líderes ingenieros que sean capaces de balancear las ganancias obtenidas por las nuevas tecnologías con la vulnerabilidad creada por sus subproductos, sin comprometer la sociedad y la humanidad?
- ¿La ingeniería reflejará y celebrará la diversidad de todos los ciudadanos en nuestra sociedad?

Las respuestas a estas preguntas, sin duda difíciles, ayudará a que los docentes universitarios busquen soluciones para formar estudiantes talentosos y creativos para el 2020.

En conclusión, el docente universitario 2020 deberá formarse para encarar retos, soluciones ofensivas y defensivas a nivel micro y macro, con el fin de preparar a sus estudiantes para los posibles cambios que se produzcan en el mundo. Los ingenieros deben anticiparse y prepararse para dar soluciones defensivas ante potenciales catástrofes, tales como ataques con armas químicas y biológicas, contaminación de agua y alimentos, daños de infraestructura de carreteras, puentes, edificios, redes eléctricas y problemas en comunicaciones en Internet, telefonía, radio y televisión.

Los docentes deben formarse para formar a sus estudiantes en la creación de soluciones que minimicen riesgos de fallas completas y, al mismo tiempo, que preparen soluciones de rápida recuperación y reconstrucción. En resumen, diría que los ingenieros encararán problemas cualitativamente similares a los que tienen hoy.

Sin embargo, para resolver los nuevos problemas, los docentes deberán formarse para el uso de herramientas y tecnologías revolucionarias, que deben estar embebidas en el conocimiento central y soportar la efectiva evolución de la ingeniería y del sentido del profesionalismo en el nuevo siglo.

- *Mesa de Trabajo*

1. Propuestas:

- El profesor debe tener sólidas competencias comunicativas tanto orales como escritas.

- El profesor debe tener suficiente dominio de las nuevas TIC y saber utilizarlas adecuadamente.
- El profesor debe conocer lo que enseña y saber cómo enseñarlo.
- El profesor debe tener la necesaria y suficiente formación didáctica
- Cuando un profesional va a dedicarse a la enseñanza, debe recibir una formación pedagógica, diferente a la disciplinar.
- Las universidades deben tener un Plan de Formación Institucional permanente, mediante programas continuos, en todos los aspectos de la práctica profesoral, con los correspondientes seguimiento, evaluación, retroalimentación, etc.
- Cada universidad puede crear modelos propios de capacitación, de acuerdo a los docentes y el programa.
- La formación de los profesores debe proporcionarles estrategias que garanticen el equilibrio entre método de enseñanza y el perfil del estudiante.
- Es importante que la formación pedagógica de los profesores trabaje con casos reales, teniendo en cuenta las vivencias y experiencias de los profesores.
- La formación de los profesores debe enfocarse más en la construcción de los conocimientos y en las estrategias para la transmisión, que en la teoría pedagógica.
- Las ciencias básicas deberían ser enseñadas por ingenieros o utilizar didácticas que faciliten el aprendizaje de los estudiantes.
- La proporción de docentes de tiempo completo y de cátedra es aproximada de un 30% y de un 70% respectivamente. Este dato afecta a las posibilidades de la formación pedagógica de los profesores.
- Para que haya posibilidades de formación pedagógica se debe cambiar el contexto institucional, de modo que exista comunicación entre las directivas académicas y los docentes encargados de una asignatura específica.
- Para el mejoramiento pedagógico de los profesores conviene apoyar, promover e impulsar el trabajo en equipo.
- Es necesaria una actitud positiva frente al cambio: querer actualizarse.

## 2. Indicadores:

- Recursos utilizados en la preparación, desarrollo y evaluación de la asignatura.

- Grado de pertinencia de los recursos utilizados respecto del contenido de la asignatura (videos, talleres, video beam, etc.)
- Grado de coherencia entre los modos de evaluación y las competencias a desarrollar.
- Grado de satisfacción de los estudiantes y del propio profesor.
- Evaluaciones comparativas entre los cursos prototipo y un curso en el que se apliquen nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje.
- Historia crítica de los cambios que ha tenido un curso en cuanto a contenidos, estrategias pedagógicas y didácticas, recursos utilizados, resultados de las evaluaciones, etc.

## Segunda pregunta

¿Qué requisitos, adicionales a los relacionados a continuación, sugeriría para ejercer la docencia en ingeniería?

- ▶ Nivel académico de los profesores en el campo de su especialidad profesional (Doctorado, Maestría, Especialización)
- ▶ Formación específica en docencia, pedagogía, didáctica
- ▶ Experiencia profesional

- *Carlos Arroyave*

- Doctor: líder
- Ingeniero de formación: profesional de la formación de ingenieros
- Gestor del conocimiento: generador, divulgador, innovador

- *Juan Manuel Barraza*

Desde el punto de vista del nivel académico, los profesores universitarios deben tener la misma escolaridad del programa en el cual estén enseñando. También deben tener experiencia profesional en su área de trabajo para transferir sus conocimientos a los estudiantes. Lo más importante es que los centros universitarios deben hacer esfuerzos para que sus profesores tengan además las siguientes características:

- Trabajar en equipo  
En el 2020 habrá incremento tanto de la complejidad como de la escala de problemas asociados con la ingeniería. Por lo tanto, se requiere que los profesores trabajen en colaboración con grupos

de expertos multidisciplinarios, en varios campos. Para alcanzar lo anterior, los profesores deben tener algunos atributos esenciales tales como: excelencia en las capacidades comunicativas, habilidad para comunicarse usando tecnología, entendimiento de lo complejo, capacidad para trabajar en un mercado global y en un contexto social. Flexibilidad, receptividad al cambio y respeto mutuo son también esenciales.

- Trabajar en una ingeniería defensiva  
La ingeniería 2020 será defensiva y, por lo tanto, los profesores deben tener capacidad de análisis de soluciones proactivas y anticipatorias.
  - Conocer el pasado de la ingeniería  
Los profesores deben tener conocimiento de las lecciones pasadas, en el ámbito de su carrera, para que sus estudiantes mejoren, o no repitan esos casos.
  - Comunicación  
Comunicarse efectiva y comprensivamente, tanto de manera oral como por escrito, en formatos que van desde resúmenes ejecutivos hasta informes técnicos, acerca del trabajo propio, ante una audiencia específica.
  - Ética en el trabajo de laboratorio  
Poseer una seria formación ética que se manifiesta en la práctica profesional, a la hora tanto de informar objetivamente como de interaccionar con integridad.
- *Mesa de Trabajo*
1. En un primer momento, se reflexionó acerca del impacto que han tenido los requisitos propuestos en la pregunta 2, en la formación de ingenieros hasta la fecha.

Comentarios:

- Antes de la Ley 30 de 1992, en la universidad (primordialmente en la universidad privada) se priorizaba la docencia. La investigación era desarrollada en un altísimo porcentaje en las grandes universidades públicas.
- La capacidad docente, medida como la cantidad de aprendizaje alcanzado por los estudiantes, en la práctica, se debe evaluar desde dos perspectivas:

- a. Las expectativas de los estudiantes
- b. Las expectativas de los directivos y de los entes reguladores

Se concluye que antes de que el mandato gubernamental exigiera integrar las funciones sustantivas de la universidad, las características requeridas para ejercer la docencia en ingeniería coincidían, desde la óptica del estudiante y de las directivas, en las expuestas a continuación, priorizadas en su orden como:

1. Experiencia profesional
2. Formación pedagógica y didáctica
3. Nivel académico de formación

Es decir, para el estudiante era muy importante el contexto en que el profesor situaba los conceptos enseñados, lo que se facilitaba cuando, basándose en su experiencia profesional cotidiana, el docente aterriza esta experiencia en el salón de clase. Los directivos daban también mucho peso a esta experiencia, para categorizar al profesor a la hora de asignar los reconocimientos económicos.

2. Con este precedente, el grupo centró la reflexión en el intento por visualizar qué requisitos adicionales necesita el docente de ingeniería con vistas al 2020. De la reflexión surgieron las siguientes consideraciones.

- En la actualidad, a pesar de que los entes reguladores impulsan la integración de las funciones sustantivas (docencia, investigación y proyección social) en la universidad, la realidad nos muestra que, en el mejor de los casos, estas funciones, se han venido desarrollando sumadas y no integradas. Además de que en el planteamiento no se incluyen otras dos funciones que el docente universitario desarrolla cotidianamente: la administración y la auto-formación. Se asume que para el 2020, todas estas funciones estén integradas no solo en la universidad sino en cada docente.
- La segunda consideración plantea el siguiente interrogante: ¿al servicio de quién estará la ingeniería en el 2020?  
El avance de los conocimientos científicos en ingeniería apoyado en la tecnología, ¿estará prioritariamente al servicio de los intereses económicos dominantes, como lo ha estado desde hace muchos años,

o estará, como siempre lo han propuesto algunos soñadores, al servicio de la sociedad, aportando herramientas para la solución de sus problemas mas relevantes?

La conclusión del grupo es que no hay nada que haga predecir que esto va a cambiar, si se consideran los procesos de globalización y competencia a que el mundo seguirá abocado en el futuro.

La conclusión más general a la que se llegó es que, en el futuro, la labor docente debería seguir evaluándose desde las mismas dos ópticas:

- ▶ Las expectativas de los estudiantes
- ▶ Las expectativas de los directivos y de los entes reguladores

El grupo considera inminente el cambio del perfil del estudiante y, por lo tanto, las instituciones educativas deberán tener la capacidad de responder a sus necesidades de comprender, desde su periodo formativo, la realidad que espera enfrentar a su egreso.

El grupo prevé que, para el estudiante del futuro, la capacidad de auto-aprendizaje tendrá una importancia muy superior a la actual en el proceso enseñanza-aprendizaje.

Desde la óptica del estudiante, que es a quien realmente impactan las características del profesor, independientemente de las exigencias que se planteen por parte de los directivos y los entes reguladores, el docente de ingeniería deberá tener una alta capacidad de motivar a través de su práctica pedagógica. Ello obligará al uso cada vez mas frecuente de una didáctica que este sintonizada con unas fuertes habilidades en el uso de la tecnológica y una formación que, además de facilitar en el estudiante el desarrollo de habilidades para el autoaprendizaje, lo induzca a que las integre con las capacidades para investigar.

Ante los veloces y continuos cambios esperados en la tecnología, el grupo considera que la competencia predominante del docente de ingeniería, además de las definidas en la pregunta inicial, deberá ser la adaptabilidad.

## Cuarto Foro

Tuvo lugar el día 9 de junio de 2006, en el Auditorio de la Universidad de Boyacá de la ciudad de Tunja. La *conferencia* estuvo a cargo de Ernesto Acosta, miembro de la Sala CONACES para ingeniería y profesor de la Escuela Colombiana de Ingeniería, quien trató el tema del sistema educativo colombiano. En el *panel* participaron: Andrés Correal, Vicerrector Académico de la Universidad de Boyacá, y Alberto Ocampo Valencia, Director de Pregrado y Maestría en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de Pereira.



# 1. CONFERENCIA

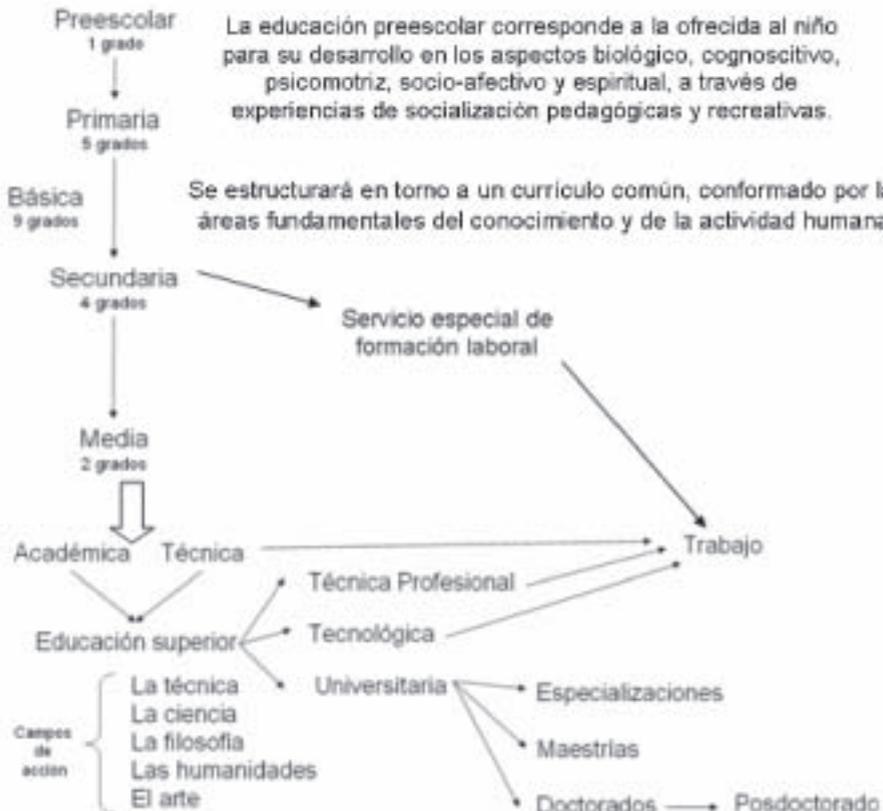
## EL SISTEMA DE EDUCACIÓN FORMAL COLOMBIANO

*Ernesto Acosta*

Corresponde al Estado, a la sociedad y a la familia velar por la calidad de la educación y promover el acceso al servicio público educativo, y es responsabilidad de la Nación y de las entidades territoriales, garantizar su cubrimiento.

El Estado deberá atender en forma permanente los factores que favorecen la calidad y el mejoramiento de la educación; especialmente velará por la cualificación y formación de los educadores, la promoción docente, los recursos y métodos educativos, la innovación e investigación educativa, la orientación educativa y profesional, la inspección y evaluación del proceso educativo

Sistema de Educación (Ley 115 de 1994)



*Objetivos específicos de la educación preescolar:*

- El conocimiento del propio cuerpo y de sus posibilidades de acción, así como la adquisición de su identidad y autonomía.
- El crecimiento armónico y equilibrado del niño, de tal manera que facilite la motricidad, el aprestamiento y la motivación para la lecto-escritura y para las soluciones de problemas que impliquen relaciones y operaciones matemáticas.
- El desarrollo de la creatividad, las habilidades y destrezas propias de la edad, como también de su capacidad de aprendizaje.
- La ubicación espacio-temporal y el ejercicio de la memoria.
- El desarrollo de la capacidad para adquirir formas de expresión, relación y comunicación y para establecer relaciones de reciprocidad y participación, de acuerdo con normas de respeto, solidaridad y convivencia.
- La participación en actividades lúdicas con otros niños y adultos.
- El estímulo a la curiosidad para observar y explorar el medio natural, familiar y social
- El reconocimiento de su dimensión espiritual para fundamentar criterios de comportamiento.
- La vinculación de la familia y la comunidad al proceso educativo para mejorar la calidad de vida de los niños en su medio.
- La formación de hábitos de alimentación, higiene personal, aseo y orden que generen conciencia sobre el valor y la necesidad de la salud.

*Objetivos específicos de la educación básica en el ciclo de primaria:*

- La formación de los valores fundamentales para la convivencia en una sociedad democrática, participativa y pluralista.
- El fomento del deseo de saber, de la iniciativa personal frente al conocimiento y frente a la realidad social, así como del espíritu crítico.
- El desarrollo de las habilidades comunicativas básicas para leer, comprender, escribir, escuchar, hablar y expresarse correctamente en lengua castellana y también en la lengua materna, en el caso de los grupos étnicos con tradición lingüística propia, así como el fomento de la afición por la lectura.
- El desarrollo de la capacidad para apreciar y utilizar la lengua como medio de expresión estética.
- El desarrollo de los conocimientos matemáticos necesarios para manejar y utilizar operaciones simples de cálculo y procedimientos lógicos elementales en diferentes situaciones, así como la capacidad para solucionar problemas que impliquen estos conocimientos.

- La comprensión básica del medio físico, social y cultural en el nivel local, nacional y universal, de acuerdo con el desarrollo intelectual correspondiente a la edad.
- La asimilación de conceptos científicos en las áreas de conocimiento que sean objeto de estudio, de acuerdo con el desarrollo intelectual y la edad.
- La valoración de la higiene y la salud del propio cuerpo y la formación para la protección de la naturaleza y el ambiente.
- El conocimiento y ejercitación del propio cuerpo, mediante la práctica de la educación física, la recreación y los deportes adecuados a su edad y conducentes a un desarrollo físico y armónico.
- La formación para la participación y organización infantil y la utilización adecuada del tiempo libre.
- El desarrollo de valores civiles, éticos y morales, de organización social y de convivencia humana.
- La formación artística mediante la expresión corporal, la representación, la música, la plástica y la literatura.
- La adquisición de elementos de conversación y de lectura al menos en una lengua extranjera.
- La iniciación en el conocimiento de la Constitución Política.
- La adquisición de habilidades para desempeñarse con autonomía en la sociedad.

*Áreas obligatorias y fundamentales (en educación básica):*

- Ciencias naturales y educación ambiental.
- Ciencias sociales, historia, geografía, constitución política y democracia.
- Educación artística.
- Educación ética y en valores humanos.
- Educación física, recreación y deportes.
- Educación religiosa.
- Humanidades, lengua castellana e idiomas extranjeros.
- Matemáticas.
- Tecnología e informática.

*Objetivos específicos de la educación básica en el ciclo de secundaria:*

- El desarrollo de la capacidad para comprender textos y expresar correctamente mensajes complejos, orales y escritos en lengua castellana, así como para entender, mediante un estudio sistemático, los diferentes elementos constitutivos de la lengua;

- La valoración y utilización de la lengua castellana como medio de expresión literaria y el estudio de la creación literaria en el país y en el mundo;
- El desarrollo de las capacidades para el razonamiento lógico, mediante el dominio de los sistemas numéricos, geométricos, métricos, lógicos, analíticos, de conjuntos de operaciones y relaciones, así como para su utilización en la interpretación y solución de los problemas de la ciencia, de la tecnología y los de la vida cotidiana;
- El avance en el conocimiento científico de los fenómenos físicos, químicos y biológicos, mediante la comprensión de las leyes, el planteamiento de problemas y la observación experimental;
- El desarrollo de actitudes favorables al conocimiento, valoración y conservación de la naturaleza y el ambiente;
- La comprensión de la dimensión práctica de los conocimientos teóricos, así como la dimensión teórica del conocimiento práctico y la capacidad para utilizarla en la solución de problemas;
- La iniciación en los campos más avanzados de la tecnología moderna y el entrenamiento en disciplinas, procesos y técnicas que le permitan el ejercicio de una función socialmente útil;
- El estudio científico del universo, de la tierra, de su estructura física, de su división y organización política, del desarrollo económico de los países y de las diversas manifestaciones culturales de los pueblos;
- La formación en el ejercicio de los deberes y derechos, el conocimiento de la Constitución Política y de las relaciones internacionales;
- La apreciación artística, la comprensión estética, la creatividad, la familiarización con los diferentes medios de expresión artística y el conocimiento, valoración y respeto por los bienes artísticos y culturales;
- La comprensión y capacidad de expresarse en una lengua extranjera;
- La valoración de la salud y de los hábitos relacionados con ella;
- La utilización con sentido crítico de los distintos contenidos y formas de información y la búsqueda de nuevos conocimientos con su propio esfuerzo;
- El estudio científico de la historia nacional y mundial dirigido a comprender el desarrollo de la sociedad, y el estudio de las ciencias sociales, con miras al análisis de las condiciones actuales de la realidad social
- La educación física y la práctica de la recreación y los deportes, la participación y organización juvenil y la utilización adecuada del tiempo libre.

*Educación media:*

Formación según preferencia y aptitud: El propósito de este ciclo es preparar al estudiante para ingresar a la educación superior en cualquiera de sus tres

modalidades: formación técnica, formación tecnológica, o formación universitaria. El ingreso a este ciclo se hará, una vez cursado noveno grado, mediante la presentación de un examen que definirá la aptitud del estudiante frente a sus posibilidades de estudio en la educación superior. Este ciclo, verdaderamente propedéutico, tendrá una duración de 3 años.

La educación media será la pieza clave para desentrañar el empalme colegio-universidad, preparando al estudiante para lo que realmente está en capacidad de desarrollar en la educación superior, y desahogando a las carreras universitarias de aspectos de la formación que corresponden a la educación media. Por ejemplo, un bachiller que pretenda ingresar a un programa de ingeniería, deberá tener una formación en, por lo menos, cálculo diferencial, cálculo integral y álgebra lineal. Además, el estudiante tendrá un año más de madurez.

#### *Educación media técnica:*

La educación media técnica prepara a los estudiantes para el desempeño laboral en uno de los sectores de la producción y de los servicios, y para la continuación en la educación superior. Estará dirigida a la formación calificada en especialidades tales como: agropecuaria, comercio, finanzas, administración, ecología, medio ambiente, industria, informática, minería, salud, recreación, turismo, deporte y las demás que requiera el sector productivo y de servicios.

Debe incorporar, en su formación teórica y práctica, lo más avanzado de la ciencia y de la técnica, para que el estudiante esté en capacidad de adaptarse a las nuevas tecnologías y al avance de la ciencia.

Las especialidades que ofrezcan los distintos establecimientos educativos, deben corresponder a las necesidades regionales.

#### *Objetivos específicos de la educación media académica:*

- La profundización en un campo del conocimiento o en una actividad específica de acuerdo con los intereses y capacidades del educando;
- La profundización en conocimientos avanzados de las ciencias naturales;
- La incorporación de la investigación al proceso cognoscitivo, tanto de laboratorio como de la realidad nacional, en sus aspectos natural, económico, político y social;
- El desarrollo de la capacidad para profundizar en un campo del conocimiento, de acuerdo con las potencialidades e intereses;

- La vinculación a programas de desarrollo y organización social y comunitaria, orientados a dar solución a los problemas sociales de su entorno;
- El fomento de la conciencia y la participación responsable del educando en acciones cívicas y de servicio social;
- La capacidad reflexiva y crítica sobre los múltiples aspectos de la realidad y la comprensión de los valores éticos, morales, religiosos y convivencia en sociedad, y
- El cumplimiento de los objetivos de la educación básica contenidos en los literales b) del Artículo 20, c) del Artículo 21 y c), e), h), i), k), ñ) del Artículo 22 de la presente Ley.

*Educación superior:*

Son universidades las reconocidas actualmente como tales y las instituciones que acrediten su desempeño con criterio de universalidad en las siguientes actividades: La investigación científica o tecnológica; la formación académica en profesiones o disciplinas y la producción, desarrollo y transmisión del conocimiento y de la cultura universal y nacional.

Son instituciones universitarias o escuelas tecnológicas, aquellas facultadas para adelantar programas de formación en ocupaciones, programas de formación académica en profesiones o disciplinas y programas de especialización.

Los programas académicos de acuerdo con su campo de acción,... ofrecidos por las instituciones universitarias o escuelas tecnológicas, o por una universidad, conducen al título en la respectiva ocupación, caso en el cual deberá anteponerse la denominación de "Técnico Profesional en...". Si hacen relación a profesiones o disciplinas académicas, al título podrá anteponerse la denominación de: «Profesional en ...» o «Tecnólogo en...»

Artículo 17 de la Ley 30 de 1992: Son instituciones técnicas profesionales, aquellas facultadas legalmente para ofrecer programas de formación en ocupaciones de carácter operativo e instrumental y de especialización en su respectivo campo de acción, sin perjuicio de los aspectos humanísticos propios de este nivel.

*Son objetivos de la Educación Superior y de sus instituciones:*

- Profundizar en la formación integral de los colombianos dentro de las modalidades y calidades de la Educación Superior, capacitándolos para

cumplir las funciones profesionales, investigativas y de servicio social que requiere el país.

- Trabajar por la creación, el desarrollo y la transmisión del conocimiento en todas sus formas y expresiones y, promover su utilización en todos los campos para solucionar las necesidades del país.
- Prestar a la comunidad un servicio con calidad, el cual hace referencia a los resultados académicos, a los medios y procesos empleados, a la infraestructura institucional, a las dimensiones cualitativas y cuantitativas del mismo y a las condiciones en que se desarrolla cada institución.
- Ser factor de desarrollo científico, cultural, económico, político y ético a nivel nacional y regional.
- Actuar armónicamente entre sí y con las demás estructuras educativas y formativas.
- Contribuir al desarrollo de los niveles educativos que le preceden para facilitar el logro de sus correspondientes fines.

La especialización en el oficio, la disciplina o la profesión, es una parte importante de la formación posgraduada en todas las modalidades de educación superior ya que sirve como instrumento de cualificación como de mejoramiento del estatus profesional. Este tipo de formación es prácticamente inexistente en el país (sé de la existencia de uno en la UTP) y daría el sentido correcto a los deseos de mejoramiento y cualificación de los técnicos y tecnólogos, que no sea a través de la profesionalización (obtención de un título universitario).

*Servicio especial de educación laboral:*

El estudiante que haya cursado o validado todos los grados de la educación básica, podrá acceder al servicio especial de educación laboral proporcionado por instituciones educativas o instituciones de capacitación laboral, en donde podrá obtener el título en el arte u oficio o el certificado de aptitud ocupacional correspondiente.

El Gobierno Nacional reglamentará lo relativo a la organización y funcionamiento de este servicio que será prestado por el Estado y por los particulares.

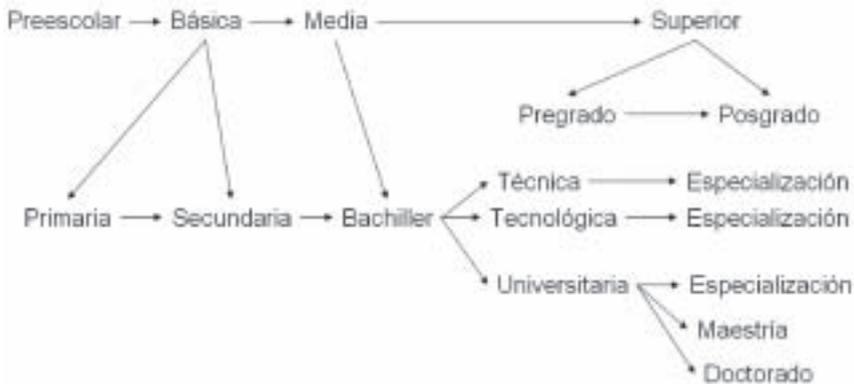
### Cuadro comparativo de instituciones de educación superior

Criterio	Universidad	Institución Universitaria o Escuela tecnológica	Institución Tecnológica	Institución Técnica Profesional
<i>Pregrados que puede ofrecer</i>	Formación en ocupaciones, profesiones o disciplinas	Programas de formación en ocupaciones, programas de formación académica en profesiones y disciplinas	Programas de formación en ocupaciones, programas de formación académica en disciplinas	Programas de formación en ocupaciones de carácter operativo e instrumental
<i>Postgrados que puede ofrecer</i>	Especialización, Maestría, Doctorado y Postdoctorado	Especialización, Maestría, Doctorado y Postdoctorado, siempre que cumplan con los requisitos de calidad establecidos por el CNA	Programas de especialización técnica profesional y tecnológica	Programas de especialización técnica profesional
<i>Títulos a otorgar</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Técnico profesional en...</li> <li>- Tecnólogo profesional en...</li> <li>- Licenciado en...</li> <li>- Maestro en...</li> <li>- Especialista en...</li> <li>- Magister en...</li> <li>- Doctor en...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Técnico profesional en...</li> <li>- Tecnólogo profesional en...</li> <li>- Licenciado en...</li> <li>- Maestro en...</li> <li>- Especialista en...</li> <li>- Magister en...</li> <li>- Doctor en...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Técnico profesional en...</li> <li>- Tecnólogo profesional en...</li> <li>- Especialista en...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Técnico profesional en...</li> <li>- Tecnólogo profesional en...</li> <li>- Especialista en...</li> </ul>

### Estructura y titulaciones de Educación Superior en Colombia:



## Sistema Nacional de Educación



### *Los docentes:*

Los docentes, o más precisamente la comunidad docente, es la clave del éxito en la formación. Un buen sistema educativo sin una comunidad docente de calidad no tendría ningún futuro. El papel y el perfil del docente deben transformarse, a todos los niveles, mediante planes agresivos de formación liderados por el Estado y las universidades. Hay varias experiencias exitosas al respecto que podrían generalizarse con buenos resultados.

### *Homologación:*

El tránsito vertical, es decir, la forma como se cambia de carril en la formación, debe hacerse a través de un sistema de homologación por suficiencia mediante evaluación de ingreso. Este sistema de homologación debería reemplazar la modalidad de formación por ciclos propedéuticos introducida por la Ley 749 de 2002, que resulta nefasta para la calidad de la formación de los ingenieros y va en contravía de las necesidades del país, en cuanto a la formación de técnicos y tecnólogos de alta calidad.

## 2. PANEL

### Primera pregunta

Frente al reto de la formación del ingeniero colombiano año 2020, ¿qué estrategias sugiere para establecer una buena articulación de la formación universitaria con el bachillerato? y ¿con los postgrados?

- *Andrés Correal*

Con el bachillerato:

- Considero que la solución no son los ciclos propedéuticos. El esquema debe ser diferente, procurando una orientación profesional en las materias del último año de estudio y que los programas de ingeniería de las IES reconozcan y homologuen, como parte de sus currículos, y eventualmente que orienten directamente.
- Las universidades deberían hacer un acompañamiento a los colegios para el desarrollo de competencias en los estudiantes de educación media. Este acompañamiento les ayudaría a entrar mejor preparados al pregrado.
- ACOFI podría liderar una gran campaña para reclutar un gran número de estudiantes, con alto grado de afinidad con la ingeniería y con un gran énfasis en investigación.
- Para lograr lo anterior, se debe hacer una propuesta para que desde la educación media se incentive la investigación, estableciendo procesos para conseguir ingenieros que sean mejores investigadores.

Con los postgrados:

- El primer gran punto es esclarecer que por ningún motivo los estudios de pregrado deben ser terminales, es decir el postgrado debe ser casi una obligación y, por lo tanto, es necesario generar estrategias para hacer esto posible.
- Que se acepten como requisito de grado los semestres de especialización o maestría.
- Al mismo tiempo, que se puedan iniciar cursos de postgrado antes de graduarse de pregrado, ya que por medio de los grupos de investigación se pueden generar proyectos de largo plazo, que servirían para ambos ciclos de educación.

- *Alberto Ocampo*

Con el bachillerato:

Muchos de los críticos de la educación en Colombia manifiestan que no se tiene un Sistema Educativo, sino un Servicio Educativo que se caracteriza por la desarticulación en sus diferentes niveles, formas y modalidades. Esto puede ser cierto en la práctica, porque desde la normatividad, la Ley 115 de febrero 8 de 1994, conocida como la Ley General de Educación, organiza el servicio educativo hasta la educación

media, pues la organización del servicio público de la Educación Superior se rige por la Ley 30 del 29 de diciembre de 1992.

La Ley 115/94 define tres niveles de educación formal:

- a. La Educación preescolar – corresponde a la ofrecida al niño para su desarrollo integral en los aspectos biológicos, cognoscitivo, psicomotriz, socio-afectivo y espiritual, a través de experiencias pedagógicas y recreativas. El preescolar comprende como mínimo un grado obligatorio.
- b. La Educación básica – Es obligatoria, corresponde a la identificada en el Artículo 356 de la Constitución política como educación primaria y secundaria; comprende nueve (9) grados y se estructura en torno a un currículo común, conformado por las áreas fundamentales del conocimiento y de la actividad humana.  
La Educación básica se desarrolla en dos ciclos: La educación básica primaria de cinco (5) grados y la educación básica secundaria de cuatro (4) grados.
- c. La Educación media constituye la culminación, consolidación y avance en el logro de los niveles anteriores y comprende dos grados, décimo (10º.) y el undécimo (11º.). Tiene como fin la comprensión de las ideas y los valores universales y la preparación para el ingreso del educando a la Educación Superior y al trabajo.

Además, dicha Ley especifica que la educación media puede tener el carácter de académica o técnica y que, a su término, se obtiene el título de bachiller que habilita al educando para ingresar a la educación superior en cualquiera de sus niveles y carreras.

Se estipula que las instituciones para la educación media académica organizarán la programación de tal manera que los estudiantes puedan intensificar entre otros, en ciencias naturales, ciencias sociales, humanidades, arte o lenguas extranjeras, de acuerdo con su vocación e intereses, como orientación a la carrera que vayan a escoger en la educación superior.

La educación media técnica prepara a los estudiantes para el desempeño laboral en uno de los sectores de la producción y de los servicios, y para la continuación en la educación superior.

La educación media técnica está dirigida a la formación calificada en especialidades tales como: agropecuaria, comercio, finanzas, administración, ecología, medio ambiente, industria, informática, minería, salud, recreación, turismo, deporte y las demás que requiera el sector productivo y de servicios.

Las especialidades que ofrezcan los distintos establecimientos educativos, deben corresponder a las necesidades regionales.

Si bien la Ley parece concebida de manera coherente y pertinente, la realidad de las instituciones y los recursos requeridos para alcanzar los propósitos planteados, no han permitido que los logros reportados obedezcan a las más mínimas expectativas. Por ejemplo, el Departamento de Risaralda, en junio 30 del 2002, contaba con 150 ofertas educativas públicas y privadas que se ofrecen en el nivel de educación media, de las cuales el 62% se ubican en la formación académica y 38% en la técnica, ofrecida especialmente en el Instituto de Educación Media Diversificada – INEM Felipe Pérez y en el Instituto Técnico Superior. Pero, de la oferta en educación media académica, sólo el 2% especifica que están profundizando o intensificando en humanidades, ciencias e informática.

Por lo anterior, por iniciativa de las Secretarías de Educación, algunos de los Departamentos han venido constituyendo lo que denominan “Mesa Departamental del Plan de Articulación”, donde se pretende, a través de un proceso dinámico y sistemático, vincular las instituciones que ofrecen el nivel de educación media (académica y/o técnica) con el sector productivo, el SENA<sup>1</sup> y las Instituciones de Educación Superior, para identificar, analizar e interpretar críticamente los contextos sociales, políticos, económicos, culturales, científicos y tecnológicos existentes en la región, la nación y el mundo para incorporarlos de manera pertinente a los currículos educativos, con el fin de formar integralmente a los jóvenes y ofrecerles las mejores condiciones para su futuro laboral y profesional.

Como se nota, afrontar el problema de la articulación entre el bachillerato y la formación universitaria no es sencillo por la cantidad

---

<sup>1</sup> SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia

de actores y variables a analizar, sin decir que por lo complejo sea inabordable, y por ello las mesas regionales de articulación son una eficiente manera de enfrentar la problemática.

Con los postgrados:

Respecto a la articulación de la formación universitaria con los postgrados, es un tema que hay que analizar desde la idea de universidad y el desarrollo de las disciplinas.

En una formación superior de calidad se dificulta identificar la frontera que separa la formación en la profesión de la formación investigativa en la disciplina, por los permanentes desarrollos tecnológicos que son incorporados a los procesos productivos. La primera tiene lugar en los ambientes de aprendizaje y la segunda en los espacios de la universidad dedicados a la investigación, pero ambos tienen su razón de ser en una interacción y retroalimentación permanente, por la naturaleza y las funciones misionales de la institución universitaria. Es propio de ésta el producir conocimiento disciplinario a través de sus comunidades académicas. Reducir su actividad a la mera formación y titulación de personas para el desempeño laboral es una visión muy simplificada de la idea de universidad.

La producción de nuevo conocimiento disciplinario e interdisciplinario es el eje en torno al cual se estructuran los programas académicos de maestría y doctorado, y en ellos se genera la posibilidad de modernización y avance de las profesiones.

Podría decirse que la calidad de una universidad se mide por la articulación entre los grupos de investigación, los postgrados y los pregrados, como elementos de una comunidad académica que interactúa para la preservación, desarrollo, producción, aplicación y transmisión del conocimiento, al servicio de la sociedad.

- *Mesa de trabajo*

Comentarios:

- En el enfoque de los programas, tener en cuenta el saber local.
- Conviene iniciar la formación en investigación mucho antes del bachillerato, desde la educación preescolar.

- Se requiere una formación con equidad en todos los niveles educativos. Ello acortaría la brecha entre los mínimos y máximos en cualquier institución de Educación. Por supuesto, esto exige la inversión de los necesarios recursos.
- Es importante iniciar la orientación profesional desde mucho antes de culminar la formación básica-media.
- Creación de bancos de proyectos que permitan ligar procesos investigativos surgidos desde niveles de formación inicial (primaria) con investigación.
- La preparación del docente es fundamental, tanto en los fundamentos pedagógicos como en la especificidad, nivel de profundidad y aplicabilidad de conceptos propios de la ingeniería. Es él quien, además de facilitar el aprendizaje a los estudiantes, tiene la función de descubrir las cualidades y potenciales de los estudiantes a fin de orientarles para descubrir su vocación.
- Organizar en la universidad cursos básicos que ayuden a resolver las deficiencias previas en matemáticas y en habilidades de lecto-escritura.
- El modelo pedagógico articulará la propuesta de formación flexible y por competencias, de acuerdo con la formación básica y media, y con los retos del contexto nacional e internacional.
- Es necesario fortalecer las políticas en educación.
- Es preciso analizar las necesidades reales de formación en el país, a corto, medio y largo plazo.
- Los docentes-orientadores necesitan un conocimiento profundo de los objetivos y perfiles, en los diferentes niveles: técnico, tecnólogo, profesional, pues son ellos quienes deben ayudar a los estudiantes a identificar sus potencialidades, de manera que las pongan al servicio de la solución de problemas y de la construcción de conocimiento.

## Segunda pregunta

Frente al reto de la formación del ingeniero colombiano para el año 2020 y desde el punto de vista del sector que representa, ¿cómo debería ser la participación de las empresas dentro del sistema educativo, en los programas de ingeniería?

- *Andrés Correal*

- La relación universidad-empresa debe basarse en un sistema que permita una interacción real de los estudiantes con las empresas, de

forma tal que adquieran experiencia real antes de graduarse, y que, en el momento de salir a la vida laboral, tengan la experiencia solicitada en los anuncios de las convocatorias. De la misma forma, se precisa que el ingeniero sea multilingüe, global y tecnócrata, todo lo anterior ayudado por la interacción desde la universidad con el mundo productivo.

- Que las universidades, junto con la empresa, permitan cumplir con la responsabilidad social de la ingeniería, o tal como lo expresó el ingeniero Eduardo Silva, "garantizar la responsabilidad social del ingeniero".
- Hasta el momento, la vinculación se ha hecho en actividades de prácticas profesionales, proyección social, trabajos de clase.
- Toda empresa, de forma obligatoria, debe vincularse a una universidad para desarrollar una cátedra empresarial. Se podría generar desde la Asociación un plan de pares universidad-empresa, de modo que, en cada semestre, se asigne una universidad a cada empresa para desarrollar una cátedra empresarial
- Propender porque las empresas desarrollen más su investigación en los laboratorios de las universidades, en vez de generar burocracia con la creación de nuevos institutos del gobierno. Para esto, el gobierno puede dar preferencias arancelarias para la importación de equipos, avalados por las empresas y en el marco de los tratados de libre comercio.
- Propender porque, en los talleres de las universidades, se generen los proyectos pilotos de las empresas. La Asociación sería la coordinadora y gestora de esos proyectos.
- Trabajar por el desarrollo y aplicación de nuevos materiales, colaborando las empresas e industrias productoras con las universidades. Para llevar a cabo esta propuesta, es necesario contar con preferencias económicas para el desarrollo científico de alto nivel por parte de esta unión universidad-empresa.
- Interacción, por parte de las universidades, para desarrollar tecnologías de la información de alto nivel dentro de las empresas, por medio de capacitaciones, y dentro del plan de pares con las empresas.
- Relaciones con empresas a nivel mundial.
- Movilidad estudiantil para hacer prácticas en cualquier empresa nacional o internacional, permitiendo de esta forma la movilidad

estudiantil y la internacionalización, o mejor la globalización, propendiendo por egresados multilingües y con visión de alto nivel, siempre procurando el cuidado de los recursos naturales y del ecosistema.

- *Alberto Ocampo*

La investigación científica y tecnológica, en su calidad de actividad generadora de conocimiento, es un componente esencial de la competitividad económica de los países. Sin embargo, la aplicación social de ese conocimiento depende de diversos aspectos y condiciones que se deben dar entre los diferentes actores involucrados.

Una empresa, un país o un sector industrial tienen capacidad tecnológica cuando pueden disponer y hacer uso adecuado de las tecnologías que requieren para desempeñarse de manera competitiva en el mercado; es decir, si están en condiciones de generar (inventar o innovar) y/o adoptar las innovaciones tecnológicas que les permitirán realizar cada vez mejor sus actividades de producción.

La estructura y organización de una economía está en relación directa con la capacidad de un país para aplicar en gran escala la ciencia y la tecnología a la producción.

La interacción eficiente entre empresas y universidades, con el soporte de otros actores sociales y el gobierno, es condición necesaria para fundamentar un desarrollo económico sostenible, ya que ninguno de los sectores por sí solo puede sustentar una base productiva fundamentada en progreso tecnológico. Dicha interacción debe funcionar de manera sistémica para la generación del conocimiento y la asimilación del conocimiento, incorporándolo a los procesos productivos.

Con las afirmaciones anteriores, se propone que la relación universidad – empresa (incluidos los programas de ingeniería), debe superar los contactos accidentales de pasantías y reuniones informales de realimentación de los procesos de formación, propiciando un fuerte y eficaz vínculo sinérgico que, de manera estructural, permita el mejoramiento de la competitividad basado en la modernización científica y en el progreso tecnológico.

- *Mesa de trabajo*

Comentarios:

- Se debe tener en cuenta que el mayor componente de las empresas colombianas son las microempresas, para enfocarse en ese sentido.
- Analizar la actual participación de las empresas en el ámbito educativo.
- Identificar problemas y luego darles solución.
- Los proyectos de aplicación de conocimientos aplican tecnología, pero no la generan, identificando el factor costo/beneficio.
- Conectar universidad-empresa-egresados para identificar necesidades.
- Promover la relación universidad – mipymes: no pretender grandes proyectos, sino solución a problemas del entorno, en tiempo real y en el mundo real.
- Tener también en cuenta las empresas de innovación
- En algunas universidades se generan grupos de investigación, sin buscar únicamente cumplir con una exigencia.
- Se están generando universidades de empresas que tienen un enfoque diferente de las universidades dedicadas a la educación y creadas para tal fin, o las universidades que pueden llegar con el TLC.
- Mejorar tecnología, sin descuidar los pequeños negocios, para que estos no se vean afectados, evitando choques culturales.
- Pensar como empresarios en investigación y desarrollo de tecnología; tener en cuenta el capital de conocimiento, que es lo vale.
- Al comprar tecnología, se debe tener en cuenta la transferencia; cosa que no sucede habitualmente.
- Identificación de cadenas asociativas.

Propuestas:

- Asociatividad entre empresarios y universidad.
- Eliminar las discrepancias entre los objetivos de Conciencias, el Estado y la Comunidad.
- Reuniones entre universidades y gremios, focalizando problemas reales, identificando necesidades, desarrollando parques.
- Entender las problemáticas reales del empresario.
- Vinculación de los empresarios en los organismos de decisión.
- Empresarios en el proceso de formación.

- Valorar el nivel de conocimiento del profesional universitario, valoración que ha de reflejarse económicamente.

### **Tercera pregunta**

Frente al reto de la formación del ingeniero colombiano para el año 2020 y desde el punto de vista del sector que representa, ¿cómo deberían ser las estrategias de largo plazo del Estado, para asegurar la calidad en la formación de los ingenieros?

- *Andrés Correal*

- La idea de de registro calificado y acreditación es acertada, pero se deben mejorar algunos procesos.
- En el Sistema de aseguramiento de la calidad, mejorar la estrategia de visita de pares, para que esté más de acuerdo con las regiones y con las IES.
- Que la empresa privada trabaje con los organismos gubernamentales como veedores de los procesos de registro y acreditación.
- Igualmente, que la Asociación sirva de veedor del proceso, de tal forma que se acojan las recomendaciones y lineamientos.
- Hablar de competencias es acertado, pero debemos ponernos de acuerdo la universidad y la empresa, para hablar el mismo idioma. La Asociación ha hecho un amplio trabajo con las universidades, en este sentido, por lo que ahora debemos trabajar con las empresas.
- Se precisan directrices que orienten la formación de los ingenieros para prepararlos, de acuerdo a los planes del gobierno central, para el mundo productivo, en el entorno colombiano, pero con conocimiento global.
- Optimizar recursos financieros y tecnológicos para proyectos de investigación.
- Homogenizar currículos, no estandarizar
- Establecer una relación ACOFI – COLCIENCIAS, que genere macroproyectos de investigación, según lineamientos de interés nacional y mundial. Esto sería la continuación del proceso de creación de grupos de investigación y de grupos interdisciplinarios, y ayudaría a aunar esfuerzos.
- Para tener mejores docentes, todo ingeniero que quiera ejercer la docencia debe cursar una especialización en docencia universitaria. Esto debe ser obligatorio para todos.

- *Alberto Ocampo*

En este punto, es oportuno tratar dos temas que están causando ciertas críticas e inconformidad en la comunidad académica adscrita a las facultades de ingeniería, y que pueden introducir mucho ruido en cuanto a la calidad en la formación de los ingenieros. Se trata de los exámenes de calidad de la educación superior (ECAES) y de la Ley 749 de 2002 por la cual se organiza el servicio de la educación superior en las modalidades de formación técnica profesional y tecnológica, y se dictan otras disposiciones.

Según sus estatutos, la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería – ACOFI, tiene como objetivo propender por el impulso y el mejoramiento de la calidad de las actividades de docencia, extensión e investigación en ingeniería, que impacten las facultades de ingeniería del país.

Por ello, la Asociación ha querido mantener una estrecha colaboración con los organismos del Estado, para que los objetivos planteados en los ECAES no se distorsionen, y contribuyan de manera positiva a realimentar a las instituciones en sus procesos de formación, vigilando la calidad en la elaboración de la prueba y los criterios de validez de los resultados. Esto ha traído ciertas tensiones con algunos funcionarios del gobierno, lo cual llevó a hacer una Declaración Pública en el año 2003, con el siguiente contenido en el numeral 5. “Los resultados del examen no pueden ser interpretados por fuera del contexto del sistema de aseguramiento de la calidad de la educación superior en nuestro país y, por lo tanto, no permiten emitir un juicio absoluto sobre la calidad de un determinado programa. Tampoco se espera que se reduzca a una lista de puntajes para establecer un escalafón de programas porque la calidad es plural, los valores que cada uno legítimamente quiere promover son diversos y sus características son diferentes. De este examen no deben derivarse calificativos excluyentes ni estigmatizaciones de ninguna especie. No se trata de una competencia individualista de programas, sino de una sana emulación para que cada uno se supere así mismo”.

Otro punto de tensión permanente ha sido el poco tiempo disponible para la elaboración de las pruebas, lo cual atenta seriamente con la calidad de las mismas.

ACOFI ha planteado al ICFES tres acciones necesarias para que los ECAES de ingeniería cumplan con los criterios de confiabilidad y validez requeridos, de modo que puedan ser un referente relevante para el mejoramiento continuo de la formación en ingeniería:

1. Poner en marcha la veeduría internacional al proceso, aplicación y validación de los resultados de los ECAES de ingeniería.
2. Establecer estrategias de largo plazo que garanticen la calidad y continuidad de la prueba.
3. Producir análisis científicos de los resultados, más que periodísticos, que conduzcan a la retroalimentación de los programas.

Respecto al segundo tema, quizás más polémico que el primero, los mal llamados ciclos propedéuticos generan controversia, tanto desde el punto de vista académico, como político. Uno de los académicos que primero se manifestó fue Víctor Manuel Gómez, profesor de la Universidad Nacional, con un documento sobre la Ley 749/02, en el que, refiriéndose al procedimiento para la aprobación de la Ley manifiesta:

“El procedimiento seguido en la expedición de esta Ley inaugura una nueva modalidad de decisiones de política educativa, que sienta un precedente muy negativo para futuras decisiones de política de educación superior. En efecto, un grupo de actores particulares y gremiales, que representan un pequeño subconjunto de la educación superior, acude directamente a órganos de índole político – legislativa (cámara y senado) para plasmar sus intereses institucionales en una nueva ley de educación superior, del mismo rango y nivel de la Ley 30 de 1992. Las otras instituciones de este nivel, que son afectadas por la nueva Ley, no tuvieron ni conocimiento previo ni participación en el articulado”.

“En esta nueva modalidad de política educativa los Representantes y Senadores reemplazan a la comunidad académica en la formulación del articulado y se convierten en amanuenses de los intereses de las instituciones y gremios promotores del mismo. En ambos casos pierde la educación superior colombiana en su conjunto y el Congreso pierde legitimidad y respetabilidad al legislar al servicio de intereses particulares”.

En lo referente a la academia, y respecto a los conceptos del diseño curricular, es desafortunado hablar de ciclo preparatorio o propedéutico,

es decir, formar un técnico, para que sea tecnólogo y, a su vez, un tecnólogo para que sea ingeniero, cuando los objetivos de formación, plantean diferentes finalidades.

El Director de Calidad para la Educación Superior del Ministerio de Educación Nacional, en su intervención en la XXV Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería, consideraba que es más conveniente conceptualizar sobre núcleos propedéuticos, lo que es equivalente a las homologaciones o acreditaciones en las transferencias internas o externas de los estudiantes.

En el caso particular de la Universidad Tecnológica de Pereira, donde se ofrecen tecnologías e ingenierías, lo que se utiliza en las transferencias entre estas modalidades es la homologación de las asignaturas.

Otra distorsión que se está dando en algunas instituciones, derivada de la Ley 749/02, es la de ofrecer ingeniería en dos ciclos: un ciclo de seis semestres, que le da el título de tecnólogo, y un ciclo de cuatro semestres, para el título de ingeniero. Esta situación ha generado gran confusión en los pares académicos para registro calificado.

El contenido del artículo 11 de dicha Ley es el siguiente: "Las instituciones técnicas profesionales y tecnológicas podrán ofrecer programas profesionales solo a través de ciclos propedéuticos, cuando se deriven de los programas de formación técnica profesional y tecnológica, siempre que cumplan con los requisitos mínimos de calidad y una vez obtengan la acreditación de excelencia de los dos primeros ciclos por el Consejo Nacional de Acreditación.

En concordancia con lo señalado en el inciso anterior, de cancelarse un programa de nivel técnico profesional por motivación institucional quedarán consecuentemente cancelados aquellos de nivel tecnológico y profesional a los que el técnico profesional diera origen a partir del desarrollo curricular por ciclos propedéuticos".

Toda la confusión que ha generado la Ley, y las inquietudes que a nivel curricular plantea el concepto de ciclos propedéuticos, ameritan una revisión de dicha Ley, mediada por una amplia participación de la comunidad académica y los demás actores relacionados con la educación

superior, para tratar de establecer un adecuado y pertinente sistema de educación superior, que contribuya de manera efectiva al desarrollo del país, de acuerdo a las necesidades del sector productivo y al mejoramiento de la capacidad investigativa en ciencia y tecnología.

- *Mesa de trabajo*

Comentarios:

- El Estado debe promover una reforma educativa de tal forma que garantice la coherencia y unidad de criterios entre los diferentes niveles de formación desde preescolar hasta postgrado, de cara a los nuevos elementos que se están incorporando al proceso educativo como son flexibilidad curricular, competencias, créditos académicos y homologación de títulos entre otros. Se deben revisar aspectos como modelos y estrategias pedagógicas, sistemas de evaluación y planes curriculares.
- El Estado debe promover una mayor vinculación del sector productivo tanto público como privado, a las universidades. Las empresas se quejan de que no reciben el ingeniero con el perfil y la formación que ellas requieren, eso significa que la revisión de los planes curriculares debe tener en cuenta las necesidades reales y requerimientos actuales del entorno, una forma de obtener esto sería la participación de la empresa en la revisión y actualización de los planes curriculares.
- Se deben apropiar mucho más recursos para la educación pero no para gastos administrativos, sino para fomentar la investigación, la formación de docentes e inversión en tecnología. Además de más recursos, se deben buscar mecanismos que garanticen que el presupuesto asignado a educación e investigación no se gaste en burocracia o lo que es peor alimente las venas de la corrupción.
- El Estado debe garantizar una mayor y más activa participación de las universidades y asociaciones como ACOFI, en las decisiones que tienen que ver con el sector de la ingeniería. Estas entidades deben tener un mayor protagonismo en la definición de políticas, estrategias y leyes relacionadas con el sector educativo específicamente con la ingeniería.
- Definir estrategias que garanticen la protección y conservación de la identidad nacional antes las posibles amenazas que puedan representar aspectos como la globalización y el Tratado de Libre Comercio TLC.

- El nuevo modelo de formación de ingenieros a 4 años debe ir acompañado de estrategias para la formación de docentes que serán pieza fundamental en el desarrollo del mismo. A pesar de la reducción en la duración del programa, se debe conservar la formación en las ciencias básicas, aspecto crucial en ingeniería. Otro elemento importante es la infraestructura que posean las instituciones para el desarrollo del modelo, específicamente lo que tiene que ver con tecnologías de información y comunicaciones.
- Estrategias que permitan una mayor cobertura de la educación superior en Colombia. Que más personas tengan acceso a la universidad y puedan culminar con éxito sus estudios. Por ejemplo, fomentar el crédito educativo con bajos intereses, más flexibilidad en la amortización de los mismos.



## Quinto Foro

Tuvo lugar el día 4 de agosto de 2006, en el Auditorio Fabio Arias Vélez de la Universidad del Quindío de la ciudad de Armenia. La *conferencia* estuvo a cargo de Joaquín Oramas, Vicerrector Académico de la Universidad Autónoma de Occidente, quien trató el tema de los retos para la formación de ingenieros. En el *panel* participaron: Jairo Lopera, Decano de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana de la ciudad de Medellín, y Francisco Ramírez, Rector de la Escuela de Administración y Mercadotecnia del Quindío.



# 1. CONFERENCIA

## EL PERFIL DEL INGENIERO DEL AÑO 2020

*Joaquín Oramas L.*

En la Universidad de Purdue (EE. UU.), consideran que el concepto de la nueva revolución tecnológica NBIC [ (nano, bío, info, cogno), tecnologías ] debe introducirse en el nivel educativo K12 (niños desde Kinder hasta de 12 años), para acostumar a los estudiantes a pensar en este esquema, de modo que, al ingresar en la escuela de ingeniería, les sea fácil diseñar y construir los ingenios en el contexto del NBIC

### Contexto científico – tecnológico

- *EL SIGLO XX: HISTORIA*
  - La electricidad, el electromagnetismo.
  - La energía eléctrica y otras formas de energía.
  - El automóvil.
  - La aviación y la industria del transporte aéreo.
  - La radiodifusión y la televisión.
  - La electrónica, el computador y las telecomunicaciones.
  - La revolución digital.
  - La tecnología del conocimiento y la sociedad de la información.
  - La biotecnología.
  - La población mundial duplicada cada 70 años.
  - El consumo per capita duplicado cada 35 años.
  - El progreso científico duplicado cada 15 años.
  - La potencia de los computadores duplicada cada dos años, durante los últimos 50 años.
  - Los avances en nanotecnología (¿tiempo de duplicación?).

¿Continuará el crecimiento tecnológico exponencial observado?

«Este siglo ha sido tan rico en descubrimientos y tan prolífico en innovaciones técnicas que podemos sentirnos tentados a creer que no habrá otro igual»

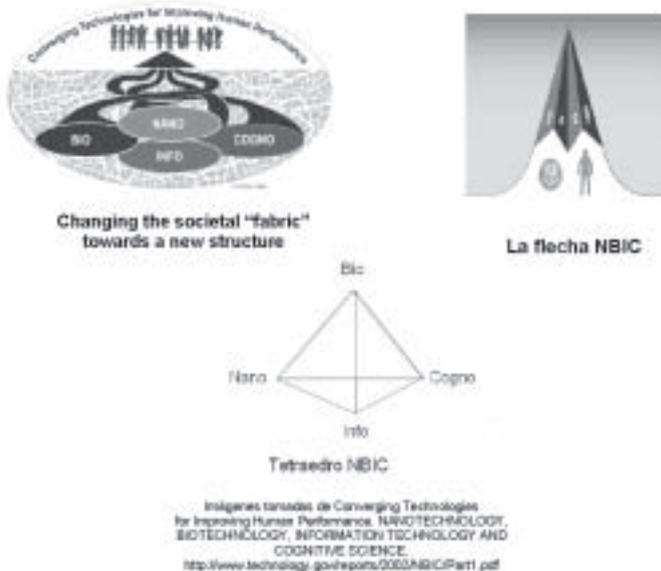
*John Maddox: "Lo que queda por descubrir"*

- *EL SIGLO XXI: PREVISIONES*
  - Mecánica cuántica.
  - Vida artificial.

- Inteligencia artificial.
  - Redes globales de información.
  - Teoría del caos.
  - Estudio de la complejidad.
  - Nanotecnología.
  - Biotecnología.
  - Holografía.
  - Robótica.
  - Bioelectrónica.
  - Bioelectromagnética
- *MEDIO AMBIENTE*
    - Efecto estufa.
    - Disminución de la capa de ozono.
    - Fitoplancton.
    - Humedales.
    - Sequías.
    - Lluvia ácida.
    - Pérdida de habitats.
    - Agotamiento del agua potable.
    - Desertificación.
    - Cambio climático.
    - Conocimiento de los océanos.
    - Detritos tóxicos y nucleares.
    - Basura.
    - Biodiversidad.
- *TRANSPORTE*
    - Levitación magnética.
    - Trenes de alta velocidad.
    - Avión supersónico.
    - Magnetohidrodinámica.
    - Vehículos inteligentes.
    - Autopistas inteligentes.
    - Sistemas Intermodales.
    - Movimiento de fotones.
- *SALUD*
    - Genética y biogenética.
    - Transplante de órganos.
- Extensión de la vida.
  - SIDA.
  - Genoma humano.
  - Relaciones mente – cuerpo.
  - Enfermedades virulentas.
- *POBLACIÓN*
    - Envejecimiento de la población.
    - Poder de los adolescentes.
    - Crecimiento poblacional.
    - Emigración a las ciudades.
    - Inmigración sur – norte.
    - Brecha entre ricos y pobres.
    - Diversidad étnica.
    - Cambios en la tasa de fertilidad.
    - Pérdida de valores.
    - Crisis de la familia.
    - Múltiples estilos de vida.
- *ENERGÍA*
    - Nuclear avanzada.
    - Fotovoltaica.
    - Viento.
    - Sol.
    - Superconductividad.
    - Energía punto cero.
    - Nanotecnología.
    - Helio/Hidrógeno.
- *RESUMEN DEL CONTEXTO*
    - Ciencia y Tecnología: mecánica cuántica.
    - Medio ambiente: disminución capa ozono.
    - Transporte: levitación magnética.
    - Economía: globalización.
    - Política: nuevas formas de gobierno.
    - Espacio: comunicaciones espaciales.

- Salud: genética y biogenética.
- Energía: nanotecnología.
- Población: envejecimiento y crecimiento.
- Valores sociales: sostenibilidad.

- **LA NUEVA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA**



- Biotecnología – *Bio*: Manipulación de organismos vivos; ingeniería genética que modifica los genes o los transfiere de un organismo a otro.
  - Nanotecnología – *Nano*: Manipulación de materia viva o inerte, en el nivel del nanometro (nm), en el que la física cuántica sustituye a la física clásica.
  - Infotecnología – *Info*: Cálculo y transmisión de datos; computadores, microelectrónica, telecomunicaciones; robots
  - Ciencias cognitivas – *Cogno*: Obtención, representación y manipulación del conocimiento, facilitan el desarrollo de la inteligencia artificial y de las neurociencias (exploración y manipulación de la mente). Son más amplias de lo que se podía pensar. Afectan a la materia
- **LA CONVERGENCIA TECNOLÓGICA**  
La convergencia real: unidad de la materia a escala molecular y su integración tecnológica desde ese nivel.

Hoy conocemos: átomos, moléculas, estructuras orgánicas e inorgánicas.

La convergencia permite controlar la creación de nuevos productos y maquinarias nanométricas, controlar microsistemas/macrosistemas complejos, crear nuevas herramientas transformadoras entre las tecnologías nano, bio, info y cogno.

La convergencia tecnológica del siglo XXI en forma esquemática



- ¿Para qué la convergencia?
  - Lo que los científicos cognitivos pueden pensar,
  - los nanotecnólogos lo pueden construir,
  - los biotecnólogos lo pueden aplicar,
  - los infotecnólogos lo pueden controlar
- Un caso: Manipulación de átomos de carbono para conseguir dos tipos de estructuras moleculares:
  - *Buckyballs*, que consisten en una forma cristalina del carbono con sesenta átomos unidos en una forma esférica, como el domo geodésico del arquitecto Buckminster Fuller (que da origen a su denominación).
  - *Nanotubos* que asocian cadenas de átomos de carbono y producen un material que resulta ser 100 veces más sólido que el acero y 6 veces más ligero. Los nanotubos suelen tener 1 nm de diámetro y 100.000 nm de largo.

- Tres etapas:
  - La etapa de la nanoproducción.
  - La etapa de la manufactura molecular.
  - La etapa nano-biónica.

## **Contexto socio – económico**

- Mejora del funcionamiento humano.
- Calidad de vida y crecimiento económico Individual y social.
- Habilidades mentales, físicas y sociales.
- Comunicación personal y grupal.
- Esperanza de vida y envejecimiento saludable.
- Seguridad ante los desastres (naturales o no).
- Avances tecnológicos coherentes e integrados con las actividades el hombre.
- Evolución humana (cultural y educativa).
- Beneficios para la humanidad deducidos de la convergencia.
- Interfaces directas entre el cerebro humano y las máquinas.
- Sensores y computadores fáciles de usar.
- Software y robots mucho más útiles.
- Personas muy dispares podrán aprender conocimientos útiles.
- Eliminación de las tradicionales barreras para la comunicación y cooperación en los equipos de trabajo.
- Cuerpo humano más duradero, saludable y enérgico.
- Nuevos materiales para máquinas y estructuras.
- Control de discapacidades físicas y mentales.
- Fortalecimiento de la seguridad nacional de los países.
- Acceso instantáneo a cualquier información desde cualquier punto del planeta.
- Incremento de las habilidades creativas.
- Mejora del bienestar social.
- Conquista real del espacio exterior.
- Nuevas estructuras organizativas y métodos de gestión, que incrementarán la eficiencia empresarial.
- Fabricación de nuevos productos personalizados que ayudarán al aumento del beneficio.
- Conocimiento de las fuerzas cognitivas, sociales y biológicas que operan y afectan a la vida del hombre.

- Incremento de los rendimientos agrícolas y de la industria de la alimentación.
- Medios de transporte más seguros, más baratos y más rápidos.
- La ciencia podrá aprovechar el conocimiento interdisciplinario.
- La educación y la formación se verán transformadas.
- Grandes áreas de reflexión y acción:
  - Grupo I: Potencialidades generales de las tecnologías convergentes.
  - Grupo II: Expansión de la capacidades cognitivas y comunicativas humanas.
  - Grupo III: Mejora de la salud humana y de las capacidades físicas del hombre.
  - Grupo IV: Incremento de los resultados del trabajo en grupo.
  - Grupo V: Seguridad nacional.
  - Grupo VI: Integración de la ciencia y la educación.
- ¿De dónde deben surgir proyectos integrados?
  - Cuerpo, mente y ciclo de vida humanos.
  - Agricultura y alimentación.
  - Medio ambiente inteligente y sostenible.
  - Comunicación y educación.
  - Vestido, moda y otras necesidades diarias.
  - Aeronáutica y espacio.

## Contexto laboral

- Cambios estructurales en el empleo: distribución de ocupaciones en los distintos sectores:
  - Incremento en el sector servicios.
  - Disminución en actividades agrícolas, industriales y extractivas.
  - Desaparición de actividades e industrias de intermediación.
  - Aumento de ingenieros y técnicos.
  - Desarrollo acelerado de los analistas simbólicos.
- Cambio en el contenido del trabajo de las ocupaciones:
  - Nuevas demandas de competencias, destrezas y conocimientos: no solo más, sino nuevas y diferentes.

## Contexto laboral

Destrezas tradicionales	Nuevas destrezas
Actividad estable en una organización rígida	Adaptabilidad a nuevos productos, tecnologías y métodos de organización.
Trabajo directo sobre documentos	Trabajo abstracto sobre CRT usando códigos y símbolos
Habilidad para recibir y cumplir instrucciones	Autonomía y responsabilidad
Trabajo individualizado	Trabajo en contacto permanente con colegas y equipos de trabajo
Limitado horizonte de tiempo y espacio	Horizonte más amplio de espacio y tiempo

- La tripartición de Robert Reich
  - *Routine production services*:
    - ▶ Prima la repetición y el control de automatismos.
    - ▶ Nivel de escolaridad bajo, pero confiabilidad, lealtad y capacidad de seguir instrucciones.
  - *In-persons services*:
    - ▶ Tareas simples de servicio al cliente.
    - ▶ Nivel de escolaridad medio más entrenamiento vocacional.
  - *Symbolic – Analytic services*:
    - ▶ Identifican, resuelven o arbitran soluciones a problemas complejos mediante manipulación de símbolos.
    - ▶ Alto nivel de formación.

El *Analista Simbólico*, más que una carrera profesional, tiene trabajos u ocupaciones temporales y forma parte de grupos o equipos de trabajo que se arman y desmantelan continuamente, al ritmo de las tareas pendientes. Los rasgos de su trabajo se definen por las siguientes características:

- El conocimiento se produce en contextos de aplicación.
- El conocimiento se encuentra regido por el problema más que por la disciplina, por lo tanto es transdisciplinar.
- El conocimiento se genera en un cuadro de diversidad institucional.
- Control de calidad diversificado.

## Formulación del perfil general

- Crear ambientes en los que el diseño y promoción de actividades y situaciones de aprendizaje, propicien el desarrollo del potencial intelectual de los individuos.
- Desarrollar la capacidad para enfrentar la realidad de forma reflexiva, crítica y constructiva, con grandes dosis de autonomía y autodeterminación.
- Identificar plenamente los ejes transversales que afectan las situaciones más problemáticas o socialmente relevantes de la zona, lugar, país, región, o del mundo.
- Desarrollar la capacidad de enfrentar los problemas con la ingeniosidad propia de los ingenieros y con la habilidad de actuar de manera interrelacionada e interdisciplinaria.
- Adquirir la capacidad de *aprender a aprender* que les permita enfrentar con éxito la situación cambiante de la realidad y adaptarse rápidamente, y de modo innovador, a las problemáticas que se les presenten.

Para desempeñarse eficientemente en su trabajo, más que requerir de un gran número de características o de un gran repertorio de habilidades específicas, los ingenieros necesitarán tener la capacidad de adquirir nuevo conocimiento para resolver nuevos problemas, así como emplear la creatividad y el pensamiento crítico en el diseño de formas diferentes de aproximación a los problemas existentes.

## 2. PANEL

### - Ana María Restrepo (*Presentación*)

Todos nosotros somos conscientes del momento crucial que vive actualmente la humanidad. El hombre, más que nunca, viene adelantando ejercicios prospectivos y estratégicos en diferentes ámbitos; todos ellos encaminados a identificar y diseñar las estrategias necesarias para alcanzar el tan anhelado desarrollo sostenible, a partir de un diagnóstico aterrizado de lo que pasa a su alrededor. Así, encontramos un plan, convenido por todas las naciones y todas las instituciones de desarrollo más importantes del mundo, que busca cómo ayudar a la población más pobre del planeta, y que plantea “Los ocho objetivos del milenio”.

Colombia no ha sido ajena a éste importante ejercicio de prospectiva, y así se viene trabajando en torno al documento denominado: "Visión Colombia II Centenario: 2019", el cual tiene como propósito formular una visión de país, definiendo de esta manera las bases para el futuro de una mejor nación.

Ante este tipo de dinámicas la academia no puede ni debe quedarse atrás. Por eso, la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ha venido liderando una serie de acciones en torno a la revisión y redefinición del papel que debe jugar el profesional de la ingeniería en el desarrollo productivo y social de una nación, a partir de la innovación, la transferencia tecnológica y el desarrollo sostenible, con el fin de elevar la calidad de vida de la sociedad en general, poniendo de manifiesto, de esta manera, la responsabilidad social que debe poseer todo profesional.

Con el fin de alcanzar el reto planteado, el profesional en ingeniería deberá caracterizarse por poseer una serie de habilidades o competencias que lo lleven a ser capaz de dar solución a una situación problemática del contexto productivo ó social, generando una mayor productividad y competitividad. Así el profesional en ingeniería del año 2020, deberá distinguirse por su capacidad para auto-aprender, auto-evaluarse y crear conocimiento.

Para las instituciones de educación superior, no es fácil la responsabilidad que se les ha asignado con relación a la formación de los líderes sociales, políticos y empresariales, que en unos años, deben tener la capacidad de dirigir el rumbo de nuestras naciones.

ACOFI, en su intención de apoyar la generación de espacios de discusión, intercambio y crítica constructiva, ha organizado una serie de foros, cuyo objetivo principal es identificar las estrategias necesarias que permitan hacer más pertinente la profesión de la ingeniería, de acuerdo con el contexto que vive cada nación, lo cual se logra a través de la identificación de las necesidades del medio, el enriquecimiento de los currículos, la dinamización de los procesos de enseñanza-aprendizaje y el fortalecimiento de la investigación. Así, la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería continúa realizando los esfuerzos necesarios para poder contar con la presencia de cuatro destacados académicos y empresarios en el ámbito de la ingeniería, que darán respuesta a tres preguntas planteadas por la comunidad académica en torno a la formación del ingeniero para el año 2020.

## Primera pregunta

¿Cómo se relaciona el perfil del ingeniero del año 2020 con un currículo que cambie la mentalidad de empleo, por una mentalidad innovadora promotora de desarrollo empresarial y generadora de oportunidades?

- *Ana María Restrepo*

Existe un compromiso marcado de las universidades por apoyar la creación y el fortalecimiento de pequeñas y medianas empresas en Colombia.

Se deben orientar los esfuerzos a identificar y diseñar estrategias que permitan involucrar en el currículo el tema del emprendimiento con el fin de apoyar el desarrollo, en nuestros profesionales, de competencias que les permitan la creación de empresas innovadoras.

La responsabilidad actual de la universidad no sólo se centra en propender por una formación integral de sus estudiantes matriculados, sino que además debe esforzarse por lograr que los candidatos a cada uno de sus programas de ingeniería alcancen el nivel de conocimientos necesarios con el fin de afrontar el proceso de aprendizaje de las ciencias básicas y ciencias de la ingeniería.

Es indispensable romper con la brecha existente entre el conocimiento técnico y el desarrollo de habilidades que le permiten a un profesional interactuar con el medio empresarial. Por eso, deben revisarse cuanto antes los planes curriculares y las estrategias de enseñanza-aprendizaje; al igual que propender por prestar servicios de formación a los docentes, buscando así la profesionalización de estos últimos, para garantizar la calidad de los procesos de formación.

- *Jairo Lopera*

Tengamos en cuenta el acelerado desarrollo que tiene el esquema mental del candidato actual a la ingeniería. El joven que llega a nuestras facultades tiene una visión del mundo y una actitud ante la tecnología bien diferente a las que tuvimos en tiempos pasados en las escuelas clásicas de ingeniería. Se podría sintetizar el fenómeno afirmando que la potencialidad y la disposición del candidato para el análisis detallado han ido en detrimento, pero que su disposición y habilidad para la síntesis estratégica ha alcanzado

insospechados cotas. Todos los elementos informáticos, modelos computacionales, nuevos materiales y equipos electrónicos, el servicio inmediato y permanente de la información de la red (Web) han hecho que el nuevo ingeniero tenga un basto acopio de elementos que le ayudan, en su necesidad de análisis, pero que le permiten proponer soluciones ricas en valor agregado e innovación. Anteriormente, todo el esquema de análisis de elementos primitivos estaba bajo la responsabilidad y acción del ingeniero. Dicho análisis le exigía un desgaste enorme y mucho tiempo para seguir todos los pasos elementales del proceso llevar a cabo una innumerable cantidad de cálculos, efectuados con instrumentos primitivos. Hoy día, el candidato a la ingeniería tiene a su disposición una infinidad de cajas negras que, en cierta medida, le elaboran el proceso detallado y que reemplazan su obligación del análisis de los elementos que componen el proceso básico y el algoritmo fundamental, y puede dedicarse, con mayor énfasis, a estudiar la composición estratégica de los resultados y a una visión universal de la síntesis de los elementos de su profesión, para obtener resultados más rápidos, más impactantes y que globalizan una problemática más universal.

Como los mismos analistas de la revista Tech Review han detectado en las proyecciones hacia el futuro, los diagnósticos y propuestas se debaten entre los extremos cientifistas y los extremos románticos. Yo diría que se debaten entre los románticos de la ciencia y los románticos del humanismo. Los unos propugnan por una apuesta a ultranza hacia el desarrollo desaforado y la adopción de tecnologías de ultra punta. Los otros quieren que se amolde y se frene el desarrollo por el bien de la ecología y el medio ambiente. Las contradicciones en ambos bandos son múltiples y fastidian por lo ilógicas, no importa el campo donde se situó la controversia. Por ejemplo, en el caso de la mentalidad del ingeniero hacia el empleo, el conocido "shock del futuro" predecía, hace veinte o treinta años, que los ingenieros con más creatividad y perspectivas tendrían una enorme movilidad de empleo... Lo que se ve actualmente es que los más brillantes ingenieros y científicos, los más exitosos e innovadores, son los que se casaron con enormes multinacionales y desarrollaron, en sus bien dotados laboratorios, los productos que revolucionan al mundo.

La mentalidad emprendedora, empresarial, innovadora, o en su contraparte la mentalidad continuista es algo paralelo, y no necesariamente conexo, con el aprendizaje de la ingeniería.

Debemos estar atentos al hecho que, al revisar el potencial de ocupación de los egresados, la mayor parte corresponde a trabajos en empresa. Por tanto no sería honesto desatender esa fuente de ocupación del ingeniero y enfocar todos los esfuerzos únicamente a crear una supuesta actitud emprendedora o empresarial. Adicionalmente, eso va muy ligado al perfil del individuo, y difícilmente se cambia una característica personal con unas cuantas clases. Creemos que un ingeniero siempre debe estar preparado para todas las posibles maneras de desarrollar su actividad creadora, ya sea como "empleado" o como fundador de una empresa nueva.

Consideramos por tanto que lo que la universidad debe proveer es un ambiente tal que los individuos (estudiantes de ingeniería) que demuestren esas habilidades e intereses natos, puedan desarrollarlos sin que se les entorpezca. Pero de allí a forzar a todos los estudiantes de ingeniería para que desarrollen estas competencias, hay mucho trecho: el esfuerzo sería enorme y los resultados pobres, a menos que se cambien los criterios de selección de los candidatos desde ahora.

- *Francisco Ramírez*

En la definición del perfil del ingeniero del año 2020 debe considerarse necesariamente el desarrollo de competencias que permitan al ingeniero integrarse en el mundo productivo, de una manera efectiva, en el contexto de los procesos de internacionalización. Estas competencias están relacionadas con la habilidad para desempeñarse en escenarios complejos y variables, que demandan del futuro profesional de la ingeniería una formación integral que debe ser ofrecida y garantizada desde los espacios académicos universitarios.

Como estrategia, el currículo debe integrar estas competencias y ofrecer las condiciones académicas y pedagógicas necesarias y suficientes para su adquisición, fortalecimiento, mantenimiento y ejecución. Entre otras, proponemos las siguientes competencias para la formación del ingeniero:

- Desarrollar una mentalidad emprendedora que contribuya al mejoramiento del nivel y calidad de vida personal, social y económica a partir de la generación de ideas creativas innovadoras o de la creación de nuevas empresas.

- Desarrollar una mentalidad que le permita actuar de manera proactiva, con responsabilidad social, en la formulación de alternativas de solución al enfrentar diferentes escenarios problemáticos.
  - Integrarse a equipos de trabajo, manteniendo relaciones fluidas con los miembros del grupo, asumiendo responsabilidades y colaborando en la superación de contingencias que se presenten, a efectos de lograr los objetivos propuestos.
  - Gestionar información a partir del uso eficiente de las tecnologías de la información y la comunicación, para aumentar la efectividad de las tareas y relaciones en el contexto de la actividad tecnológica que le concierne.
  - Comunicarse de manera eficaz en una segunda lengua, lo que facilitará los procesos de aprendizaje y el desarrollo de relaciones comerciales, sociales y posibilitará su interacción en diferentes contextos, lo que siempre significará una ventaja comparativa.
- *Mesa de trabajo*
- Comentarios:
- El emprender no es sólo para empresa, es también para todo tipo de proyecto, incluso para la vida propia.
  - Se debe reflexionar cuidadosamente sobre el término empresa, ya que existen marcadas diferencias de criterios al momento de responder la pregunta.
  - Debe haber interacción entre el sector académico y el sector productivo. Hay que propiciar un esfuerzo colectivo de acercamiento.
  - El currículo es un medio. Se debe enseñar con los hechos, con el ejemplo: no se puede enseñar a hacer empresa, si los profesores no tienen empresa. El currículo debe ser reforzado con las experiencias de las personas que trabajan en el sector productivo. Hacer conocer a los estudiantes la experiencia de egresados que trabajan en el sector productivo.
  - Promover el aprendizaje basado en estudio de casos.
  - Desde el primer semestre, las asignaturas deben plantearse adecuadamente para que no se pierda la creatividad empresarial.
  - El aprendizaje en el aula "rigidiza"; en otros lugares, el aprendizaje "flexibiliza" y es más productivo y duradero.
  - Para resolver problemas se precisa un esquema mental, no son suficientes los conocimientos técnicos.
  - El currículo debe brindar elementos de pensamiento que favorezcan la autoconfianza del estudiante y le permitan creer que puede ser innovador.

- Los ciclos propedéuticos pueden ayudar a formar mejor la mentalidad de la persona.
- Se debe promover una escuela de docentes que investigue acerca de la enseñanza de la ingeniería.

## Segunda pregunta

¿Se puede afirmar que la tecnología deshumaniza al ingeniero? ¿Se conservará y reconocerá la verdadera dimensión de la formación humanística en el perfil del ingeniero?

### - *Ana María Restrepo*

Estamos en un proceso de doble vía, en el que los intereses académicos, empresariales y sociales se cruzan. Esto trae como consecuencia algunos incidentes, como son el sacrificio de los recursos naturales y los problemas de hambre y miseria que nos encontramos día a día.

Nuestra responsabilidad se centra en encontrar el hilo conductor que permita alcanzar, en primera instancia, el desarrollo sociológico que contribuya al desarrollo político y económico de una nación a través de la innovación y la tecnología.

Nuestra misión puede resumirse en formar un profesional ético, responsable y altamente competitivo en el ámbito mundial.

### - *Jairo Lopera*

El acelerado proceso de desarrollo tecnológico del mundo, el crecimiento poblacional, el surgimiento de nuevas necesidades para la vida humana, han creado un panorama de vida apoyada en gran medida en la funcionalidad, proporcionada por todo el fenómeno de la tecnología moderna: transporte, comunicaciones, servicios computacionales, servicios energéticos, etc... Todos ellos son elementos que forman una trama obligada con todas las actividades humanas. La formación del ingeniero moderno no ha sido ajena a esta tecnificación de la vida. El "pensum" de las facultades de ingeniería responde en buena medida a esta obligación de la alta tecnología al servicio del devenir humano. Se está corriendo ciertamente el riesgo de convertir la tecnología y sus sorprendentes desarrollos modernos, en un objetivo final y no en un medio de apoyo a la sociedad actual. Se ha dicho que, en

general, hay una cierta deshumanización del hombre moderno en función del avance tecnológico, deshumanización a la que no se ha podido escapar el ingeniero.

Que la tecnología deshumaniza al ingeniero es un mito. Habría que definir, en primer lugar, qué se entiende por "ser humano" (no "humanista"). Si ser humano es tener la capacidad de crear, de abstraer, de ir más allá de lo que el puro instinto animal permite, de poder ejercer la libertad creativa individual y grupal, entonces la ingeniería es una expresión de humanismo tan potente como las artes más puras, o incluso más que ellas, pues, además de bella, resulta útil. Sin embargo, al igual que las artes, religiones, filosofías, etc., la tecnología no es más que una herramienta entre otras, para lograr el "humanismo" completo. Lo importante en la formación de los estudiantes de ingeniería es hacerles entender que la tecnología no es la única vía para el "humanismo", y abrir espacios para fomentar otras, pero sin que esto implique nunca rebajar la calidad de la formación de ingeniería.

El impacto deshumanizador que puede tener la tecnología para el ingeniero, depende, en parte, del sentido que se le dé, al formar al estudiante desde la universidad. Si se examina la tecnología con un sentido integral, es decir, teniendo en cuenta los aspectos históricos, sociales, económicos, políticos e ideológicos, nos estamos enfrentando a un mundo con la opción de transformarlo y ponerlo al servicio del ser humano.

Afortunadamente, la mayoría de las personas tienen inclinaciones humanistas. Incentivar esta inclinación es fácil, y el ingeniero debe tomar conciencia del mismo valor del humanismo. Nunca se deben contraponer tecnología y humanismo. Desde que los estudiantes inician los primeros semestres, deben tomar los cursos normales de Humanidades, donde se debe evitar a toda costa que se insinúe una falsa contraposición entre la ciencia y el humanismo; antes bien debe promoverse un acercamiento humanista a la ciencia, como sucede con la historia de la ciencia y tecnología, y con la fascinante historia de la medicina y la tecnología médica.

- *Francisco Ramírez*

La tecnología no deshumaniza, facilita procesos. En sí misma, la tecnología no es deshumanizante, pero sí puede llegar a serlo la dinámica, a veces indiscriminada, con la que se aplica en diferentes ámbitos.

El ejercicio de la ingeniería debe sustentarse en la práctica de valores aplicados al desempeño del profesional y al uso racional de la tecnología. En este sentido, la universidad tiene mucho que aportar; considerando que la educación humaniza. El proceso educativo es por naturaleza un acto social: el hombre, como *ser social*, se *humaniza* en relación con los demás. La educación puede utilizar para sus fines, como una de sus herramientas, la tecnología. De acuerdo con lo anterior, es responsabilidad de la Educación Superior ofrecer una formación que se apoye en la ciencia y la tecnología, conservando el propósito principal de la educación: la *humanización* del ser humano.

De este modo, la formación del futuro profesional debe considerar la tecnología como recurso, y contribuir al desarrollo personal: Intelección, afectividad y volición. Formación en la ética profesional, en la estética, en la sensibilidad, en la responsabilidad individual y social, permitirán el desarrollo de un pensamiento autónomo y crítico, y la elaboración de un juicio propio para determinar por sí mismos qué deben hacer en las diferentes circunstancias de la vida y cómo solucionar problemas inherentes a su desempeño laboral.

La formación humanística que reciba el ingeniero 2020, debe promover el fortalecimiento de una conciencia ética respecto al ejercicio de la profesión, el uso racional de la tecnología, sus implicaciones, su compromiso e impacto social y el discernimiento ético frente a los problemas humanos y sociales que debe resolver. Se espera que esta formación provea las condiciones necesarias y suficientes para orientar el proceso formativo a fin de que el individuo autorregule su comportamiento, cuide de su entorno y todo aquello que lo conforma y que constituye el bien común.

- *Mesa de trabajo*

Comentarios:

- ¿Qué es deshumanizar?
- Es preciso seguir reflexionando acerca del concepto de tecnología y sus implicaciones. La tecnología no es únicamente ciencia aplicada.
- Se debe promover el diálogo de la ingeniería con las humanidades.
- El concepto de tecnología es tan amplio como el concepto de cultura.
- Se necesita una evaluación estratégica de las tecnologías.
- La evaluación es un factor crucial en la valoración de los resultados de un ingeniero tomado de manera integral.

- A partir de la evaluación de la tecnología, se generan varias posiciones:
  - ▶ Evaluar la tecnología por su uso.
  - ▶ Evaluar la tecnología por el uso adecuado o erróneo que se le da.
  - ▶ Nuevo paradigma: evaluación estratégica de la tecnología desde el diseño.
- Toda tecnología debe ser un medio humanizador.
- El mundo artificial es también humano.
- El concepto de desarrollo es el centro de lo humanizador. El concepto de desarrollo debe estar detrás de la formación del ingeniero.
- La relación diseño-desarrollo-bienestar es muy compleja.
- La ingeniería que no tiene en cuenta la dignidad humana de su destinatario, es deshumanizante.
- Lo que deshumaniza no es la tecnología. Los fines de lucro tecnológico son los que deshumanizan a la sociedad. La rentabilidad debe ser integral y no sólo económica.
- Quien no ve ni usa la tecnología, ¿es más humano?
- El ser humano se deshumaniza cuando se olvida de la cultura.
- Ante la presencia universal y permanente de la tecnología, ¿cuál es la postura que deben tomar los ingenieros?
  - ▶ El ingeniero no es reproductor de reglas, es creador de nuevas realidades.
  - ▶ El ingeniero es un creador de bienestar a través del desarrollo.
  - ▶ Es necesario pensar en un ingeniero que brinde soluciones sociales, respetando las condiciones ambientales.
  - ▶ La prioridad para un ingeniero es su trabajo social con responsabilidad.
- En las universidades hay problemas de fondo que impactan la formación de los estudiantes.
- En el caso de la formación ética, más que en otros ámbitos, nos aprendemos los discursos, pero no los aplicamos. Los docentes transmitimos sistemas de reglas (normas), pero no de acción (vida).
- ¿Cuál es el tipo de profesor que requieren los nuevos modos de formar a los estudiantes?
- ¿Qué significa la moda de las competencias en la formación de ingenieros? ¿Acaso el mundo actual lo construyeron profesionales incompetentes?
- Las tecnologías educativas implantadas, ¿están deshumanizando la formación y la profesión del ingeniero?

- ¿La educación virtual deshumaniza?
- Instrumentalizar la practica, de una forma exclusiva en la formación del ingeniero, significa deshumanizarlo.

### **Tercera pregunta**

¿Cómo incluir en el perfil del ingeniero 2020 las estrategias que permitan que el ingeniero crear y manejar las tecnologías emergentes?

- *Ana María Restrepo*

La planeación curricular que se desarrolla día a día en nuestras universidades, no puede ser ajena a las tecnologías emergentes. Estas tecnologías deberán convertirse en herramientas primordiales para el desarrollo de las competencias profesionales y sociales del ingeniero del año 2020.

Las tecnologías emergentes podrán, en un momento dado, dinamizar los procesos de investigación y, por ende, de enseñanza-aprendizaje, redundando en la potencialización de las relaciones universidad-empresa, convirtiendo la educación superior en una oferta académica pertinente con el contexto.

- *Jairo Lopera*

Es un hecho que la multiplicación y el fácil acceso a todas las áreas del conocimiento ha propiciado una efectiva transdisciplinariedad académica, la cual se nutre de tres componentes fundamentales, a saber: las variables del entorno político social, el desarrollo de los mercados en una economía globalizada, y un desarrollo técnico fundamentado en tecnologías de punta, soportadas todas por efectos comunicacionales y computacionales de alto nivel. Todo académico moderno entiende y participa, en mayor o menor grado, en cada uno de estos tres frentes del conocimiento, lo social, lo económico y lo tecnológico. El ingeniero, como se aseveró en la segunda respuesta, desafortunadamente hipertrofia su saber tecnológico a expensas de los otros dos polos del conocimiento moderno.

A su vez, el desarrollo tecnológico sufre también un marcado efecto de la transdisciplinariedad. No es propio por ejemplo decir que hay un ingeniero civil o un ingeniero electricista absoluto, porque la formación técnica compromete a estos profesionales, y a todos los que tengan que ver con un saber tecnológico, con comunicaciones, controles, sistematización

computacional y con todo el espectro de las diferentes formas de la energía. Hoy en día es común hablar de la bioingeniería o de la mecatrónica, como ejemplos de una transdisciplinariedad natural de saberes tecnológicos. Las 10 nuevas tecnologías emergentes citadas por el profesor Francisco G. Restrepo en el Primer Foro de ACOFI e ilustradas en la gráfica:



En la gráfica se muestra el potencial que ofrecen las tecnologías de punta, fruto del desarrollo de la genética, los materiales y la electrónica, y, que para el 2020, podrían ser el objeto de un estudio absolutamente transdisciplinar de las ciencias biotécnicas.

Pero para esa fecha propuesta (año 2020), y dentro de este esquema de tecnologías de punta convergiendo a la super-red del conocimiento técnico, la TNET, se podría caer en la polarización ya anunciada en la respuesta a la segunda pregunta, consistente en poner toda la atención y todo el esfuerzo formativo en las variables y retos técnicos del presente y del futuro, olvidando los otros dos pilares del saber y de la vida del hombre: las variables del entorno político social y el desarrollo de los mercados en una economía globalizada, supremamente importantes para una vida humana equilibrada.

Evidentemente, la planeación curricular es vital. Sin embargo desconfío mucho de las predicciones de "tecnologías emergentes". Estas predicciones han demostrado su ineficacia en el pasado. Si fuesen confiables, según lo dicho en los setenta, hoy deberíamos estar nadando entre robots domésticos, comerciales e industriales; nuestras computadoras entenderían

comandos de voz con total confiabilidad y no tendríamos que programarlas, sino simplemente pedirles lo que necesitéramos, en lenguaje natural. ¡Ah...! y no existiría Internet, ni su impacto en todos los aspectos de la humanidad.

Por tanto, consideramos que, más que confiar ciegamente en predicciones futuristas, nos debemos aferrar a lo básico. Si el ingeniero tiene una sólida formación básica, podrá enfrentar, por si solo, todos los retos de cualquier nueva tecnología que surja luego de egresar de los claustros universitarios. Si nos dejamos engañar y caemos en la trampa de enseñar “tecnología actual” en vez de ingeniería real, el pseudo-ingeniero resultante será obsoleto tan pronto como sea obsoleta la tecnología que le fue enseñada.

Esta pregunta parece formulada por los románticos científicos. Respecto a las tecnologías de punta, existen dos formas de abordarlas. La primera es tratar de dominarlas como creadores. En este caso se requiere de la ciencia básica. La otra es usarla como “maquiladores”; nos mandan las cosas y las ensamblamos. Para esta utilización no se requiere gran formación científica; con cuatro años de ingeniería basta. Claro que se puede seguir una especialización después de los cuatro años. Pero los primeros cursos serían de nivelación y actualización, etc... Siempre he creído que toda tecnología de punta se debe abordar con una buena formación en ciencia básica y unos buenos fundamentos matemáticos.

- *Francisco Ramírez*

Teniendo en cuenta que las tecnologías emergentes son innovaciones científicas que pueden crear una nueva industria o transformar una existente, se convierten en entornos complejos, dinámicos y variables, caracterizados por la innovación, y se constituyen en oportunidades potenciales para el desarrollo de nuevos mercados. Para atender estas posibilidades, es necesario preparar al futuro profesional.

Se cuenta pues con entornos competitivos y altamente cambiantes, que demandan de los profesionales el desarrollo de competencias que permitan generar soluciones e ideas creativas de negocio, a partir de la innovación de procesos y la aplicación de estas nuevas tecnologías. Por lo tanto, el ingeniero debe estar preparado para enfrentar los problemas derivados de la alta incertidumbre y rápido cambio que caracterizan a los negocios relacionados con las mencionadas tecnologías.

La respuesta del ingeniero 2020 debe ser flexible y dinámica para adaptarse a los rápidos cambios característicos de las tecnologías emergentes. En este sentido, la formación universitaria debe hacer especial hincapié en la implementación de estrategias curriculares que hagan énfasis en la adquisición, fortalecimiento y práctica de valores como la iniciativa, la auto-determinación y el auto-control, y que faciliten procesos de detección e identificación de nuevas tendencias y oportunidades en estos ámbitos.

Así mismo, los continuos cambios que se producen en el contexto global, motivados por el desarrollo científico y tecnológico, y los nuevos modelos de internacionalización de las economías, permiten visualizar que el futuro ingeniero deberá estar en capacidad de afrontar importantes retos y grandes desafíos.

En virtud de lo anterior, la universidad debe promover la formación de un espíritu investigativo e innovador y preparar al estudiante para que actúe y brinde respuesta a las transformaciones de una sociedad que avanza rápidamente.

- *Mesa de trabajo*

Comentarios:

- Existen dos formas dispares de ejercer la ingeniería:
  - ▶ Crear y utilizar tecnología.
  - ▶ Trabajar en la industria.
- La relación de las tecnologías emergentes con la ingeniería puede ser:
  - ▶ Relativa a los fundamentos de ingeniería.
  - ▶ Instrumental, usándolas como herramientas permanentes o transitorias.
- En la formación de los ingenieros se precisa más fundamentación, que prepare para la práctica, y menos conocimientos operativos; salvo que estemos entrenando mano de obra barata para un mundo globalizado.
- La opción de formar ingenieros generalistas o especialistas debe tomarse teniendo en cuenta las necesidades sociales, la identidad de la institución y las solicitudes formativas de los estudiantes. No olvidar la dimensión social de la formación por atender los sueños de algunos "visionarios".
- Conviene revisar críticamente los cursos de ciencias básicas: tratar menos temas y hacerlo con mayor profundidad.

- Se deben favorecer las relaciones universidad-empresa que incidan directamente en la formación de los ingenieros.
- La formación debe posibilitar la fundamentación la investigación, incentivando, por ejemplo, el trabajo de los semilleros de investigación.
- No olvidar que, en el caso de la tecnología informática, no son los grupos de investigación los que la han creado, sino la propia industria.
- La clave de la formación de los estudiantes sigue estando en los profesores. Se debe procurar su sistemática formación permanente, también en el uso de tecnologías, tanto para incorporarlas en los procesos de enseñanza-aprendizaje, para conocer y promover su uso en el ejercicio profesional de la ingeniería respectiva.

#### Conclusiones:

Nuestra responsabilidad deberá centrarse en formar líderes que se distingan en el ámbito de la ciencia, de la innovación tecnológica, de la economía y de la política, especialmente caracterizados por su gran responsabilidad social.

Para ser un profesional comprometido, el ingeniero debe ser siempre parte de la solución, nunca del problema; debe encontrar una solución para cada problema; debe tener siempre una meta, nunca una excusa; debe ser capaz de decir: «yo te puedo ayudar a hacerlo»; debe ser osado, tomar riesgos y asumir desafíos; debe saber reconocer sus errores; debe ser responsable incluso más allá de su trabajo; debe convertir las amenazas en oportunidades.

El profesional de la ingeniería debe mantenerse en un aprendizaje continuo durante toda su vida, recordando la reflexión de Ortega y Gasset: "mientras el ingeniero se está ocupando de su faena particular, la historia le quita el suelo debajo de los pies".

# Capítulo 2

XXVI Reunión Nacional  
de Facultades de  
Ingeniería





Los grandes cambios que se producen en el contexto global, motivados por el desarrollo científico y tecnológico y el nuevo paradigma económico y sociocultural, conducen a pensar que en los próximos 15 años, se formará una nueva generación de ingenieros que deberá estar en capacidad de afrontar importantes retos y grandes desafíos. Las Escuelas en las cuales estos jóvenes ingenieros del 2020 recibirán su formación deben ser claramente conscientes de lo que deben hacer para ofrecerles un futuro que compense su dedicación, motive su vocación y satisfaga sus ideales de servicio a la humanidad. En consecuencia, se hace necesario que la universidad visualice su rol en los años venideros, se prepare y actúe para dar respuesta a las transformaciones de una sociedad que avanza rápidamente.

En este contexto, cobra especial sentido la socialización de propuestas innovadoras, tales como las iniciativas para el fortalecimiento de la calidad de la educación superior y el mejoramiento continuo de los programas, las estrategias para un desarrollo curricular más flexible, los esfuerzos para potencializar el vínculo universidad – empresa, el desarrollo profesional basado en la investigación y la cada vez más prioritaria necesidad, de buscar una mayor compatibilidad de los sistemas de educación superior, para promover la movilidad de estudiantes, docentes y profesionales, a escala internacional.



## — Conferencias —

La XXVI Reunión Nacional fue convocada para reflexionar y debatir acerca de los *Retos en la formación del ingeniero para el año 2020*. Para contribuir y enriquecer el estudio y la discusión del tema, se invitó a un grupo de expertos nacionales e internacionales. Procedentes de contextos distintos, con experiencias diferentes y desde posiciones intelectuales diversas, cada uno de ellos abordó un aspecto concreto del complejo tema planteado.



# Primera Conferencia

## EL SISTEMA DE EDUCACIÓN SUPERIOR DENTRO DE LA VISIÓN 2019

*Javier Botero Álvarez*

*Viceministro de Educación Superior del Ministerio de Educación Nacional de Colombia*

### Número de programas de ingeniería según modalidad (2003 –2006)

MODALIDAD	2003	2004	2005	2006
Técnica profesional	178	178	155	140
Tecnológica	425	421	597	578
Universitaria	840	821	941	868
Especialización	210	207	212	189
Maestría	60	67	69	66
Doctorado	6	6	7	13
<b>Total</b>	<b>1.719</b>	<b>1.700</b>	<b>1.981</b>	<b>1.854</b>

Corresponde al 23% de la oferta de programas que registran estadísticas en el último periodo.

### Matrícula en ingenierías según modalidad (2003 –2006)

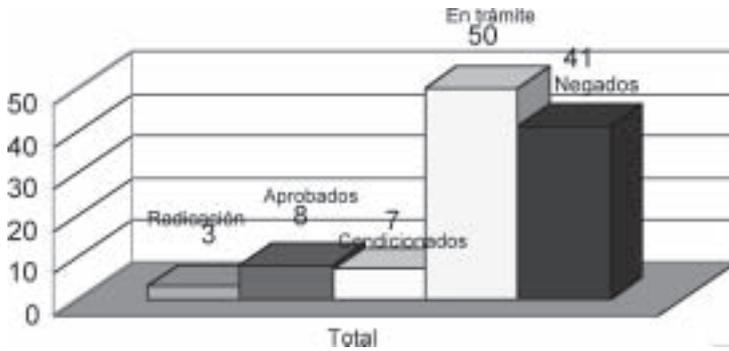
MODALIDAD	2003	2004	2005	2006
Técnica profesional	4.970	4.923	3.842	24.679
Tecnológica	1.740	1.732	1.699	31.770
Universitaria	195.407	199.852	205.994	207.775
Especialización	1.051	806	911	866
Maestría	1.170	1.400	1.641	1.773
Doctorado	90	62	114	138
<b>TOTAL</b>	<b>204.428</b>	<b>208.775</b>	<b>214.201</b>	<b>217.001</b>

El 16.7% del total de la matrícula corresponde a programas de ingeniería

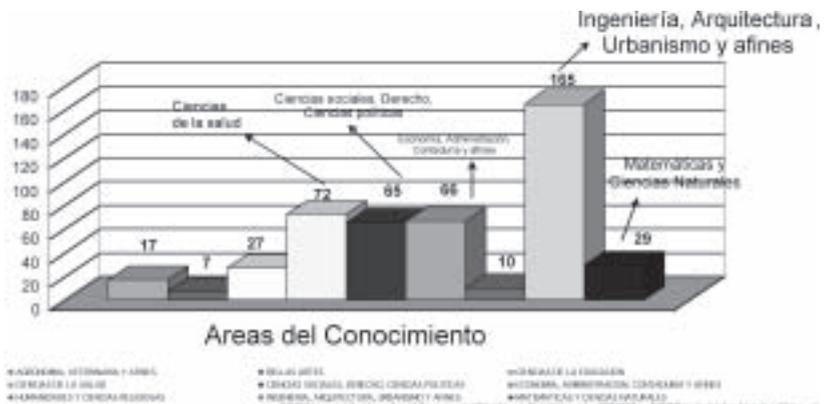
### Solicitudes de registro calificado en el área de ingeniería

Nivel	Radicación	Aprobados	Condicionados	En trámite	Negados	Total general
Doctorado	3			2		5
Maestría	5	16	-	5		26
Especialización	25	90	5	42	8	169
Universitaria	19	654	25	125	120	943
Técnica Profesional	19	57	15	54	50	195
Tecnología Terminal	6	226	23	90	90	435
<b>Total general</b>	<b>78</b>	<b>1.043</b>	<b>68</b>	<b>318</b>	<b>266</b>	<b>1.773</b>

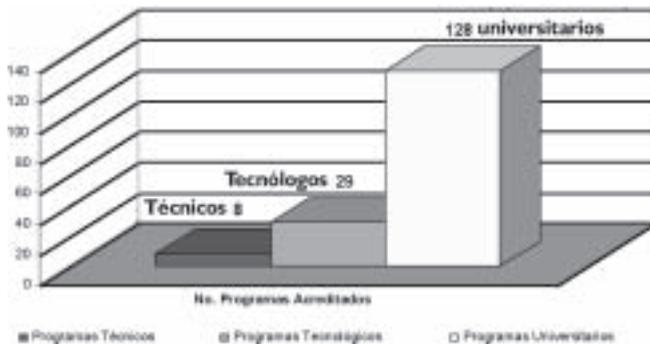
### Programas presentados por ciclos propedéuticos en el área de ingeniería



### Programas acreditados por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA), por área de conocimiento



### Programas acreditados por el CNA en ingeniería, por modalidad



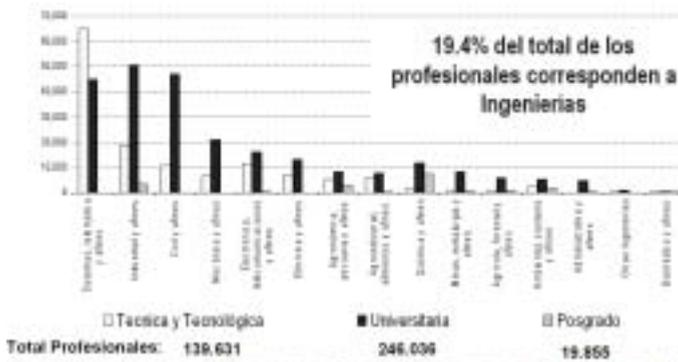
## Graduados núcleos básicos del conocimiento de ingeniería. Período 2001 - 2004\_1

NBC INGENIERÍAS	Graduados	Participación
INGENIERÍA DE SISTEMAS, TELEMÁTICA Y AFINES	32.748	15,6%
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y AFINES	19.251	9,4%
INGENIERÍA ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y AFINES	22.540	10,7%
INGENIERÍA CIVIL Y AFINES	11.688	5,5%
INGENIERÍA MECÁNICA Y AFINES	6.031	2,8%
INGENIERÍA FÍSICO-MATEMÁTICA Y AFINES	2.654	1,2%
INGENIERÍA AMBIENTAL, SANITARIA Y AFINES	2.407	1,1%
INGENIERÍA AGRICOLA, FORESTAL Y AFINES	2.262	1,0%
INGENIERÍA QUÍMICA Y AFINES	2.198	1,0%
INGENIERÍA FARMACÉUTICA Y AFINES	2.186	1,0%
INGENIERÍA INFORMÁTICA Y AFINES	1.744	0,8%
INGENIERÍA DE MINAS, METALURGIA Y AFINES	1.288	0,6%
INGENIERÍA AGRÍCOLA, FORESTAL Y AFINES	1.189	0,5%
INGENIERÍA QUÍMICA Y AFINES	698	0,3%
<b>TOTAL INGENIERÍAS</b>	<b>102.831</b>	<b>50,1%</b>

74,7%

Los NBC de ingenierías participan con el 22.1% del total de los graduados

## Profesionales (1960 – 2004), por nivel de formación en ingenierías



## Visión Colombia 2019

Estrategias que demandan acciones del sector educativo:

Objetivos	¿Cómo se lograrán? Estrategias
Una economía que garantice mayor nivel de bienestar	a) desarrollando un modelo empresarial competitivo; b) fundamentando el crecimiento en el desarrollo científico y tecnológico
Una sociedad más igualitaria y solidaria	a) cerrando las brechas sociales y regionales; b) forjando una cultura para la convivencia
Una sociedad de ciudadanos libres y responsables	forjando una cultura ciudadana
Un Estado eficiente al servicio de los ciudadanos	a) fortaleciendo la descentralización; b) avanzado hacia una sociedad informada

*Cerrar las brechas sociales y regionales: Objetivo y Desafíos:*

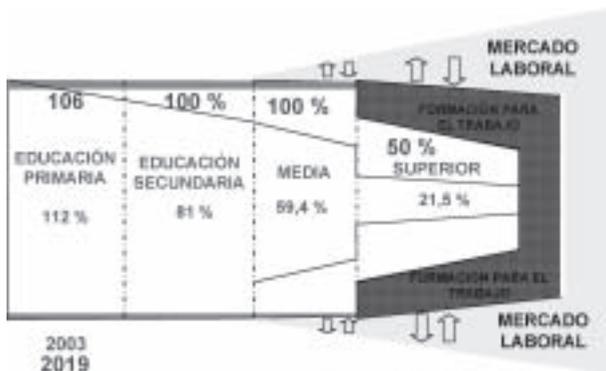
<b>Objetivo</b>	En 2019 todos los colombianos tendrán igualdad de oportunidades en el acceso y la calidad en educación, salud, seguridad social y prevención y asistencia social
<b>Desafíos</b>	Aumentar la inversión social y mejorar su eficiencia para lograr mayores resultados en cobertura y calidad
	Generar la información necesaria para mejorar la focalización del gasto hacia los más necesitados
	Consolidar un sistema de protección social que contribuya a fortalecer y proteger el capital humano, el ingreso de los hogares, y a reducir su vulnerabilidad
	Hacer seguimiento y evaluaciones periódicas de los programas

**¿Hacia dónde vamos?**

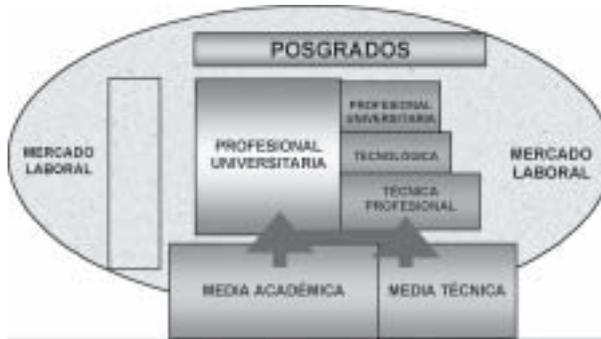
1. Desarrollo de competencias en todos los niveles



2. Cobertura. Articulación entre los niveles y el mercado laboral



### 3. Articulación de la educación media y superior



### 4. Metas y Estrategias

Nivel	Meta	Estrategias
Educación Superior (18 – 23 años)	<b>Cobertura bruta</b> 2003: 21,5% 2010: 34% 2005: 24.6% 2019: 50%	<b>Consolidar un modelo de financiación desde la demanda</b>
	<b>Cambio en la composición de la matrícula</b> 2003: T&T*: 25%, Universitaria: 75% 2019: T&T: 60%, Universitaria: 40%	<b>Adecuar y flexibilizar la oferta:</b> - Desconcentrar regionalmente la oferta - Ampliar educación virtual - Formación por ciclos
	<b>Disminución de la tasa de deserción</b> 2003: 50% 2019: 25%	<b>Disminuir la deserción estudiantil</b>

En la Visión de largo plazo se trabaja para responder a los desafíos planteados en las prioridades de desarrollo de infraestructura del país, a través de:

- Mayor coordinación entre la oferta académica y la demanda profesional, en cuanto a niveles de formación, áreas de la ingeniería y ubicación geográfica.
- Ampliación de la oferta de programas por ciclos propedéuticos y doctorados en ingenierías.

\* Técnica y Tecnológica

- Mayor desconcentración de la oferta académica, soportada en nuevas tecnologías y metodologías flexibles.
- Aumento de la participación de programas de ingeniería relacionados con la vocación productiva de la región.

## 5. Calidad

- Estrategias transversales
  - Un sistema educativo basado en la formación de competencias, donde se fijen estándares para cada nivel desde preescolar hasta superior
  - Un sistema de evaluación que garantice la comparabilidad de los resultados entre los diferentes niveles educativos y referenciado internacionalmente
  - Resultados de los estudiantes en pruebas internacionales que superan la media regional y se acercan a la media internacional
  - Fortalecimiento de la competitividad a través de:
    - ▶ El bilingüismo
    - ▶ Las tecnologías de información y comunicación
    - ▶ La formación en competencias laborales
  - Propuestas pedagógicas innovadoras, incluyentes, flexibles y pertinentes para atender a poblaciones vulnerables
- Metas:
  - Formación
    - ▶ 100% de programas con registro calificado (garantía de condiciones mínimas)
    - ▶ Incremento de puntajes en los ECAES
    - ▶ 100% de profesores con maestría como mínimo
  - Investigación
    - ▶ 30% de profesores con doctorado
    - ▶ 50% de profesores universitarios desempeñándose como investigadores
    - ▶ 20% de los ingresos de las universidades provendrán de actividades de investigación (incluyendo patentes)
    - ▶ Consolidar 20 Centros de Investigación de Excelencia
    - ▶ Alcanzar un 0.1% de la población dedicada a la investigación
  - Extensión
    - ▶ Sistema de servicio social obligatorio en funcionamiento
    - ▶ Sistema de formación continua y recertificación

- Internacionalización
    - ▶ Reconocimiento internacional del sistema de acreditación
    - ▶ Movilidad académica (reconocimiento de títulos, pasantías)
  - Para las ingenierías
 

Programas soportados en un componente consolidado de investigación, y profesionales formados por competencias que respondan a las necesidades del país, son dos desafíos de la visión de largo plazo. Otros retos son:

    - Sistema de recertificación de competencias profesionales para el ejercicio de la profesión
    - Aumento de programas de doctorado y de Centros de Excelencia
6. Eficiencia
- Metas
    - ▶ Sistemas de la educación articulados con información oportuna y de calidad y de acceso a la comunidad
    - ▶ Sistema de referenciación de las IES públicas y privadas en funcionamiento
    - ▶ Sistema de financiamiento sólido que permita el acceso voluntario a la educación superior, con recursos provenientes de:
      - Crédito educativo (ICETEX, sector financiero, cooperativas, etc.)
      - Subsidios de manutención
      - Aportes de la Nación
      - Recursos de los entes territoriales
      - Esquema retributivo aplicado a los beneficiarios de la universidad pública



## Segunda Conferencia

### LA FORMACIÓN CIENTÍFICA DEL INGENIERO PARA EL AÑO 2020

*Ricardo A. Smith O.*

*Director, Área Metropolitana del Valle de Aburrá  
Profesor Titular, Universidad Nacional de Colombia*

#### 1. Introducción

La formación científica del ingeniero para el año 2020 o para la primera mitad del siglo XXI, es un tema que de una manera u otra ha generado recientemente una gran discusión en la sociedad académica. Si uno hace una búsqueda juiciosa, utilizando algún buscador de Internet, con palabras como "formación de ingenieros", "siglo XXI", "futuro", entre otras, se encontrará una inmensa cantidad de material, que tardaríamos meses sólo en leer y organizar. Igualmente, si entramos en las páginas web de las universidades más importantes del mundo podemos descubrir que éste es un tema de gran preocupación en esas instituciones. La formación científica del ingeniero para el inicio del siglo XXI es pues una inquietud válida, compleja y difícil de plantear, la cual probablemente no tiene una única respuesta.

Todos los temas alrededor de la formación de los ingenieros han generado grandes debates en los que es prácticamente imposible conseguir consensos. Hay diferentes experiencias exitosas, hay diversas propuestas de caminos muy diferentes y hay una gran inercia y resistencia al cambio. La discusión y el debate sobre el tema de la formación de los ingenieros es muy amplia y difícilmente se logran acuerdos. La sola discusión sobre si la formación del futuro ingeniero debe lograrse en cuatro, cinco o seis años, es algo sobre lo cual nunca habrá consenso. Igualmente, la discusión sobre las consideraciones de las particularidades locales y regionales en la formación de los ingenieros, en contraposición a la globalización y estandarización internacional en esa formación, es la historia de nunca acabar en la comunidad académica y sobre lo cual tampoco se logrará consenso. Algunos profesores de ingeniería de las universidades cuyos estudiantes sistemáticamente han tenido un buen desempeño en las pruebas ECAES, plantean la cuestión que para qué van a cambiar si ya están bien, como lo demuestran estas pruebas.

En general, hay un acuerdo de que es necesario introducir cambios en la formación de los ingenieros, que nuestra sociedad del conocimiento, a la cual

debemos responder oportunamente de manera imaginativa, es muy dinámica, pero difícilmente se van a lograr consensos sobre los cambios que se deben introducir. Los cambios están ocurriendo cada vez más rápidamente y de manera más intensa. Estos cambios ya se están produciendo en muchas universidades del mundo y en Colombia estamos reaccionando muy lentamente o no reaccionando del todo. Mientras en el sistema de educación del estado de Nueva York, Estados Unidos, se discute sobre la posibilidad de introducir en la enseñanza primaria elementos de pensamiento sistémico, en Colombia llevamos años discutiendo sobre la necesidad o no de enseñar investigación de operaciones en ingeniería. Mientras algunos sistemas escolares de Estados Unidos ya enseñan elementos de Sistemas de Información Geográficos, a nivel de educación elemental y primaria, como una herramienta de representación y análisis del territorio, acá muchas universidades recién inician la enseñanza de esta herramienta.

Lo cierto es que la formación en ingeniería ha cambiado en Colombia, no con la rapidez que muchos hubiéramos querido, pero se han presentado cambios profundos y radicales. La formación en ingeniería que reciben nuestros ingenieros es hoy muy distinta a la que se tenía 20 años atrás. Algunos de estos cambios son:

- Todo lo relacionado con el uso de la informática
- La introducción de la virtualidad en muchos procesos de enseñanza
- El acceso a la información vía internet
- La inclusión en programas de ingeniería de todo tipo de cursos sobre temas ambientales, economía y finanzas, planificación y otros
- La consolidación y aparición de estudios de formación avanzada (especializaciones, maestrías y doctorados)
- La capacitación del personal docente a los más altos niveles (maestrías y doctorados)
- El reconocimiento de la importancia del desarrollo de la investigación y la extensión en las universidades
- La acreditación de los programas universitarios, en el sentido del reconocimiento de la calidad de los mismos
- Elementos para evaluar la calidad de los programas como las pruebas ECAES
- La importancia de los aspectos ambientales
- Nuevas metodologías pedagógicas

Sin embargo, el mundo académico es en general un mundo muy inercial en el que impera la resistencia al cambio y la defensa de los currículos tradicionales estáticos. La aprobación de un nuevo programa de ingeniería ambiental en la Universidad Nacional de Colombia, con una concepción innovadora, lleva más de seis años en discusiones y probablemente nunca será aprobado, a menos que su concepción sea mucho más tradicional. En contraposición con esta situación, están los programas de ingeniería tipo "limbo", aparentemente novedosos pero que no responden a los estándares locales e internacionales, que nos hacen pensar que es bueno ser innovadores, pero con responsabilidad. Programas de ingeniería como ingeniería física, ingeniería matemática e ingeniería biomédica, por mencionar algunos, no forman finalmente ni ingenieros ni científicos, y sus egresados tienen pocas oportunidades de trabajo en nuestro medio.

Otro aspecto final, dentro de esta fase introductoria, se refiere al aspecto de las diferencias. Cuando existen dos firmas o dos instituciones igualmente competitivas no hay realmente ninguna ventaja en escoger una en lugar de la otra. Si una de estas firmas o instituciones ofrece algunas diferencias importantes, entonces hay un elemento para escoger una por encima de la otra. Esta situación se puede extrapolar al campo académico. Si la formación en ingeniería en Colombia es del mismo contenido que en otros países con similares consideraciones de calidad, nuestros egresados no tendrán ninguna ventaja sobre los egresados de esos otros países. Si la formación en todas nuestras universidades es la misma, los egresados de una universidad particular no tendrán ventajas sobre los egresados de las otras universidades. Sin embargo, si alguna universidad ofrece programas de formación en ingeniería estableciendo diferencias dentro de los mismos estándares de calidad, los egresados de esta universidad tendrán una clara ventaja competitiva sobre los de las otras universidades. En iguales niveles de formación son las diferencias las que dan las ventajas.

Se presenta a continuación una discusión sobre lo que debe ser la formación del ingeniero en esta entrada al siglo XXI. Este trabajo se ha organizado presentando primero, de manera breve, algunos aspectos relevantes sobre el entorno en que nos encontramos, seguido de la presentación de algunos asuntos relevantes sobre los cuales se ha llamado la atención en la formación de los ingenieros, para finalizar con algunas conclusiones y recomendaciones.

## 2. Análisis del entorno

Una primera aproximación, punto de partida en la formación de los ingenieros, es tratar de entender el entorno en el que nos encontramos. Este asunto también ha sido tema de debate, al igual que casi todos los temas relacionados con la formación de ingenieros.

La sociedad enfrenta una nueva revolución, tal vez de mayores proporciones que la revolución industrial, producida en gran parte por el acelerado desarrollo de nuevas tecnologías de computación y redes, que han puesto datos e información al alcance de las organizaciones, los individuos, las disciplinas y las profesiones.

Esta dinámica tecnológica conlleva un profundo cambio en la educación y la práctica de la ingeniería. Los siguientes son algunos de estos aspectos:

- Globalización de servicios, negocios y mercados.
- Información y conocimiento como medio de productividad y ventaja competitiva.
- Papel preponderante de las tecnologías informática, telecomunicaciones y electrónica, las cuales están convergiendo para generar un conjunto de servicios de valor agregado, en todas las áreas del conocimiento y, particularmente, en ingeniería, como por ejemplo el diseño y la integración de software y bases de datos.

La globalización de la economía y el nuevo paradigma tecnológico obligan a redimensionar el ejercicio laboral, teniendo en cuenta que la internacionalización del empleo exige líderes con el compromiso de desatar la creatividad de grupos de personas, para generar un entorno que asegure la innovación y difusión continua del conocimiento.

Entre las habilidades de dirección se resaltan: *flexibilidad*, esto es, tener una extraordinaria adaptabilidad al cambio; *comunicación*, capacidad de expresarse en su idioma y en otras lenguas en forma verbal y escrita, generando confianza en torno a sí y alrededor de la organización; *ética y responsabilidad social*, este código debe ser ejemplo en una sociedad como la nuestra, cruzada por conflictos y en la que los intereses particulares se privilegian sobre la convivencia colectiva; *trabajo en equipo*, la nueva organización se base en equipos

multidisciplinarios, interconectados y flexibles que respondan por la visión de los procesos.

En cuanto a Colombia, nos movemos en un entorno de altos niveles de pobreza (cerca del 25% de la población vive con necesidades básicas insatisfechas, el 9% en la miseria; alrededor del 50% de los hogares se encuentra por debajo de la línea de pobreza), altos niveles de desempleo profesional, incluyendo algunas de las ingenierías, un sistema de educación superior en expansión (622 programas de ingeniería en el país, en el año 2000, con 104 títulos), procesos de reconversión industrial lentos y de débil recomposición hacia sectores de mayor valor agregado y de mayor intensidad tecnológica, una escasa inversión en el sistema nacional de ciencia y tecnología, concentración del estado de actividades de regulación, control y promoción en los diferentes sectores de la economía, poca capacidad en el sector privado nacional para financiar, desarrollar y ejecutar las grandes obras de infraestructura y desarrollo que el país necesita, y participación del sector privado internacional en la financiación de proyectos de infraestructura, particularmente en los sectores de transporte, aeropuertos, puertos, energía y minas.

### **3. Asuntos importantes en la educación en ingeniería**

A manera de reflexión, se presenta a continuación una serie de asuntos relacionados con la educación en ingeniería, propuestos por diferentes personas (incluyendo el autor) e instituciones, y que se consideran importantes. Esta propuesta es el resultado de revisar material bibliográfico relacionado con la educación en ingeniería. Como son propuestas de diferentes orígenes, no necesariamente representan consensos o apuntan en la misma dirección. Se presentan las ideas de manera concisa y no hay mucha elaboración sobre ellas. La intención es proporcionar un elemento de discusión inicial sobre los elementos o asuntos importantes relacionados con la educación en ingeniería.

- Siete características que imponen grandes retos a los futuros ingenieros:
  1. Información: Proliferación. En 1989, se requirieron 10000 volúmenes sólo para listar los títulos de todos los libros que habían sido publicados.
  2. Desarrollo tecnológico: Multidisciplinario. Actualmente la clave está en atacar problemas que no tienen una clara frontera disciplinar, desde un trabajo multidisciplinario.

3. Mercados: Globalizados. En el futuro, las industrias que no puedan competir en un mercado internacional, difícilmente sobrevivirán en un mercado doméstico.
  4. El medio ambiente: Puesto en peligro. El antiguo paradigma industrial de producir cada vez más para ahorrar más, ya no puede ser el único. Deben respetarse los acuerdos y convenios internacionales sobre calidad de vida. La rentabilidad industrial debe estar soportada en el desarrollo sostenible.
  5. Responsabilidad Social: Emergente. Corresponde a los científicos e ingenieros participar en los procesos de decisión y orientar a los políticos, sobre todo en materia de salud, higiene y seguridad industrial, vivienda, infraestructura de transporte, etc.
  6. Estructuras Corporativas: Participativas. Las compañías, en diferentes sociedades, se están moviendo hacia estructuras que favorecen una mayor participación de los individuos en los procesos de decisión (círculos de calidad, pequeños grupos de planeación, sesiones de resolución de problemas, etc.) y, en consecuencia, asumir las responsabilidades que se derivan de esas decisiones.
  7. Cambio: Rápido. Los planes de estudio (currículos) que traten de mantenerse actualizados al ritmo de la práctica industrial, proveyendo cursos en la "nueva tecnología", serán ineficaces (una vez el estudiante haya sido entrenado en la nueva tecnología, ésta habrá cambiado). En este sentido, una educación de éxito estará basada en la siguiente premisa: "La educación exitosa será aquella que facilite el aprendizaje para toda la vida, equipando los estudiantes con las destrezas y habilidades intelectuales que necesitarán para afrontar el cambio"
- En razón de los cambios bruscos y significativos que se están dando, en un mercado cada vez más dominado por la economía, en lugar de un mercado propio de los sistemas planificados, en donde el empleo permanente es cada vez más escaso, en donde los modelos de trabajo están cambiando, a pesar de reconocerse internacionalmente el aprendizaje permanente y la existencia de organizaciones nacientes del aprendizaje, en donde constantemente las compañías reducen sus nóminas de pagos y se vuelven cada vez más pequeñas y sus estructuras más frágiles, dando como resultado el desempleo creciente y una mayor flexibilidad en el mercado laboral..., los empleadores tienen menos probabilidades de emplear personal a largo término y, en consecuencia, está cambiando la responsabilidad del desarrollo profesional del ingeniero mismo.

- El rápido crecimiento de la información y el desarrollo tecnológico en materia de comunicaciones, que conducen, de una parte, a la necesidad de incrementar la especialización en muchas actividades, y de otra, a aumentar las habilidades técnicas y otras competencias de los ingenieros (idiomas, gestión, finanzas, aspectos legales y ambientales, etc.), obligan a conciliar estas demandas, aparentemente conflictivas y profundas, acercándonos a los retos del “aprendizaje permanente”, pero más con el espíritu de la supervivencia competitiva efectiva que con el interés de participar en “la repartición de la torta”.
- Actualmente el cambio es la única constante. “Hay dos clases de compañías: las que cambian y las que desaparecen”. “Las empresas exitosas serán las que puedan cambiar su marketing al mismo ritmo en que cambian sus mercados” (Philip Kotler). “Si en la década de los ochenta el tema era la calidad y en los noventa la reingeniería, la primera década del 2000 será la de la velocidad” (Bill Gates).
- Todo está por hacer. Todo cambiará. Hay posibilidades infinitas para desarrollos intelectuales justamente enfrente de nosotros (Geltner, 2000).
- Hoy en día, una combinación de poderosas fuerzas sociales, económicas y tecnológicas está impulsando cambios en las necesidades de la sociedad y en las instituciones creadas para responder a esas necesidades. Hay que reconsiderar de nuevo el contrato social entre las universidades y la nación. Las políticas gubernamentales probablemente darán una nueva forma a ese contrato (Duderstadt, 1999). La sociedad esta experimentando una profunda y rápida transición, de una sociedad industrial a una sociedad basada en conocimiento. Este nuevo contrato social tendría por objetivo proveer el conocimiento y los ciudadanos educados necesarios para la prosperidad, seguridad, y el bienestar social en esta nueva época. Las fuerzas que están impulsando el cambio en la sociedad son:
  - La era del conocimiento. El recurso estratégico necesario para la prosperidad es el conocimiento en sí mismo, es decir, personas educadas y sus ideas.
  - Los cambios demográficos. Las universidades deben tratar de lograr nuevos niveles de entendimiento, tolerancia y logros, tanto en la propia universidad como en la vida profesional, para personas de diferentes procedencias culturales y raciales

- La globalización. Las universidades deben permitir a los estudiantes apreciar la importante contribución cultural que resulta de trabajar en situaciones multiculturales, en cualquier parte del mundo.
  - El mundo pos guerra fría
  - Las fuerzas del mercado. Las universidades tendrán que aprender a enfrentar las presiones competitivas de las tendencias de reestructuración jaladas por los mercados, mientras preservan los más importantes de sus valores tradicionales.
- Hay un grupo de temas que, de alguna manera, seguramente serán factores importantes en la educación superior (Duderstadt, 1999):
    - Centrada en el aprendizaje de los estudiantes. Como cualquier institución social, las universidades tendrán que focalizarse más en aquellos a quienes sirven. Deben transformarse de estar centradas en el cuerpo de profesores a centrarse en el aprendizaje de los estudiantes, enfocándose más en lo que los estudiantes necesitan aprender, que en lo que los profesores desean enseñar.
    - Accesible. Las universidades deben ser más accesibles, dándoles oportunidades de educación, dentro de las posibilidades, a todos los ciudadanos.
    - Aprendizaje para toda la vida. La necesidad de educación avanzada y de adquirir habilidades, requiere del deseo de las personas de continuar aprendiendo durante toda la vida y del compromiso de las instituciones de dar esas oportunidades.
    - Interactiva y colaborativa, respecto a nuevas formas pedagógicas.
    - Diversidad
    - Inteligente y adaptativa. El conocimiento y la tecnología de inteligencia distribuida presionarán de manera creciente la construcción de ambientes de aprendizaje, de acuerdo con las necesidades del que aprende.
- Aunque las disciplinas académicas tradicionales y los campos profesionales continuarán teniendo papeles importantes en la educación y servicios, nuevos campos interdisciplinarios, tales como la complejidad y los cambios globales, pudieran ser desarrollados para proveer el conocimiento necesario y los servicios asociados de solución de problemas. Las universidades, como las tenemos hoy en día, cambiarán de manera profunda para poder servir a un mundo cambiante. La verdadera pregunta no es si la educación superior será transformada, sino más bien cómo y por quien será transformada. Si la

Universidad es capaz de transformarse a sí misma para responder a las necesidades de una cultura de aprendizaje, entonces lo que actualmente se percibe como el reto del cambio se puede volver la oportunidad para renacer en los años venideros (Duderstadt, 1999).

- Los ingenieros están enfrentando cambios sin precedentes. El mundo en que vivimos hoy es muy diferente del de hace cincuenta años. La tecnología de la información se ha vuelto algo necesario en nuestra sociedad. Nuevas tecnologías están emergiendo, y los paradigmas de aprendizaje y psicología cognoscitiva están mostrando formas para una educación más efectiva. Los estudiantes están buscando experiencias educativas que los preparen para una gran variedad de trabajos y, sin embargo, el currículo y los paradigmas educacionales en ingeniería han permanecido prácticamente sin cambio durante los últimos cincuenta años. Técnicos están trabajando en posiciones antes reservadas para los ingenieros, y otras profesiones están ocupando cargos ejecutivos que antes eran ejercidos por los ingenieros.
- Algunos ingenieros usan su educación como una base para seguir diversas trayectorias de ejercicio profesional en campos tales como los financieros, administración, negocios, medicina, leyes, política pública y otras áreas que requieren de la habilidad de pensar y actuar basándose en razonamientos críticos cuantitativos. Algunos ingenieros están empezando a desempeñar nuevos papeles que son muy diferentes a los del pasado. Un paso importante podría ser llevar a los ingenieros más cerca del usuario final de los productos que ellos crean, y proyectarlos en un nuevo papel social, en lugar de dejarlos continuar desempeñando el papel de suministrar simplemente tecnología apropiada.
- Las tecnologías emergentes, tales como la tecnología de la información, diseño de sistemas, sostenibilidad, el ambiente, y la biotecnología dominarán la atención de los futuros ingenieros. Sin embargo se debe considerar que hay otras tecnologías que pueden jugar un papel importante en el mundo del mañana, como los asuntos asociados al movimiento de bienes en una economía globalizada. La lista de las tecnologías emergentes ciertamente merece discusión y desarrollo. Sin embargo los profesionales de mañana deben tener la capacidad de planificar, diseñar, construir y operar sistemas de ingeniería en el contexto de la temática dominante. Es imperativo que los ingenieros tengan un entendimiento y dominio del conocimiento del

ámbito específico, y la habilidad de operar a nivel de sistemas, ya que ellos serán los gerentes finales de la tecnología. Sus capacidades deben incluir la habilidad de interpretar datos, enfrentar problemas mal definidos y entender el contexto social en su trabajo. Ellos deben diseñar con un entendimiento del desarrollo y la sostenibilidad. Su responsabilidad profesional es la asociada a su campo de conocimiento específico. La tecnología de la información será un tema que estará en todo el futuro de la sociedad, pero el ingeniero está obligado a dominar la tecnología. Habilidades de comunicarse, oral y por escrito, continuarán siendo requisitos para los ingenieros, que necesitarán comunicarse efectivamente con diseñadores, abastecedores, economistas, manejadores de capitales de riesgo, y también articular sistemas de ingeniería con los sectores público y privado, quienes son los clientes de los diseños.

- Los campos emergentes novedosos de biotecnología, materiales y nanotecnología, comercio electrónico, comunicaciones y tecnología informática tendrán un gran impacto sobre la ingeniería. Considérense, por ejemplo, algunas de las innovaciones en la construcción de edificios que el veterano arquitecto Randall Vosbeck predice para el siglo XXI: microorganismos genéticamente desarrollados serán usados en la producción de materiales de alta resistencia para la construcción; sistemas biotecnológicos eliminarán la necesidad de tuberías de aguas negras; el láser, la fibra óptica y elementos fotónicos reemplazarán los alambres metálicos; y los computadores estarán embebidos en el ambiente de los edificios; paredes de membranas hechas de nuevos materiales almacenarán y transmitirán calor y luz. Las fuerzas impulsoras en estos desarrollos vienen de fuera de la ingeniería. Necesitamos entender y usar los desarrollos tecnológicos de otros campos para desarrollar ventajas en ingeniería, y para esto se necesita un nuevo currículo para nuestros estudiantes, con una mente más empresarial para nuestros ingenieros y hombres de negocios.
- Muchos ingenieros son claramente exitosos en el mundo de los negocios como gerentes. Esta es una evolución muy común de muchos profesionales técnicos y científicos. La educación en ingeniería debe ayudar a hacer esa transición de ingenieros especialistas a gerentes generalistas. Sin embargo, la mayoría de nosotros nos hicimos ingenieros porque nos gustaba ser planificadores, constructores y operadores de facilidades de ingeniería o de aparatos. Hicimos una elección de la cual la mayoría de nosotros se

siente orgulloso y satisfecho. Yo creo que debemos fortalecer este orgullo en la ingeniería y, ciertamente, mejorar el valor de la educación en ingeniería. Lo último que quisiéramos hacer es disminuir o devaluar esta característica única.

- El Consejo Nacional de Ciencia y la NSF de EE.UU. han recomendado al Gobierno central apoyar estrategias de cooperación que aseguren el acceso de los Estados Unidos al talento, las ideas, la información, la infraestructura de la ciencia y la ingeniería, y las asociaciones de todo el mundo. En este sentido, se han identificado tres objetivos de políticas a seguir, relacionadas con la ciencia y la ingeniería en el contexto internacional. Poner los tres objetivos en práctica es vital para mantener el liderazgo internacional de los Estados Unidos en estas áreas:
  1. Mejorar el empleo de la información sobre la ciencia y la ingeniería en la política exterior y en la solución de los problemas globales.
  2. Fortalecer la coordinación y la administración de las actividades internacionales de los Estados Unidos en los campos de la ciencia y la ingeniería.
  3. Estimular y facilitar la colaboración internacional en investigación y educación de ciencia e ingeniería, en particular con científicos e ingenieros jóvenes y con países en desarrollo.
- Existe una tendencia hacia la internacionalización de los currículos de ingeniería y el mejoramiento de la calidad. En Europa se han dado grandes pasos en esta dirección y la interacción Europa - Estados Unidos ya está empezando.
- Hoy en día, la ventaja competitiva viene del conocimiento y del acceso al conocimiento. Una firma o un país exitoso provee un ambiente saludable para que sus empleados evolucionen. Los empleados de una firma exitosa deben ser flexibles, abiertos y rápidos en aprender nuevas tecnologías y procesos que cambian constantemente. La industria y la academia deben trabajar en conjunto para asegurar que la educación sea relevante y que la industria permanezca competitiva y en la punta del desarrollo. Necesitamos un nuevo modelo de colaboración que cree sociedades en el desarrollo de capital humano para el beneficio de todos. Así como nos hemos movido lejos del concepto de diseños separados de la construcción, operación y propiedad, también debemos movernos lejos de la idea de educar ingenieros

que luego son tirados, "por encima de la cerca", a la practica. Esta sociedad requerirá una inversión de tiempo y dinero de todos los involucrados y, al final, dará rendimientos con creces.

- Los complejos y sistémicos problemas biológicos, económicos y ecológicos del siglo XXI requerirán más información, más participación de las comunidades científicas de todas las naciones y más cooperación entre estas comunidades y los responsables de las decisiones políticas. Encontrar soluciones por medio de disciplinas individuales, sin considerar los aspectos multidisciplinarios por medio de la integración de los puntos de vista de la ingeniería, ciencias (naturales y sociales), medicina, derecho y humanidades está llevando el planeta a un desarrollo insostenible. Los sistemas complejos requieren de disciplinas amplias, en lugar de individuales, para encontrar soluciones útiles, prácticas y aceptables. En este sentido, es de primera importancia favorecer el trabajo en grupos; y que los complejos problemas que tienen que enfrentarse, se hagan por medio del trabajo multidisciplinario de un grupo de personas calificadas.
- Debemos educar a los ingenieros (arquitectos, planificadores) y a los científicos (sociales, naturales) de modo que realmente se puedan comunicar entre si, y beneficiarse del conocimiento de los otros. Debemos darles las bases humanísticas y las posibilidades de pensamiento que les permitan igualmente comunicarse con la sociedad como un todo y beneficiarse de la interacción con ella. Debemos estar seguros de que esta interacción y el uso mutuo del conocimiento continúe durante su carrera profesional. Debemos hacer posible que el conocimiento técnico y científico sea continuamente actualizado e incorporado. Más importante aún, debemos expandir nuestra contribución a la educación, a la sociedad entera, influenciando directamente la educación primaria y secundaria.
- El reto en ingeniería es la ética. La ética es un asunto de gran importancia en ingeniería, reflejando la responsabilidad de la profesión con el público y lo público. La ingeniería esta cambiando de tal manera que genera nuevos asuntos éticos. Estos asuntos son "macro-éticos" y son diferentes de los que tradicionalmente se han tenido como asuntos éticos en la profesión. Uno de los mayores cambios que se ha presentado en ingeniería es la complejidad. Existen sistemas complejos los cuales tienen comportamientos potenciales que son imposibles de predecir anticipadamente, no en el

sentido de que, dado el suficiente tiempo no se pudiera concluir cuáles son todas las implicaciones del sistema, sino más bien ¡es que no hay suficiente tiempo! Estamos construyendo sistemas cuyos comportamientos no pueden ser todos predichos. Sabemos que habrá comportamientos impredecibles, de los cuales nosotros ni siquiera sabemos cuáles serán, y éste es un asunto ético de la mayor importancia (Wulf, 2000).

- Tres metas se han establecido en el MIT para reforzar el primer año de estudios (Breslow, 2000):
  1. Aumentar el nivel de desarrollo intelectual
  2. Aumentar las oportunidades de aprender haciendo
  3. Aumentar las relaciones tutoriales de profesores y estudiantes.
- En el MIT se identificaron siete temas que representan las características o componentes del proceso educacional que constituye la base para el cambio (Breslow, 2000):
  1. Aprendizaje interactivo en las clases requiriendo al estudiante que se involucre activamente con los asuntos de la clase y con los otros.
  2. Aprender fuera de clase
  3. Integración a lo largo del curriculum, explorando el concepto de modularidad.
  4. Nuevas tecnologías de educación
  5. Aprendizaje distribuido
  6. Nuevos tipos de comunidades de aprendizaje
  7. Nuevos métodos de evaluar los métodos de educación y la evaluación de los estudiantes
- Análisis empírico de la actividad innovativa de las universidades en los Estados Unidos (Miyata, 2000).
- Las universidades con una larga y activa relación con la industria tienden a generar más innovaciones.
- Incluso las universidades con mayor calidad de investigación, son incapaces de financiar sus presupuestos de R&D con fondos provistos por su actividad innovadora. El soporte del Gobierno y la industria es vital para su permanencia. Así mismo, su capacidad innovativa no es influenciada por los aportes de la industria.

- Desarrollar una adecuada capacidad de innovación es un proceso que toma mucho tiempo. Stanford Research Park and North Caroline Research Triangle Park tomaron más de 20 años para ser exitosos.
- La educación de alto nivel ha sido efectivamente desarrollada a través de una combinación entre educación e investigación. Las buenas universidades son generalmente fuertes en generar personal para la investigación, investigación académica e invenciones.
- Los doctorados son indispensables para entrar en la sociedad del conocimiento, para que tengamos universidades de verdad. La posibilidad de formación avanzada en las universidades es función absoluta del grado de madurez de los grupos de investigación que lo sustentarán. Hoy coexisten en Colombia dos universidades: una anquilosada, burocrática y clientelista, y otra capaz de investigar y hacer desarrollo tecnológico. No podemos seguir confundiéndolas y dejando que la una hable por la otra (Villaveces, 2000).
- El debate de ciencia *versus* síntesis, está relacionado con el contraste entre las aproximaciones de reduccionismo o de sistemas. La ciencia y la ingeniería enfatizan el conocimiento básico y los procesos. El ingeniero, sin embargo, debe enfrentarse con sistemas cada vez más complejos que sólo pueden ser entendidos con una mirada integradora de las partes. La capacidad de entender sistemas complejos se desarrolla con la madurez y un buen apoyo en los fundamentos. Sin embargo, parece apropiado empezar temprano a crear una apreciación de las complejidades del mundo real y enseñar a nuestros estudiantes que la mayoría de los problemas en ingeniería civil y ambiental necesariamente involucran el estudio de sistemas complejos. Nuestro reto está en determinar el balance apropiado entre los fundamentos y las aproximaciones integradoras, habilidades y experiencias.
- Las cinco nuevas iniciativas del Consejo Nacional de Ciencia y de la NSF de USA son las siguientes:
  1. La de tecnología de la información.
  2. La de la ciencia a nanoescalas.
  3. La de biocomplejidad del medio ambiente.
  4. La de las ciencias matemáticas.
  5. La de la planta laboral para el siglo XXI.

- La información que los ingenieros, de manera colectiva, están llamados a conocer, aumenta a una velocidad mucho mayor que su capacidad de respuesta y de las habilidades que pueda proporcionar cualquier currículo de formación en ingeniería. Una mejor alternativa es movernos hacia la enseñanza de un núcleo de fundamentos en ciencia e ingeniería, ayudando a los estudiantes a integrar ese conocimiento mediante cursos y disciplinas, equipándolos con destrezas y habilidades de aprendizaje para toda la vida. En otras palabras, el énfasis en la educación en ingeniería debe moverse más allá de la simple presentación del conocimiento, y dirigirse hacia la integración del mismo, y el desarrollo de las habilidades críticas necesarias para hacer un uso más apropiado de él.
- En EE.UU., y por recomendación de la Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), a partir del 2001, se implementaron los *criterios en ingeniería 2000*, como un referente o estándar para la acreditación, con los cuales todos los programas de ingeniería tendrán que demostrar que, además de garantizar un gran dominio de ciencia, matemáticas y fundamentos de ingeniería a sus estudiantes, estos también poseerán competencias comunicativas, de trabajo en equipo multidisciplinario, y habilidades de aprendizaje para toda la vida, al igual que conciencia (con conocimiento de causa) de consideraciones y aspectos sociales y éticos asociadas con su profesión.
- Las destrezas o habilidades mentales que deben poseer los estudiantes para enfrentar el futuro, se pueden caracterizar en siete (7) categorías (la ABET, establece once (11), pero en esencia señalan y enfatizan las mismas características). Las siete (7) categorías son:
  1. Destrezas de aprendizaje independiente e interdependiente para toda la vida. (Se trataría de sacar al estudiante de un aprendizaje dependiente y de una visión dualista del mundo: bueno-malo, blanco-negro, correcto-incorrecto, etc.)
  2. Habilidades de pensamiento crítico y creativo para la solución de problemas.
  3. Habilidades o competencias para el trabajo interpersonal y el trabajo en equipo.
  4. Competencias comunicativas.
  5. Habilidades para expresar juicios y capacidad de auto-juicio (evaluación y auto-evaluación).

6. Integración del conocimiento disciplinar.
  7. Capacidad para manejar el cambio: lo único seguro acerca de la ingeniería, en las próximas décadas, es que cambiará, puesto que todo tiende a cambiar.
- Los nuevos criterios de acreditación de la EAC (Engineering Accreditation Commission) hacen énfasis, principalmente, en una educación encaminada a los resultados más que al proceso, y tendiente a mejorar la formación de los egresados, el compromiso del docente y la integración con la industria. Esto implica un programa de evaluación del desempeño, no sólo de los estudiantes, sino también de los egresados, que garantice la efectividad del aprendizaje y el éxito profesional. La competencia del profesorado se evaluaría mediante factores como: experiencia en ingeniería, experiencia en enseñanza, habilidades para la comunicación, interés y entusiasmo, escolaridad, participación en sociedades profesionales. La institución deberá contar con los recursos suficientes para atraer, retener y permitir el desarrollo de profesores calificados.
  - Los criterios de la EAC buscan formar profesionales con características como:
    1. Habilidades para trabajo y aprendizaje en grupo.
    2. Habilidades para comunicar, convencer, vender.
    3. Liderazgo.
    4. Visión sistémica.
    5. Visión multidisciplinaria, multicultural e integradora.
    6. Compromiso con la calidad y el mejoramiento continuo.
    7. Investigador y con experiencia en labores de ingeniería.
    8. Con sensibilidad social, económica y ambiental.
    9. Ético.
  - Dertouzos et. al. (1989) apuestan por nuevos cuadros de estudiantes y profesores, caracterizados por:
    1. Interés por, y conocimiento de, problemas reales y su contexto económico, social y político.
    2. Habilidad para funcionar efectivamente como miembro de un grupo de trabajo, creando nuevos productos, procesos y sistemas.
    3. Habilidad para operar efectivamente fuera de los confines de una sola disciplina

4. Integración de un entendimiento profundo en ciencia y tecnología con conocimientos prácticos, con orientación de "hands-on" y habilidades experimentales.
- La Boyer Commission on Educating Undergraduates in the Research University (Boyer, 1998) ha dado muchas luces para la educación de pregrado en general. La Comisión recomendó los siguientes diez puntos para cambiar la educación de pregrado:
    1. Hacer del aprendizaje por investigación el estándar
    2. Construir un primer año basado en cuestionamientos
    3. Construir las bases del primer año
    4. Remover las barreras de la educación interdisciplinaria
    5. Conectar las habilidades de comunicación con el trabajo de curso
    6. Usar la información tecnológica creativamente
    7. Terminar con una experiencia importante integradora
    8. Educar a los estudiantes graduados como aprendices de profesores
    9. Cambiar el esquema de remuneración de los profesores
    10. Cultivar el sentido de comunidad
  - Además, la Boyer Commission propuso los derechos académicos de los estudiantes:
    1. Oportunidades de aprender por cuestionamientos, en lugar de transmisión de conocimiento
    2. Entrenamiento en las habilidades necesarias para la comunicación escrita y oral
    3. Apreciación del arte, humanidades, ciencias y ciencias sociales
    4. Preparación para la escuela de graduados o para el primer trabajo profesional

Estos derechos anteriores están además acompañados por los siguientes derechos de los estudiantes de universidades en investigación:

1. Oportunidades de trabajar con investigadores
2. Acceso a laboratorios, bibliotecas, sistemas de computación, donde estudiar, y otros
3. Opciones entre campos del conocimiento y movilidad entre esos campos
4. Interacciones con bases, culturas y experiencias diferentes de las del estudiante

- Adicionalmente, los métodos pedagógicos están siendo examinados y adaptados para la educación en ingeniería. La evidencia muestra claramente que el aprendizaje de los estudiantes se fortalece grandemente por medio de la colaboración y el trabajo en grupo. La dinámica de la interacción compartida estudiante-profesor, en un ambiente de investigación, es un estímulo muy grande para el aprendizaje de los estudiantes. La psicología cognoscitiva, la tecnología y sociedad, junto con la profesión, son componentes vitales en la reestructuración de la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. El paradigma de la educación debe focalizarse en integración, diseño, manufactura, mejoramiento continuo, trabajo en equipo y comunicación, mientras mantiene la fortaleza analítica.
- El contenido intelectual de los procesos de aprendizaje debe ser examinado y definido. Necesitamos reconocer a la ingeniería como un proceso integrador en el que análisis y síntesis son apoyados por la sensibilidad a las necesidades sociales y a la fragilidad ambiental. El análisis debe entenderse como el pensamiento crítico que está detrás de la definición de los problemas y se deriva de un entendimiento profundo de las ciencias matemáticas, físicas, y naturales, como también de las humanidades y sociales. Debemos estimular innovación y síntesis, creando e implementando sistemas y productos útiles, incluyendo su diseño y construcción o manufactura. Los ingenieros deben tener el entendimiento del contexto en donde ellos aprecian y entienden los ambientes económicos, industriales e internacionales, en donde la ingeniería se practica y combina con la habilidad de proveer liderazgo social efectivo.
- Debe haber oportunidades de aprender por medio de cuestionamientos, en lugar de la simple transmisión de información. Esto es, propiciar el aprendizaje activo e involucrar los estudiantes debe volverse el *modus operandi*, y el aprendizaje basado en problemas y cuestionamientos, debe ser una constante en los procesos de aprendizaje en las universidades. Integración y síntesis serán la responsabilidad primaria de los ingenieros de mañana, y ellos deben tener una comprensión integradora del contexto de los sistemas de infraestructura. Habilidades de integración y pensamiento de sistemas adaptativos estarán en el corazón de su entendimiento. En su nuevo papel como gerentes últimos de la tecnología, los ingenieros deben desarrollar fuertes habilidades empresariales y de liderazgo y, como profesionales del futuro, deben tener un sentido de satisfacción sobre su profesión.

- Hay una diferencia esencial entre dar entrenamiento y dar educación. No es claro aún como el ser humano puede ser exitosamente incorporado en la enseñanza basada en esquemas web. El elemento esencial de una universidad es que los profesores y los estudiantes trabajan juntos. El mismo nombre de universidad significa una corporación de profesores y estudiantes trabajando mancomunadamente. La práctica tutorial está en su corazón. Aún esta por probar si el elemento de la interacción humana es posible en una e-universidad. Dentro de ciertos límites, creo que es posible. Todos sabemos lo inmediata que es la comunicación de correo electrónico y qué rápidamente se inicia un intercambio amigable entre dos personas que no se conocen. La difícil tarea para el educador es desarrollar un esquema en el cual la cercanía tutorial puede adaptarse a la educación a distancia.
- Las universidades líderes deben asegurarse de que sus profesores tengan la habilidad, los recursos y el tiempo para educar sus estudiantes, y esto significa el ejercicio de liderazgo y el papel de mentores en la enseñanza de pequeños grupos de estudiantes, como un primer prerrequisito. Aunque esto es muy costoso, hay después unos grandes ahorros compensatorios, a medida que adoptamos métodos más efectivos y baratos de enseñar y evaluar, que usando el viejo esquema de "tiza, hablar y textos".
- Para que la ingeniería sea una profesión vital en este nuevo siglo, debe atraer una parte de lo mejor y más brillante de la juventud. Todo lo demás es menos prioritario que esto, ya que el talento y las ideas que ellos generarán serán las bases de la innovación y el éxito. Para lograr esta meta, nuestra profesión debe estar llena de promesas y de potencial creativo, como también ofrecer la satisfacción de contribuir al bienestar tanto de nuestra propia especie como de todas las criaturas que comparten el planeta con nosotros.
- Nosotros no vivimos aislados. La educación en ingeniería falla muchas veces al no ser capaz de retar la imaginación de nuestros estudiantes. Muchos no tienen la experiencia de la solución de problemas inciertos y vagos, en un mundo en donde no hay una única respuesta, en donde todo es en tonalidades de grises y no en blanco y negro. El debate no debe ser sobre ingeniería *versus* ciencia, o sobre más o menos ciencia en ingeniería, sino sobre una educación retadora en la que los estudiantes son forzados a ampliar sus perspectivas, a integrar conocimientos, a aceptar incertidumbre,

a vivir con compromiso, y también, de vez en cuando, a no encontrar la respuesta correcta. Debemos buscar un balance entre ciencia fundamental y la solución de problemas de la "vida real", de tal manera que ambas sirvan a los futuros ingenieros.

- Edgar Morin elaboró para la UNESCO el documento titulado: "Los siete saberes necesarios para la educación del futuro", como una contribución a la reflexión internacional sobre cómo educar para un futuro sostenible. He aquí los siete saberes propuestos por Morin:
  1. Las cegueras del conocimiento: el error y la ilusión
  2. Los principios de un conocimiento pertinente
  3. Enseñar la condición humana
  4. Enseñar la identidad terrenal
  5. Afrontar las incertidumbres
  6. Enseñar la comprensión
  7. La ética del género humano

#### **4. Conclusiones y propuestas**

A manera de conclusiones se puede afirmar que:

- Todo cambiará. La verdadera pregunta no es si la educación superior será transformada, sino más bien cómo y por quién será transformada. La sociedad está experimentando una profunda y rápida transición de una sociedad industrial a otra sociedad basada en conocimiento. La manera propuesta para enfrentar este contexto es basarse en una gran flexibilidad de los currículos de ingeniería, enseñar a aprender y otros. La educación exitosa será aquella que facilite el aprendizaje para toda la vida, equipando los estudiantes con las destrezas y habilidades intelectuales que necesitarán para afrontar el cambio.
- Hay un acuerdo acerca de que se debe reforzar la formación básica en ciencia e ingeniería. La capacidad de entender sistemas complejos se desarrolla con la madurez y un buen sustento en los fundamentos de la ciencia y la ingeniería. El análisis debe entenderse como el pensamiento crítico que está detrás de la definición de los problemas y se deriva de un entendimiento profundo tanto de las ciencias matemáticas, físicas y naturales, como de las humanas y sociales.

- La educación de alto nivel ha sido efectivamente desarrollada mediante una combinación entre educación e investigación. La dinámica de la interacción compartida estudiante-profesor, en un ambiente de investigación, es un estímulo muy grande para el aprendizaje de los estudiantes.
- La implementación de programas de formación avanzada, incluyendo maestrías y doctorados, es un requisito indispensable para entrar en la sociedad del conocimiento que respalde la verdadera transformación de la formación de ingeniería a nivel de pregrado. La posibilidad de formación avanzada en las universidades está directamente correlacionada con la capacidad de desarrollar investigación innovadora por parte de los grupos de investigación que se encuentran en ella.
- Las fuerzas jalonadoras en estos desarrollos vienen de fuera de la ingeniería. Las tecnologías emergentes, tales como la tecnología de la información, el diseño de sistemas, la sostenibilidad, el ambiente, y la biotecnología, dominarán la atención de los futuros ingenieros. Los aspectos ambientales darán forma a los desarrollos tecnológicos en el futuro e incidirán de manera decidida sobre la educación en ingeniería.
- Los países en vías de desarrollo deben concentrar sus esfuerzos en asuntos estratégicos. No deben abordarlo todo o pretender investigarlo todo. Existen asuntos en los que la brecha tecnológica, con respecto a los países desarrollados, es infranqueable. Se debe “renunciar” a ciertos temas y aceptar que son potestad de países con capacidad tecnológica que nunca será alcanzada por los países en vías de desarrollo.
- Las universidades deben tener unos currículos altamente flexibles, orientados a formar ingenieros con una gran capacidad para aprender. No se debe pretender enseñar “todo” lo que existe (tarea por demás imposible y que llevaría a tener unos programas de ingeniería de 10 o 15 años, sin lograrlo cabalmente). Los estudiantes deben tener una significativa incidencia en la definición de su plan de estudios, de tal manera que puedan ajustarlo a sus propios intereses, sin perder la identidad formativa. Hay una responsabilidad social en formar un ingeniero para el cambio, capaz de adaptarse a múltiples circunstancias y de aprender nuevas enseñanzas con o sin la ayuda de la universidad.

- La concepción de que el aprendizaje en ingeniería es un proceso de diferentes fases es válida. Las personas tienen hoy en día ofertas suficientes que les permiten estudiar una carrera de ingeniería, y luego especializaciones, maestrías y doctorados en temas acordes con sus propios intereses. El acceso a la información es en la actualidad ilimitado. La formación de ingenieros debe entenderse como un proceso por fases en el que el profesional es formado con los suficientes elementos para una práctica profesional exitosa, en el menor tiempo posible, y luego este profesional decidirá, de acuerdo a su experiencia e intereses, la formación adicional que requiere.
- Hay unos temas que se deberían de enseñar a lo largo de los currículos de ingeniería de manera transversal como: comunicación, ética y responsabilidad social, trabajo en equipo, idiomas, gestión, finanzas, aspectos legales, trabajo en grupos multidisciplinarios, uso de herramientas de informática y otros. Es importante realizar los diseños de educación transversal sobre estos temas.
- La institución deberá contar con los recursos suficientes para atraer, retener y permitir el desarrollo de profesores calificados.
- Se deben abrir en las universidades nuevos espacios para aprender por medio de cuestionamientos, para el aprendizaje basado en problemas. Los seminarios de investigación, con la metodología del seminario alemán, la participación de estudiantes en procesos de investigación, el trabajo en clase con base en problemas complejos reales de ingeniería, y las relaciones tutoriales de profesores y estudiantes, son algunas de las ideas que permitirán la implementación de este tipo de esquemas.
- Para que la ingeniería sea una profesión vital en este nuevo siglo, debe atraer una parte de lo mejor y más brillante de los futuros estudiantes. La educación en ingeniería falla muchas veces al no retar la imaginación de nuestros estudiantes. Muchos no tienen la experiencia de la solución de problemas inciertos y vagos, en un mundo en donde no hay una única respuesta, en donde todo es en tonalidades de grises y no en blanco y negro. Sus capacidades deben incluir la habilidad de interpretar datos, enfrentar problemas mal definidos y entender el contexto social en su trabajo.

- Los estudiantes están buscando experiencias educativas que les preparen para una gran variedad de trabajos y, sin embargo, el currículo y los paradigmas educacionales en ingeniería han permanecido prácticamente sin cambio durante los últimos cincuenta años.
- Las universidades líderes deben asegurarse de que sus profesores tienen la habilidad, los recursos y el tiempo para educar sus estudiantes.
- En la era del conocimiento y de la velocidad, la infraestructura virtual puede ser más importante que la infraestructura física, para la competitividad.

Dada la escasa inversión en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, el cual considero fundamental para las transformaciones requeridas en la enseñanza en ingeniería en este comienzo del siglo XXI, quisiera finalizar haciendo una referencia a la preocupación manifestada por el Consejo Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NSF; National Science Foundation) sobre la inversión estatal en ciencia y educación prevista para los próximos años. Los estadounidenses están viviendo de los beneficios económicos y de seguridad de la inversión en ciencia y educación de las últimas tres generaciones, pero ahora están dilapidando ese capital. Los sistemas de investigación y educación científica básica pasan por una grave crisis. En opinión del Consejo Nacional de Ciencias, las insuficiencias de los sistemas de investigación y de educación representan una mayor amenaza para la seguridad de los Estados Unidos en el curso de los próximos veinticinco años que cualquier posible guerra convencional que se pueda imaginar. Si no se invierte fuerte y sabiamente en la reconstrucción de estas dos vitales fortalezas, los Estados Unidos no serán capaces de conservar su posición global por mucho tiempo.

## Tercera Conferencia

### NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING ENGINEER OF 2020 PROJECT

*Jose B. Cruz*

*Member, Committee on the Engineer of 2020*

*Member, National Academy of Engineering*

*Distinguished Professor of Engineering, The Ohio State University, EE.UU.*

## Phase I: Visions of Engineering in the New Century

### Goals:

- To develop possible scenarios of what the world will look like in 2020
- To determine the roles of engineers in that world and to specify the skills necessary to match those roles

### • Phase I: Foundational Questions for 2020

- What will the contextual conditions of engineering practice be in 2020 – technological and societal?
  - ▶ Technology Context and Trajectories
  - ▶ Societal, Global and Professional Contexts of Engineering Practice
- What are your aspirations for engineering and engineers in 2020?
- What will the critical attributes for engineers be in 2020?

### Scenario-based Planning

- The idea behind scenario-based planning is to tell multiple possible stories about the future to frame one's thinking.
- Good scenario planning expands our peripheral vision and forces us to examine our assumptions, and to practice what we would do if "the unthinkable happened" – a condition that happens more often than one might imagine.
- "More importantly the test of a good scenario is not whether it portrays the future accurately, but whether it enables a mechanism for learning and adapting."

### **Scenarios**

- The Next Scientific Revolution
- The Biotechnology Revolution in a Societal Context
- The Natural World Interrupts the Technology Cycle
- Global Conflict or Globalization?

### **Technological Context of Engineering Practice**

- Innovations
- Breakthrough Technologies
- Biotechnology
- Nanotechnology
- Material Science and Photonics
- Information and Communication Technology
- The Information Explosion
- Logistics

### **Bioengineering, Biotechnology & Biomedical Technology**

- Advances in biotech have already significantly improved the quality of our lives
- More dramatic breakthroughs ahead
- Tissue engineering
- Regenerative medicine
- Drug delivery engineering
- Bio-inspired computing
- Protection from biological terrorism

### **Nanotechnology**

- Draws on Multiple Fields
- Genetic and molecular engineering
- Composites and engineered materials
- Quantum scale optical and electrical structures
- Potential Applications
- Environmental cleaning agents
- Chemical detection agents
- Creation of biological (or artificial) organs
- Ultra-fast, ultra-dense, circuits

## Grand Challenges in the National Nanotechnology Initiative

Time Frame	Strategic Challenges
Nano-Now	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Pigments in paints</li> <li>· Cutting tools and war resistant coatings</li> <li>· Pharmaceuticals and drugs</li> <li>· Nanoscale particles and thin films in electronic devices</li> </ul>
Nano-2007	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Jewelry, optimal and semiconductor wafer polishing</li> <li>· Biosensors, transducers and detectors</li> <li>· Functional designer fluids, propellants, nozzles and valves</li> <li>· Flame retardant additives</li> <li>· Drug delivery, biomagnetic separation, and wound healing</li> </ul>
Nano-2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Nano-optical/electronics &amp; power sources</li> <li>· High-end flexible displays</li> <li>· NEMS-based devices</li> <li>· Faster switches and ultra-sensitive sensors</li> </ul>

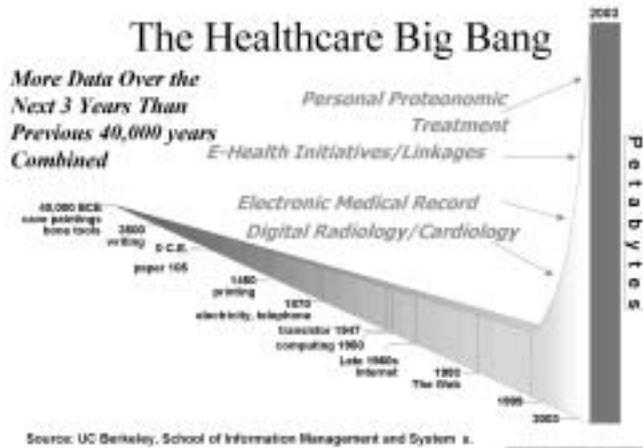
### Materials Science & Photonics

- Smart materials and structures, which have the capability of sensing, remembering & responding (e.g., to displacements caused by earthquakes and explosions; smart textiles provide cooling and heating).
- "As the physical sizes of optical sources decrease, while their power and reliability continue to increase, photonics based technologies will become more significant in engineered products and systems." Applications: fiber optics, precision cutting, visioning and sensing; photochromic windows.

### Information and Communication Technology

- "Today a 1 gigabit hard drive ships in a package 1'x1'x1/8"; soon that will be a 10 gigabit drive and computers small enough to fit into trouser pockets will be able to contain information that would fill a modern library (Feldman, 2001)"
- «Everything will, in some sense, be 'smart'; every product, every service and every bit of infrastructure will be attuned to the needs of humans it serves and will adapt its behavior to those needs."

## Information and Communication Technology



### Technological Challenges

- Physical Infrastructures in Urban Settings
- Information and Communications Structure
- The Environment
- Technology for an Aging Population

### New Technologies Needed for Specific Challenges

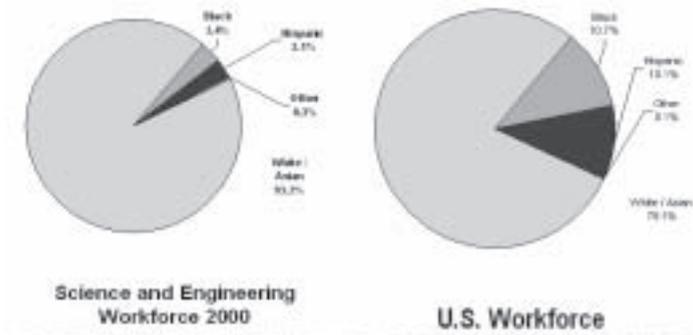
- Three quarters of the US population resides in areas with unhealthy air. [American Lung Association]
- In 2020, California will need 40% more electrical capacity, 40% more gasoline, and 20% more natural gas than in 2000.
- 50% of the world's original forest cover has been depleted [Worldwatch Institute] and global per capita forest area is projected to fall to 1/3 its 1990 value by 2020. [Haque, 2000].
- 48 countries (2.8 billion people) face freshwater shortages in 2025 [Henrichsen, 1997]
- The wealthiest 16% of the world consumes 80% of the world's natural resources. By the year 2020, there will be 8 billion people who will further depleting the environment and fuel political instability if the inequity of these resources continues. [CIA 2001].

### Social, Global, and Professional Contexts of Engineering Practice

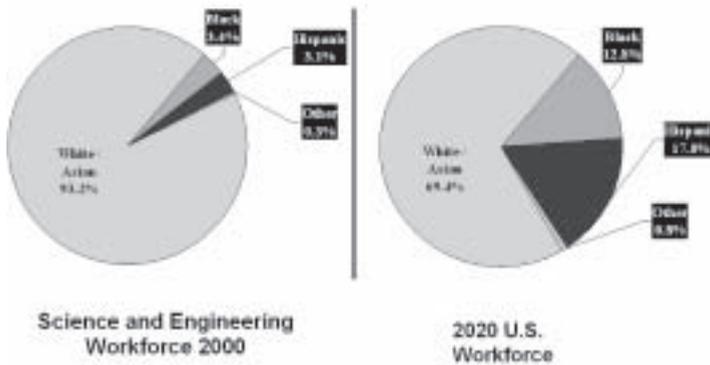
- Social and Global Contexts

- Population and demographics: 8 billion people in the world
- Health and Health Care
- The Youth Bulge and Security Implications
- The Accelerating Global Economy
- Professional Context for Engineers in the Future
- The Systems Perspective
- Working in Teams
- Complexity
- Customerization
- Public Policy
- Public Understanding of Engineering
- Building on Past Successes and Failures

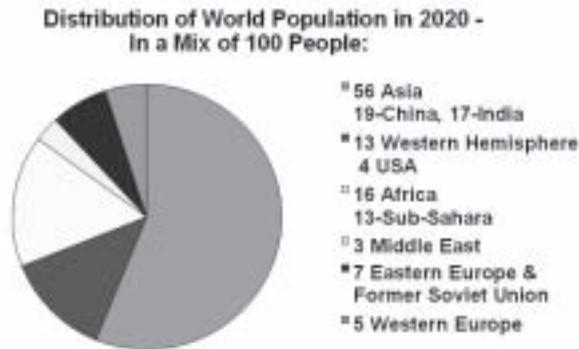
### The Nation's New Majority



2020?



## The World Population (CIA, 2001)

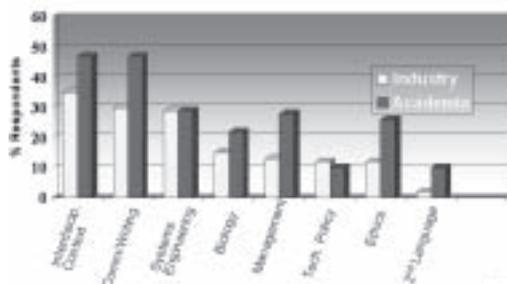


- In contrast to the aging of the US, Europe and Japan, the most politically instable parts of the world will experience a “youth bulge”.

### Results from a Survey of NAE Frontiers of Engineering Alumni

- Frontiers of Engineering participants
- Carefully selected as future leaders in engineering
- Mostly young – 30 to 45, (will be active in 2020)
- 61 respondents from academia, 44 from industry
- Respondents on average have worked in field (industry/academia) for over 10 years
- Involved in cutting edge engineering topics
- Intent was not to make recommendations on curricula – but to assess how well their education had prepared them for the issues they will face in engineering practice out to 2020

### Q4. Which topics should receive increased coverage in the undergraduate engineering curriculum?



### **Most Significant Issues Facing Engineers Today**

Industry Respondents on Most Significant Issues:

- Instabilities in the job market
- Maintaining technical currency
- Difficulty managing interdisciplinary problems

Industry Respondents on Most Significant Problems:

- Problems associated with the environment
- Managing globalization
- Challenges brought on by advances in computing

### **Themes from Women and Minority Focus Groups**

- A change in the culture of engineering (practice) is desired
  - ▶ Less unrewarding competition, more collaboration
  - ▶ Changes in the types of problems we decide to solve
  - ▶ Diversity and quality are seen as complementary
  - ▶ Greater value placed on family issues (women)
  - ▶ More equitable access to engineering careers (minority)
- Strategies to get there
  - ▶ Radical change in the power structure (as it relates to who decides what problems are important)
  - ▶ Decision-makers represent a more diverse group
  - ▶ New strategies for assessment; more equitable K-12 preparation; allow alternative paths into the profession

### **Implications for Engineering Education**

- An Aging Population
- The Global Economy
- The Five- or Six-Year Professional Degree
- Immigration and the Next Generation of U.S. Engineering Students
- Building on Past Successes and Failures
- Education Research
- Teamwork, Communication, and Public Policy

### **The Changing Roles of Engineers**

- Globalization of industry and engineering practice
- The shift of engineering employment from large companies to small and medium-sized companies, and the growing emphasis on entrepreneurialism

- The growing share of engineering employment in non-traditional, less-technical engineering work (e.g., management, finance, marketing, policy)
- The shift to a knowledge-based "service economy"
- Increasing opportunity for using technology in the education and work of the engineer

### **Problems that Engineers Will Be Solving in 2020**

- Environmental and energy related problems
- Bioengineering problems (including medical)
- Ultra-nanoscale, miniaturization
- Problems related to population growth

### **Aspirations for the Engineer 2020: Our Image and the Profession**

- By 2020, we aspire to a public that will understand and appreciate the profound impact of the engineering profession on social-cultural systems, the full spectrum of career opportunities accessible through an engineering education, and the value of an engineering education to engineers working successfully in non-engineering jobs."
- We aspire to a public that will recognize the union of professionalism, technical knowledge, social and historical awareness, and traditions that serve to make engineers competent to address the world's complex and changing challenges."
- We aspire to engineers in 2020 who will remain well grounded in the basics of math and science, and ... in the humanities, social sciences, and economics.»
- We aspire to an engineering profession that will rapidly embrace the potentialities offered by creativity, invention, and cross-disciplinary fertilization to create and accommodate new fields of endeavor, including those that require openness to interdisciplinary efforts with non-engineering disciplines such as science, social science and business.

### **Aspirations for the Engineer 2020: Engineering Without Boundaries**

- By 2020, we aspire to engineers who will assume leadership positions from which they can serve as positive influences in developing public policy and in the administration of government and industry.

- We aspire to an engineering profession that will effectively recruit, nurture and welcome underrepresented groups to its ranks.

### **Aspirations for the Engineer 2020: Engineering a Sustainable Society**

- It is our aspiration that engineers will continue to be leaders in the movement towards use of wise, informed and economical, sustainable development. This should begin in our educational institutions and be founded in the basic tenets of the engineering profession and its actions.
- We aspire to a future where engineers are prepared to adapt to changes in global forces and trends and to ethically assist the world in creating a balance in standard of living for developing and developed countries alike.

### **Aspirations for the Engineer 2020: Education of the Engineer 2020**

- It is our aspiration that engineering educators and practicing engineers together undertake a proactive effort to prepare engineering education to address the technology and societal challenges and opportunities of the future... we should reconstitute engineering curricula and related educational programs to prepare today's engineers for careers of the future, with due recognition of the rapid pace of change in the world, and its intrinsic lack of predictability.
- Our aspiration is to shape the engineering curriculum for 2020 so as to be responsive to the disparate learning styles of different student populations and attractive for all those seeking a full and well-rounded education that prepares young persons to be creative and to have productive lives and positions of leadership.

### **Attributes of the Successful Engineer of 2020**

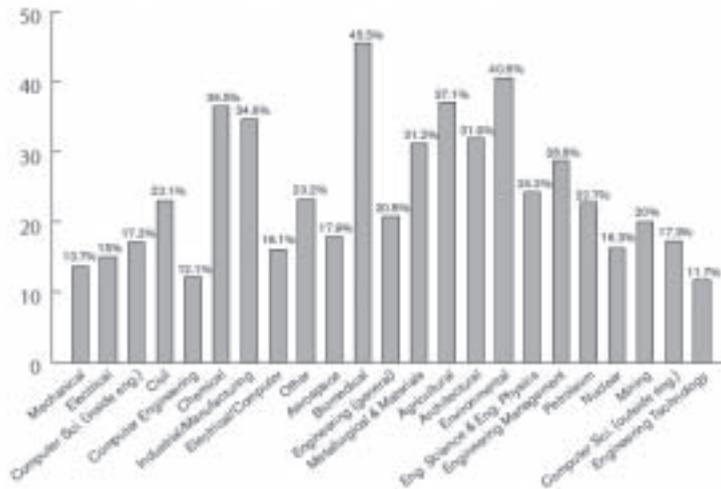
- Possess strong analytical skills
- Exhibit practical ingenuity; possess creativity
- Good communication skills with multiple stakeholders
- Possess business and management skills; Leadership abilities
- High ethical standards and a strong sense of professionalism
- Dynamic/agile/resilient/flexible
- Lifelong learners
- Ability to frame problems, putting them in a socio-technical and operational context



## Breakout Topics

- The Ideal Curriculum to foster 2020 attributes – no constraints
- The Ideal Curriculum to foster 2020 attributes - current constraints

PERCENTAGE OF BACHELOR'S DEGREES AWARDED TO WOMEN BY DISCIPLINE



- Pedagogies to address different learning styles: use of technology, problem-based learning, and interdisciplinary learning
- Engineering – Liberal Arts Degree of the 21st Century
- The roles, requirements, experience, and diversity of engineering departments and faculty

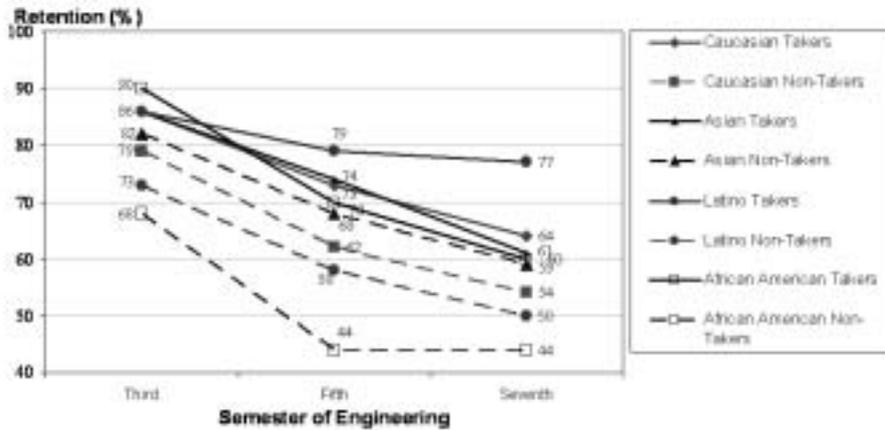
## Selected Recommendations

Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century

## Recommendations

- Whatever other creative approaches are taken in the 4-year engineering curriculum, the essence of engineering - the iterative process of designing, building, and testing - should be taught from the earliest stages of the curriculum, including the first year.

## First Year Engineering Projects

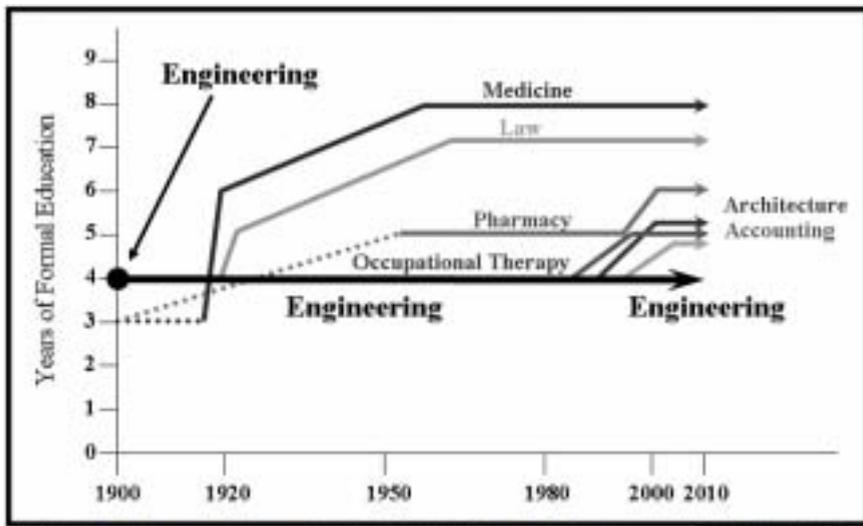


Source: Knight, D. W., L. E. Carlson, and J. F. Sullivan. 2003. Staying in engineering: Impact of a hands-on, team based, First-Year Projects course on student retention. In Proceedings of the 2003 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition. Washington, DC: American Society for Engineering Education.

- Colleges and universities should develop new standards for faculty qualifications, appointments and expectations, for example, to require experience as a practicing engineer, and should create or adapt development programs to support the professional growth of engineering faculty.
- The engineering education establishment should endorse research in engineering education as a valued activity for engineering faculty as a means to enhance and personalize the connection to undergraduate students, to understand how they learn, and to appreciate the pedagogical approaches that excite them.
- Engineering schools should exploit the flexibility of the outcomes-based accreditation (EC 2000) approach to experiment with novel models for baccalaureate education. Evaluators should look for innovation and experimentation in the curriculum and not just hold institutions to a strict interpretation of the guidelines as they see them.

- The baccalaureate degree should be recognized as the “pre-engineering” degree or bachelor of arts in engineering degree, depending on the course content and reflecting the career aspirations of the student.
- U.S. engineering schools must develop programs to encourage/reward domestic engineering students to persist through the M.S. and/or Ph.D. degree.

### Comparative Histories of Professional Programs



Source: Russell, J. S., B. Stouffer, and S. G. Welsh (2001). Business case for the master’s degree: The financial side of the equation. Pp. 49-58 in Proceedings of the Third National Education Congress, Civil Engineering Education Issues, D. E. Hancher, ed. Reston, Virginia.

### Summary

- The world is changing rapidly – driven by globalization that was accelerated through the deployment of technology.
- The role of the engineer is changing in response. New challenges are arising and old challenges are moving from “problem” to “crisis” status.
- Engineering Education must proactively change to provide engineering students with the skills, knowledge and behaviors that will be required for success – Now, in 2020, and beyond.

# Cuarta Conferencia

## PERSPECTIVA SOBRE LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA PARA EL AÑO 2020

*Alfredo Soeiro*

*Ex-SEFI President, University Porto, Portugal*

### **Challenges for Engineering**

- Movement towards the harmonization of degrees
- Need for continuing professional development
- Increased mobility of engineers
- Global quality assurance of education and training
- Changes in curriculum
- Adaptations of teaching/learning methods
- Recognition of engineering qualifications (academic and professional)
- Valuing informal acquisition of competencies and knowledge

### **Agents of Change Bologna Process**

- Sorbonne declaration of May 1998
- France, Germany, United Kingdom and Italy
- Harmonize their higher education systems
- Three comparable degrees
- Twenty-five other countries plus four previous ones = Bologna declaration
- Coherent, compatible and competitive European higher education area
- Harmonisation of qualifications
- Readable and recognition
- Credit systems compatible (ECTS)
- Promotion of European co-operation
- Quality assurance
- Comparable criteria and methodologies

### **Quality Assurance**

- Profound reforms and others practically any changes
- Curricula and programs subject to doubts and uncertainties
- Suitability for the engineering profession
- Competition in the European space
- Changes in paradigm of teaching versus learning
- Outputs assessment

- Competences and skills
- Original forms of quality evaluation
- Curriculum development systems based on learning outcomes

### **Globalization**

- Mobility and employability
- Prospective or current engineer
- and future employer
- Transfer between curricula
- Job opportunities in other countries
- Recognize qualifications and competencies from other countries
- Shortage of engineers
- Technology requirements and
- demographic trends
- Attractive career and
- without shortage of candidates
- Migration of skilled workers
- Outsourcing of engineering
- SEFI versus
  - ASIBEI
  - JSEE
  - EJEE + JEE
  - EUR-ACE
  - Engineering Deans
  - IFEES

### **Life Long Learning (LLL)**

- Suitable training programs
- Needs of the professional development
- Diverse providers of continuing education and of types of courses
- Standards and quality assurance mechanisms
- Recognition of work done or knowledge acquired

### **¿Questions? Initial Education**

- Changing in the last years
- Some acquired competences and skills
- Content and contact hours
- Learning objectives

- Learner workload
- Changes in form and content

### **Attractiveness of Engineering Profession**

- Reduced numbers of applicants in engineering
- Decrease of population
- Lack of interest in the engineering profession
- Devaluation of social benefits
- Diminished the image of engineers
- Show the importance of engineering
- Dissemination of engineering profiles
- Investment in salaries for engineers
- Continuing professional development is critical for engineers
- Obsolescence of knowledge is intense
- Professional organizations, private providers, universities and corporations
- Several formats
- Voluntary, mandatory and recommended
- Lack of abridging strategies
- Competitiveness
- Clear frameworks in engineering profession

### **Quality - Accreditation and Recognition**

- Differences between the European systems in quality of HE
- Accreditation: institutional, national agencies or others
- Trust national quality assurance systems

### **New Engineers - Accreditation of Informal and Prior Learning (AIPL)**

- AIPL credit for all types of learning
- Relevant to a desired outcome or progression route
- Demonstration of validity and appropriateness
- Matching learning outcomes
- Appropriate accreditation framework

### **E-learning**

- Subjects are cultural dependent?
- Size of producers of contents

- Competition for students
- Cooperation for repositories
- Standards for Learning Objects
- Virtual Laboratories
- Languages
- Joint Diplomas
- Professional recognition
- Accreditation and quality

### **Conclusions**

- Perspectives for EE are challenging
- Evaluating credits
- Financing Higher Education
- Structural reforms of quality and accreditation
- Professional accreditation

## Quinta Conferencia

### THE LEARNING FACTORY® LA FÁBRICA DEL APRENDIZAJE APRENDIZAJE ACTIVO EN ALIANZA CON LA INDUSTRIA

*José L. Zayas-Castro*

*Profesor y Director del Departamento Ingeniería Industrial y Sistemas Gerenciales,  
Universidad del Sur de la Florida (EE.UU.)*

### La brecha entre la enseñanza y la práctica de ingeniería



#### 1. Conferencias, laboratorios tipo "receta"

- Problemas estructurados con una solución
- Certeza matemática
- Exámenes superficiales
- Esfuerzo individual
- Enseñanza de "por si acaso"
- Conocimiento de segunda o tercera mano



#### 2. Facultad con énfasis en investigación

- Información Incompleta
- Problemas complejos
- Soluciones múltiples
- Restricciones de tiempo y costo
- Juicio, arte, sentido, prueba y error
- Parte de un equipo
- Enseñanza "justo a tiempo"
- Conocimiento de primera mano

### Orígenes de la Fábrica del Aprendizaje

- 1990 Coalición de Educación en Ingeniería, financiada por la Fundación Nacional de Ciencias EE.UU. (NSF) – "ECSEL"  
Misión: Integrar Diseño al currículo
- 1994-1997 ARPA/NSF Programa de Reinversión en Tecnología - \$2.75M  
Misión: Integrar diseño, manufactura y realidades de negocio
- 1998-2000 NSF Taller de Diseminación - \$180K

## Las “Luces”: Guías

- Estudiantes: desean estar activos
- Industria: desea contratar personas buenas/competentes
- NSF y las Coaliciones de Educación en Ingeniería
  - Don Evans – ASU, Foundation
  - Richard Felder – NC State, SUCCEED
  - Sheri Sheppard – Stanford, Synthesis
- Woody Flowers – MIT (héroe personal de John Lamancusa)

*El mensaje primordial:* dedicar la energía creativa que uno posee y tener pasión por la enseñanza es una jornada académica meritoria e importante.

## ¿Cuánto retenemos?

Leyendo	10%
Escuchando palabras	20%
Mirando un dibujo/foto	30%
Viendo una película	50%
Mirando una exposición	50%
Mirando una demostración	50%
Participando en una discusión	70%
Dando una charla	70%
Simulando una experiencia real	90%
Haciendo “la cosa real”	90%

## Valores fundamentales

- La gente hace la diferencia
- La primera responsabilidad del profesor es educar
- Entrene/asista más, reduzca las conferencias
- El trabajo primario de un ingeniero es diseñar y construir/implantar artefactos/procesos que ayuden a los seres humanos
- La inmersión activa es mejor que la absorción pasiva. *La única fuente de conocimiento es la experiencia”. (Albert Einstein)*
- Valorice un buen chiste

## ¿Qué desea la industria?

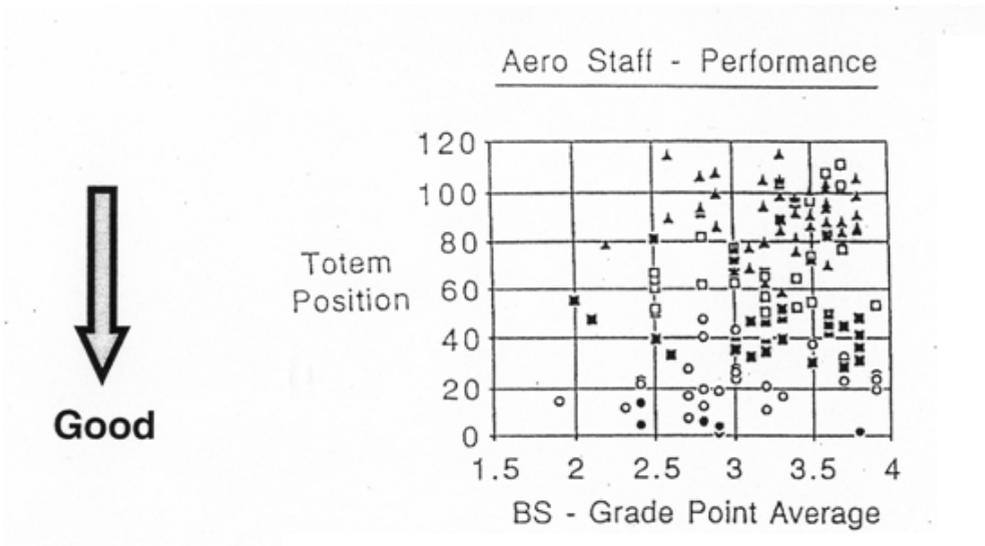
### Boeing List of "Desired Attributes of an Engineer"

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• A good understanding of engineering science fundamentals                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mathematics (including statistics)</li> <li>- Physical and life sciences</li> <li>- Information technology (far more than "computer literacy")</li> </ul> </li> <li>• A good understanding of design and manufacturing processes (i.e. understands engineering)</li> <li>• A multi-disciplinary, systems perspective</li> <li>• A basic understanding of the context in which engineering is practiced                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- Economics (including business practices)</li> <li>- History</li> <li>- The environment</li> <li>- Customer and societal needs</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Good communication skills                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- Written</li> <li>- Oral</li> <li>- Graphic</li> <li>- Listening</li> </ul> </li> <li>• High ethical standards</li> <li>• An ability to think both critically and creatively - independently and cooperatively</li> <li>• Flexibility - the ability and self-confidence to adapt to rapid or major change</li> <li>• Curiosity and a desire to learn for life</li> <li>• A profound understanding of the importance of teamwork</li> <li>• Global awareness (knowledge of at least one language other than English)</li> </ul> |
|---|---|

<http://www.boeing.com/compage/offices/gwa/attributes/attributes.html>

Diversity - wanted and needed

Correlation between undergraduate grade point average (g.p.a.) and Boeing "Work Performance Metric" (1987 Study of Aerodynamics Engineers)



## Cualidades/destrezas que buscan los empleadores de ingenieros (Asociación Nacional de Colegios y Empleadores):

Quality/Skill (5=very important)	Importance
Communication skills (verbal and written)	4.8
Honesty/integrity	4.7
Interpersonal skills (relates well to others)	4.5
Motivation/initiative	4.5
Strong work ethic	4.5
Teamwork skills (works well with others)	4.5
Analytical skills	4.4
Flexibility/adaptability	4.3
Computer skills	4.1
Detail oriented	4.0
Leadership skills	4.0
Organizational skills	4.0
Self-confidence	4.0
Friendly/outgoing personality	3.8
Tactfulness	3.8
Well mannered/polite	3.8
Creativity	3.6
GPA (3.0 or better)	3.6
Entrepreneurial skills/risk-taker	3.2
Sense of humor	3.2

### La “innovación” de la Fábrica del Aprendizaje: Aprendizaje activo en alianza con la industria

1. Problemas reales para clientes reales
2. Facilidades bien equipadas para estimular la exploración y el auto aprendizaje
3. La industria como colaborador en el proceso de aprendizaje
4. Funcionó (se implantó) en una universidad grande denominada como una institución de investigación

### Impacto curricular

- Disección de Productos
- Desarrollo Empresarial basado en Tecnología
- Ingeniería Concurrente
- Proyecto de Diseño (final)

Todo parte de la concentración en la realización de producto (PSU) o un Certificado en manufactura (UPRM)

### **Usuarios más frecuentes**

Cursos organizados: cursos existentes que utilizan las facilidades para complementar la enseñanza tradicional

Equipos estudiantiles para competencias de diseño:

- SAE – Auto Fórmula, Cohete SPIRIT, Puente de Acero ASCE, ASME Reto en Diseño, Challenge X HEV conversión, Décalo Solar

### **Curso tradicional de diseño**

- Un proyecto de diseño cuasi-abierto-cerrado, igual para todos los estudiantes
- Proyectos en papel (¿y computadora?)

Énfasis en el análisis

- Un mínimo de prototipo de principiante
- Equipos disciplinarios
- No hay contacto con la industria
- No hay una necesidad, no existe un cliente
- El instructor es un “Dios”

### **“Nueva Clínica” de Proyectos Industriales**

- Problemas reales, abiertos
- Multi-disciplinarios (INME, INEL, ININE, INQU)
- Diseño - Análisis - Construye – Reconstruye
- Énfasis en comunicación, destrezas de equipo, gerencia de proyecto, ética
- Interacción frecuente con el cliente
- Instructor es un “coach”, “jefe gruñón”
- El patrocinador es un mentor, cliente, evaluador

### **PSU: Facilidades de la Fábrica de Aprendizaje**

- 3500 sq. ft de facilidades modernas para diseño, prototipos, maquinado, prueba
- No pertenece a un departamento
- Énfasis en pregraduados (licenciatura)
- Acceso de las 8am a las 10pm, de lunes a viernes
- Entrenadores, mentores expertos

### **Patrocinadores de Proyectos**

- Corporaciones multinacionales

- Manufactureros pequeños y medianos
- Empresas del sector de servicio
- Empresarios/inventores independientes
- Departamentos dentro de la Universidad
- Organizaciones de la comunidad

### **PSU: Logros**

- Auto-sostenible (>\$100K/año de cuotas cobradas a los proyectos)
- Apoyo esternal = \$2.8M (efectivo y otro)
- 2500 visitas estudiantiles en un año típico, 20-30 cursos diferentes
- 60-80 proyectos de diseño anuales, 581 proyectos completados para 140 compañías desde 1995
- Crecimiento continuo aún después de concluir el proyecto
- Expansión de la facilidad por etapas

### **Un ex-estudiante dice:**

“La Fábrica del Aprendizaje es un tremendo activo para los estudiantes en Penn-State. Debido a que yo tenía muy poca experiencia real antes de descubrir la Fábrica del Aprendizaje, la mayor parte de mi conocimiento práctico que poseo hoy vino directamente de trabajar con individuos y equipos en ese edificio. Este tipo de conocimiento práctico se queda con uno y facilita la comunicación en un lenguaje común entre trabajadores e ingenieros. Yo encuentro que no existe mejor manera de aprender que teniendo que hacerlas cosas y de eso se trata la Fábrica del Aprendizaje.”

*Courtney Solich Frank ME '00, Ford – Body Structures Product Design*  
(traducido al español)

### **UPRM: Logros**

- Fábrica Modelo
- NASA Pascor
- Programa de Biotecnología
- Modelo para acreditación de ingeniería (ABET)
- Modelo para acreditación Middle States
- Modelo para competencia Malcolm Baldrige

### **La FA (LF) y ABET 2000**

- Las herramientas y estrategias de evaluación del proyecto se usaron como modelo

- ABET's, visita nov. del 2002: "Es notable el esfuerzo sistemático e innovador de la institución para introducir en el Colegio de Ingeniería la cultura de evaluar en base a resultados."

### **NASA Partnership for Spatial & Computational Research (PaSCoR) (Investigación Computacional y Espacial)**

- Fortalecer los programas académicos en ciencias, matemáticas, ingeniería y tecnología e integrar la investigación en pregrado (licenciatura), en las áreas de sistemas de información geográfica y detección remota,
- A través de
  - Innovación curricular y enseñanza/aprendizaje
  - Investigación en pregrado
  - Colaboraciones/Alianzas
  - Evaluaciones

#### **Evaluación:**

##### *Según los estudiantes*

- 88% el programa les permitió aplicar los fundamentos de ingeniería para resolver problemas reales
- 83% aprenden mejor haciendo que a base de conferencias
- 80% se sienten más confiados en aprender por ellos mismos
- 78% sienten más confianza en poder resolver problemas reales

##### *Según la industria*

- 100% cree que se proveen problemas reales
- 95% cree que los estudiantes que pasaron por el programa serán más útiles
- 93% considera que se enfatizaron las destrezas de trabajar en equipo

##### *Según los profesores*

- 64% tuvo una mejor experiencia con los cursos del proyecto en comparación con los cursos que enseñan normalmente
- 62% recibió retrocomunicación positiva de sus supervisores
- 57% cree que la participación fue positiva en recibir premios y reconocimientos

## **Ingeniería para Las Américas**

Desarrollar la capacidad ingenieril para crear conocimiento que asegure la solución a las necesidades locales y abra oportunidades para competir globalmente

- Enhancement of engineering education
- Development/enhancement of quality assurance mechanisms
- Harmonization of degree patterns
- Fostering of innovation
- Government commitment to provide necessary upgrading to engineering and technology education

## **Socios en Ingeniería para Las Américas**

- The Organization of American States (OAS)
- The U.S. Trade and Development Agency (USTDA)
- The World Federation of Engineering Organizations (WFEO)
- Inter American Development Bank (IADB)
- High Tech/Engineering Enterprises
- The Western Hemisphere Initiative (WHI)  
accreditation agencies in USA, Canada, Mexico & Peru
- Experts and volunteers from universities across the Americas

## **OAS Hemispheric Ministers of S&T Meeting and the Lima Declaration (Nov 04)**

### **Action Plan states:**

*“Build local engineering capacity to create knowledge that ensures the solution of local needs and opens the chance to compete for global opportunities”.*

## **Lima Symposium, Nov 30 – Dec 2 2005**

### *Capacity Building for Job Creation and Hemispheric Competitiveness*

- Outcomes
  - 225 attendees
  - Understanding of
    - ▶ Productive sector needs
    - ▶ Engineering education enhancement and quality assurance mechanisms
- Country planning & financing

## Conclusiones

- Demostrar que el aprendizaje activo es beneficioso, efectivo económicamente y sostenible
- Impacto Internacional: Ingeniería para las Américas
- 39 publicaciones, 36 talleres de diseminación
- Sobre 1200 proyectos de diseño
- \$10M en apoyo externo, 200+ socios industriales
- Beneficiando a unos 10,000 y continúa cada día

“Sin lugar a dudas puedo aseverar que desde el punto de vista industrial, la Fábrica del Aprendizaje ha sido la colaboración más exitosa que he manejado a través de tres corporaciones” (*Raytheon, Microsoft y Hewlett-Packard*).

“Esto se puede medir por el impacto en reformar el proceso educacional; el impacto en instituciones minoritarias; un verdadero alcance internacional; y por el valor incalculable en desarrollar una alianza estratégica entre las universidades.”

(*Wayne Johnson, VP of Worldwide University Relations, HP*)

- Mejores prácticas
  - ▶ Entender e involucrar a los implicados: estudiantes, padres, reclutadores, ex-alumnos, profesores
  - ▶ Alianza con sectores industriales
  - ▶ Planifique pero sea flexible, aprenda de los errores: Evaluación integrada al proceso
  - ▶ Enfocarse en el aprendizaje, no en la enseñanza
  - ▶ No re-invente la rueda
  - ▶ Facilidades para el aprendizaje activo, sin denominaciones o dueños preferenciales
  - ▶ Las personas
  - ▶ Persistir... y ... ¡persistir!

## Sexta Conferencia

### LA ÉTICA PROFESIONAL EN LOS PROGRAMAS CURRICULARES DE INGENIERÍA

*Hernando Monroy Valencia*

*Presidente del Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA)*

Llamar la atención sobre el imperativo que, a través de las instituciones educativas, se vuelva al estudio de la ética en su sentido general (histórico) y en su sentido práctico o aplicado al ejercicio profesional, es una tarea que se ha propuesto el COPNIA, ante la cantidad de denuncias originadas en la trasgresión al *Código de Ética* y al correcto ejercicio profesional de la ingeniería y demás normas que la regulan.

Dos acercamientos se podrían hacer a esta situación: uno desde el supuesto de la falta de conocimiento por parte de los estudiantes del pregrado, o graduandos, sobre la existencia de la regulación legal de la profesión; el otro, más estructural, analizando el “desbalance” en la formación del profesional, en la cual predomina la instrucción sobre el conocimiento técnico, en desmedro de la continuidad en la formación de los valores, lo que da como producto, unos profesionales con un basto conocimiento científico, pero alejados de la realidad social que los rodea.

La solución al primero de los casos la han estado surtiendo, con relativo éxito, algunas universidades, directamente, y el COPNIA, a través de sus Secretarios Seccionales, en coordinación con las directivas y decanos, mediante las labores de divulgación, en las que se ha permitido y convenido dicha labor, lo que ha hecho que, entidades estatales y privadas, en lo que al sector laboral se refiere, hayan iniciado los procesos de legalización de los profesionales ya vinculados y exigido la matrícula profesional a los que van a vincular. En este mismo sentido, respecto de los estudiantes se les ha hecho saber la importancia y la obligación de la matrícula profesional como autorización del Estado para ejercer una profesión o actividad que implica un riesgo social, del cual se debe preservar a la ciudadanía, en su seguridad y salubridad.

Para el segundo de los casos, sólo con la colaboración entre las autoridades y los responsables de la formación de los profesionales, se podrá lograr un profesional que cumpla con las exigencias de la nueva sociedad, equilibrando sus conocimientos con su comportamiento humano.

Es importante, también, promover la enseñanza de la Ley 842 de 2003 y el desarrollo del Artículo 41 de la Constitución Política, para que las instituciones educativas incorporen en sus programas de estudio, la educación cívica, los deberes ciudadanos y los derechos fundamentales, como parte de la formación integral del individuo.

Por ello, todos los programas de ingeniería, sus profesiones afines y sus profesiones auxiliares, deberían incluir en su estructura curricular aspectos fundamentales y transversales al conocimiento de la técnica, relacionados con la ética, en el sentido de que, a través de ella, se pueda ubicar al profesional en el mundo. La técnica y la ética se complementan mutuamente, en la medida en que ambas propenden por hacer cada vez mejores a las personas en su dimensión individual, social y profesional. No hay que olvidar el peligro permanente de reducir el sentido y significado de la ética. La ética representa la expresión o condensación de los ideales de la humanidad según los cuales el hombre, en tanto ser racional y consciente del mundo en el que se encuentra, debe estar en capacidad de actuar cada vez mejor, en el contexto social en el que se desempeña.

Aunque no se puede negar el problema de definir qué es lo que se considera el mejor actuar, por ser «absolutamente relativo», no puede ser disculpa para no atribuir a la deontología, como campo de estudio de la filosofía, la función de indicar la conducta mejor, correcta o buena dentro de un conglomerado social determinado. Ese es su sentido. Actuar de acuerdo con un deber ser (actuar deontológico) individual y socialmente establecido, con una finalidad de convivencia social, irradia también al campo de la práctica profesional, que no es otra cosa que el esfuerzo, el trabajo, el arte, la destreza de querer ser cada vez mejores y más competitivos.

La ética en el ejercicio de una profesión, no es otra cosa que el correcto ejercicio profesional y la medida de su responsabilidad frente a la sociedad. “Hágalo bien”, es el lema que deben seguir quienes dinamizan su derecho a ejercer la profesión escogida. La ética profesional asegura una práctica responsable y eficaz de las competencias profesionales, lo cual redundará en el desarrollo pleno del profesional y en el logro del bienestar social del medio en que la desarrolla. Por ello, la ética profesional no puede verse simplemente como el catálogo normativo de deberes y prohibiciones (Código de Ética), sino que incluye una dinámica, en el sentido de que la ética guía o conduce un accionar que redundará en beneficio y desarrollo del grupo social al que se pertenece.

En este sentido, los profesionales deben ser conscientes del buen uso que deben dar a sus conocimientos o competencias técnicas, porque lo contrario constituye un atentado contra la sociedad y contra el espíritu de la técnica desarrollada en pos de maximizar la satisfacción humana. La responsabilidad profesional que implica la apropiación de una conducta ética (de una buena conducta) en el ejercicio de la profesión, no tiene otro efecto que el de exigir del profesional una formación académica rigurosa y de calidad con miras a otorgarle la suficiencia técnica y humana que le permita adquirir elementos para discernir con libertad sobre las consecuencias de su actuación profesional. En otras palabras, con el compromiso de hacer bien sus actividades o prestar un excelente servicio desarrollando al máximo sus competencias profesionales, el profesional garantiza a la sociedad que con el ejercicio de su profesión - gracias a las habilidades técnicas adquiridas y los valores y principios del ejercicio ético de dichas competencias - es capaz de responder individual, gremial y socialmente por las eventuales impericias que puedan ocurrir.

La ética, como praxis del buen proceder, dota al profesional de un catálogo axiológico que moldea el comportamiento ético en su ejercicio profesional, y lo conmina a fortalecer sus capacidades profesionales con base en las que decidirá en función del bien común implicado. El ejercicio ético de la profesión complementa y enriquece las capacidades profesionales y, en esa medida, se exige la articulación de la ética y la formación profesional, como sustento y base de unos mejores profesionales y de una sociedad segura, saludable y moralmente suficiente.

La formación en ética debe contener un componente importante de estudio de algunos de los casos que ha resuelto el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería –COPNIA– en ejercicio de su función que, como Tribunal de Ética, le otorga la Ley 842 de 2003, en aplicación de las normas y principios que informan el Código de Ética Profesional legalmente establecido.

El Consejo Profesional Nacional de Ingeniería ha impuesto sanciones como: amonestación escrita, suspensión de la matrícula profesional hasta por cinco años, e incluso cancelación de la matrícula profesional, a algunos de los profesionales de la ingeniería, sus profesiones afines y sus profesiones auxiliares investigados, en casos en que se tipifica una conducta antiética o un incorrecto ejercicio, tales como:

- Recibir el anticipo de un contrato (estatal o privado), no ejecutarlo y apropiárselo indebidamente.
- Construir sin licencia o sin respetar los términos de la licencia de construcción, bien sea ejecutando parcialmente la obra o excediendo la autorización otorgada.
- Permitir, tolerar o facilitar el ejercicio ilegal de la profesión al firmar el estudio o cálculo estructural realizado por un estudiante de ingeniería, cuando para dicha actividad se requiere acreditar experiencia de cinco años o título de especialización en estructuras.
- Presentarse, anunciarse o ejercer actividades propias del ingeniero, siendo técnico o tecnólogo.
- No demoler una obra, según lo dispuesto en Sentencia Judicial. La demolición de una obra civil es un acto propio del ejercicio de la ingeniería. Ejecutar un contrato de mantenimiento de una obra civil, para que, posteriormente, ante la caída de la estructura, se detectaran fallas en el mantenimiento. (caso del puente de la Calle 122).
- No entregar con condiciones de calidad, estabilidad y firmeza obras civiles, bajo la excusa de que tienen características de vivienda de interés social.
- Incumplir injustificadamente un contrato, con grave perjuicio para el contratante.
- Desarrollar actividades profesionales para las que no ha sido preparado, excediendo sus propias competencias.

Por último, es preciso diferenciar entre ejercicio ilegal, ejercicio incorrecto y ejercicio antiético de la ingeniería:

- Ilegal: no cumple los requisitos legales.
- Incorrecto: cumpliendo los requisitos, pero desobedeciendo los principios legales o técnicos que rigen determinada práctica en el ejercicio de la ingeniería (licencias).
- Antiético: ejercer la profesión, violando los deberes y obligaciones catalogadas en el Código de ética que la rige.

El Consejo Profesional Nacional de Ingeniería los invita para que, como directivos y decanos de las instituciones de educación superior encargadas de la formación de los ingenieros, sus profesionales afines y de sus profesionales auxiliares, ajusten los programas académicos en el sentido propuesto, en aras de lograr una formación basada en el deber ser y en el conocimiento no sólo de los principios de la ingeniería, sino de todas las normas que rigen su práctica.

# — Ponencias orales y Pósteres

---



“ Los grandes cambios que se producen en el contexto global, motivados por el desarrollo científico y tecnológico y el nuevo paradigma económico y sociocultural, conducen a pensar que en los próximos quince años se formará una nueva generación de ingenieros que deberá estar en capacidad de afrontar importantes retos y grandes desafíos. Las escuelas en las cuales estos jóvenes ingenieros del año 2020 recibirán su formación, deben ser claramente conscientes de lo que deben hacer para ofrecerles un futuro que compense su dedicación, motive su vocación y satisfaga sus ideales de servicio a la humanidad. En consecuencia, se hace necesario que la universidad visualice su rol en los años venideros, se prepare y actúe para dar respuesta a las transformaciones de una sociedad que avanza rápidamente”.

“En este contexto cobra sentido la socialización de propuestas innovadoras en materia pedagógica, que contribuyan a una mejor formación del ingeniero; las estrategias de flexibilización y de desarrollo curricular, teniendo en cuenta las exigencias de acreditación, así como las iniciativas para el mejoramiento continuo de los programas y para el fortalecimiento de la calidad en la educación superior; los esfuerzos para potencializar el vínculo universidad-empresa; el desarrollo profesional sobre la base de la investigación; y la cada vez más prioritaria necesidad de buscar una mayor compatibilidad de los sistemas de educación superior, para promover la movilidad de estudiantes, docentes y profesionales, a escala internacional”<sup>1</sup>.

Dada la importancia de estos aspectos, ACOFI propuso, para la XXVI Reunión Nacional, el tema *“Retos para la formación del ingeniero del año 2020”*. Este tema se abordó, tanto en los Foros preparatorios como en el desarrollo de la propia Reunión Nacional, desde cuatro de las dimensiones que lo conforman: las estrategias curriculares, la formación pedagógica de los formadores, el sistema educativo y el perfil del ingeniero del año 2020. Estas mismas temáticas fueron propuestas a la comunidad universitaria comprometida con la formación de los ingenieros.

La respuesta fue generosa. En la XXVI Reunión Nacional se presentaron setenta y siete (77) trabajos, fruto del esfuerzo y dedicación de los profesores de Ingeniería. La distribución de los trabajos presentados, en las diversas temáticas, fue la siguiente:

---

<sup>1</sup> Con esta palabras se presentaba la convocatoria para la presentación de trabajos con motivo de la XXVI Reunión Nacional

- *Estrategias curriculares*: veintidós (22) ponencias y cuatro (4) pósteres
- *Formación pedagógica*: veinte ponencias (20) y quince (15) pósteres
- *Sistema educativo*: diez (10) ponencias y un (1) póster
- *Perfil del ingeniero 2020*: dos (2) ponencias y tres (3) pósteres

Las aportaciones de los profesores pueden encontrarse en la correspondiente publicación de ACOFI: *Retos en la formación del ingeniero para el año 2020. XXVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. Ponencias orales y Pósteres*. Cartagena de Indias, Colombia, Septiembre 20 a 22 de 2006.

## — Panel internacional —

Entre las actividades programadas a lo largo de la XXVI Reunión Nacional, tuvo especial relevancia el panel internacional en el que participaron José Cruz Jr, profesor de la Universidad del Estado de Ohio (EE.UU.), miembro del Comité “Ingeniero del 2020” de la Academia Nacional de Ingeniería (EE.UU.), José Luis Zayas-Castro, Director del Departamento de Ingeniería Industrial y Sistemas Gerenciales de la Universidad del Sur de la Florida (EE.UU.) y Jaime Salazar, Secretario Ejecutivo de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería –ASIBEI– y Profesor titular Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Con la ayuda de tres preguntas, acordadas previamente con ellos, los panelistas trataron tres cuestiones clave, derivadas del tema central de la Reunión Nacional: los retos que enfrentará el ingeniero 2020, las competencias de las que deberá estar provisto para dar respuesta a esos retos, y los compromisos que estos dos asuntos implican para las instancias que, directa o indirectamente, influyen en la formación de los ingenieros: universidad, gobierno y sociedad.



A continuación se presentan las reflexiones de los panelistas alrededor de las tres cuestiones citadas.

## Primera pregunta

¿A qué principales retos se va a enfrentar el ingeniero en la sociedad global del 2020?

- *José Cruz Jr.*

La actividad en la ingeniería sigue la tendencia de la globalización. En este sentido, varios países han realizado el ejercicio de reconocer entre ellos los programas de acreditación existentes en ingeniería. Tal es el caso del acuerdo de Washington entre países norteamericanos, Irlanda y algunos asiáticos, así como la declaración de Bolonia entre los europeos; estos reconocen las acciones mutuas en la formación de los ingenieros, de tal forma que los títulos emitidos son reconocidos de igual a igual en cada país.

En dichos acuerdos, los firmantes intercambian información y examinan los respectivos procesos de formación y acreditación, las políticas y prácticas que garanticen la acreditación de los programas académicos, y concluyen que son compatibles. Reconocen la equivalencia sustancial de cada programa para satisfacer los requerimientos académicos para la práctica de la ingeniería.

Los países que no tengan este tipo de acuerdos estarán en la desventaja de no ser aceptadas las calidades de los ingenieros en igualdad de condiciones en un mundo de mercado global.

- *José Luis Zayas- Castro*

Para considerar los retos del ingeniero del 2020, debe tenerse en cuenta el contexto al que, posiblemente, se verá enfrentado. En la actualidad, se observa una tendencia hacia la explosión informática, en el sentido de la cantidad de conocimiento al que se tiene acceso día a día. De igual forma, la revolución cognitiva, la innovación continua, la exigencia del aprendizaje continuo son tendencias que muestran su continuo crecimiento. Por otra parte, para el ingeniero del futuro, constituye un reto la fuerza trabajadora diversa y heterogénea a la que se verá enfrentado. También serán retos importantes la sostenibilidad ambiental,

la limitación de los recursos (como la disminución del crudo), las alianzas internacionales y la globalización de la economía.

- *Jaime Salazar C.*

El ingeniero debe asumir el reto de promover el desarrollo tecnológico local con el fin de disminuir la inequidad entre las regiones, en especial en las latinoamericanas. Su formación deberá corresponder a las tendencias de información y comunicación del momento, con el objetivo claro de responder a los retos de la productividad y competitividad de un mundo cada vez más globalizado. Aspectos sociales como el envejecimiento de la población, atraerán todas aquellas actividades de la ingeniería conducentes a mejorar la calidad de vida. En la situación prevista, tendrán una importancia creciente los aportes sociales de la biomedicina y de la bioingeniería. El mundo del 2020 afrontará la crisis de los recursos naturales que demandará soluciones al manejo eficiente del agua y del petróleo; el uso racional del suelo y de los recursos naturales en general; la solución de los problemas de la contaminación y del manejo de los residuos sólidos y líquidos; el mejoramiento de la calidad del aire; y la incorporación de las tecnologías limpias.

## Segunda pregunta

¿Cuáles cree que serán las competencias que deberá poseer el ingeniero 2020?

- *José Cruz Jr.*

En un mundo globalizado, en el que se requiere de amplia interacción en medios internacionales, es necesario fortalecer la formación de nuestros ingenieros para el trabajo en equipo. De igual forma, los retos de la ingeniería son cada vez más complejos, lo que demanda creatividad y soluciones innovadoras. Esta complejidad exige, a su vez, el conocimiento y acercamiento a diferentes disciplinas, por lo que es necesaria la formación conducente a esta competencia. En un contexto mundial es importante conocer acerca la diferencia de los ámbitos culturales, porque facilita que los servicios de la ingeniería tengan en cuenta las particularidades de los diversos ambientes en los que el servicio es importante. El ingeniero debe saber a qué cultura se dirige, de acuerdo con particularidades propias como las de la cultura europea, asiática, estadounidense o latina. Para trabajar en un contexto mundial es

necesario tener las competencias que permitan conocer los estándares internacionales y familiarizarse con la forma en que son implantados en un determinado medio.

Un ingeniero global tiene que ser competente en el uso de una segunda lengua, en especial del inglés, porque este idioma es el de mayor utilización en la ciencia, y las aplicaciones actuales se derivan de la ciencia.

- *José Luis Zayas- Castro*

Debido al aumento constante de la población mundial, los temas de la demanda energética y del impacto ambiental serán prioritarios en las competencias del ingeniero. De igual forma, tendrán gran importancia los cambios sociales, producidos como consecuencia de los avances tecnológicos. Los ingenieros se enfrentarán a asuntos tales como el envejecimiento de la población, la rapidez con la que el conocimiento está evolucionando y la disminución del ciclo de vida de los productos. La fusión, integración y sinergia entre las diversas disciplinas científicas, permitirán grandes avances en las aplicaciones tecnológicas. El desarrollo de la biotecnología y la biología sintética demandarán nuevas y más exigentes competencias de los ingenieros. Estos temas constituirán retos también para los académicos, quienes, además de entender las nuevas situaciones y darles respuesta, deben preparar a los estudiantes para que vivan y ejerzan su profesión en esa situación.

Al ingeniero del futuro se le exigirá una mayor adaptabilidad al cambio lo que, a su vez, le demandará una fuerte base científica y analítica que le permita ejercer con eficacia sus habilidades para identificar, formular y solucionar problemas. Deberá tener la capacidad de utilizar la tecnología para dar respuesta a los retos socio-tecnológicos que se le planteen. Será importante que cuente con las destrezas de comunicación necesarias para interactuar en un mundo de múltiples lenguajes idiomáticos, técnicos y sociales. De igual forma, y de cara a la sociedad, al ingeniero se le exigirá ser íntegro y honesto, en un marco del mutuo respeto y de consonancia con la diversidad cultural. Los ritmos altamente cambiantes de los desarrollos tecnológicos le exigirán ser flexible, dinámico y persistente en los proyectos, con un sentido de urgencia constante, que le permita avanzar al ritmo de las exigencias de la sociedad del momento, sin olvidar las competencias necesarias para el trabajo en equipo, sin

importar la distancia ni la cultura en que se desempeñe. En este sentido, deberá ser poseedor de una grande y respetuosa sensibilidad ante las necesidades de la humanidad.

- *Jaime Salazar C.*

Hay que comenzar distinguiendo entre las competencias académicas y las laborales. A partir de las competencias laborales el empleador evalúa al ingeniero como alguien que satisface sus necesidades relativas al ejercicio de la profesión. Las competencias académicas son desarrolladas en las universidades y permiten al ingeniero formarse en la vida académica con el fin de adaptarse rápidamente a los cambios y necesidades de la sociedad en lo que se refiere a la ingeniería, teniendo también en cuenta, entre otros, al sector empleador. La formación en competencias deberá tener un tronco común a toda la ingeniería, sin importar su "apellido", y establecer las especificidades que garanticen alternativas a la diversidad, ajustadas a los intereses de la región o del país donde se forme el ingeniero.

Ahora bien, para que un ingeniero adquiriera las competencias del futuro, en primer lugar deberemos formar a los profesores en las competencias necesarias para tal fin. Es importante subrayar que cualquier modelo que se quiera implementar, incluyendo el de competencias, atienda prioritariamente la formación de profesores. Es esencial que los docentes estén suficientemente capacitados para guiar a los alumnos en la construcción del conocimiento. Se comparte universalmente la idea generalizada que el ingeniero debe tener un buen conocimiento de los fundamentos de las ciencias que cimientan la ingeniería, como son las matemáticas, la estadística, la física y las ciencias de la vida, las tecnologías de la información, los diseños, y el conocimiento de procesos de manufactura. Deberá tener un conocimiento con enfoque sistémico y multidisciplinario, sin olvidar los aspectos contextuales del ejercicio de su profesión, como son conocimientos en economía, historia y medio ambiente; también precisa conocer las necesidades generales de la sociedad, de los usuarios y de los clientes. Deberá tener competencias suficientes tanto en la comunicación escrita, oral y gráfica, como de escucha. Todas estas competencias debe poseerlas con un alto nivel ético, crítico, creativo, con independencia y capacidad de cooperación. Deberá ser flexible, adaptable a los campos, curioso y con el deseo continuo de aprender a lo largo de toda la vida, capaz de integrarse en ambientes

multidisciplinares y de trabajo en equipo. Deberá desarrollar las competencias referidas a los comportamientos profesionales y sociales: actuaciones en las empresas, en lo técnico o en la producción, toma de decisiones, trabajo compartido y otras; las competencias referidas a actitudes: relación con las personas y con las cosas, la motivación personal, el compromiso y la capacidad de adaptación; las referidas a capacidades creativas: búsqueda de soluciones nuevas, originales; trabajo en equipo; y las competencias éticas y existenciales: compromiso social y ético, valores humanísticos y la capacidad para analizar críticamente su trabajo.

Este mismo ejercicio fue realizado por ACOFI en 1996. Aun permanecen vigentes aspectos como la formación del ingeniero en un enfoque sistémico del mundo, que fomente la capacidad de pensar, experimentar y trabajar en equipo.

De igual forma, no pierde actualidad la propuesta de incorporación de nuevos modelos pedagógicos centrados en el trabajo de los estudiantes, utilizando metodologías activas, de tal forma que se pueda intervenir en las decisiones que orienten una formación pertinente y efectiva. Se precisa una educación menos orientada a la información y más a la construcción de unos marcos conceptuales, con atributos como la fortaleza en ciencias básicas, en la comunicación oral y escrita, con un fuerte compromiso ético, con liderazgo social que forme para la acción en la política y el manejo sostenible de los recursos.

### **Tercera pregunta**

¿Cuáles considera que son los compromisos que deben asumir la universidad, los gobiernos y la sociedad, para preparar adecuadamente a sus ingenieros en los años venideros?

- *José Cruz Jr.*

Las universidades deberán establecer sistemas y políticas que lleven a una formación que sea de competencia mundial para los ingenieros así formados. Deberá proveer los incentivos necesarios para que la facultad de ingeniería se encuentre entre las mejores, a todo nivel. Para obtener mejores resultados, es importante propiciar la incorporación de los mejores estudiantes en las carreras.

Los gobiernos deberán desarrollar sistemas de acreditación basados en resultados. De igual forma, deberá estrecharse el trabajo conjunto con la industria, en la acreditación, de tal forma que Colombia pueda asociarse a un sistema conjunto más global.

La sociedad deberá participar en la valoración de la educación superior y permitir e incentivar la financiación de una buena educación superior en ingeniería.

- *José Luis Zayas- Castro*

La universidad no debe cesar en su continuo compromiso de fortalecer la investigación y la educación. En la investigación en ingeniería es importante diferenciar los proyectos de aplicación de los que tienen que ver con la investigación. Para los primeros se requiere una gran destreza por parte de los ingenieros; para los segundos, el compromiso expreso del gobierno para que asigne los grandes recursos que se requieren para tal fin. De igual forma, el gobierno debe ser la fuerza de cambio que articule la sociedad, la empresa, el Estado, lo que redundará en una mejor formación de los ingenieros, y estrechará los lazos de colaboración entre la comunidad y la sociedad, en el marco de una visión global del desempeño.

Las tendencias de crecimiento actual llaman a los gobiernos la necesidad de invertir en educación, investigación e infraestructura. Es importante verificar, en todo momento, la estabilidad social, política y económica de cara a los crecimientos tecnológicos. Es preciso estimular la cultura de la disciplina, el trabajo entre las universidades y el sector privado, manteniendo los esfuerzos de manera sostenida.

- *Jaime Salazar C.*

La universidad deberá mantenerse como conciencia crítica de la sociedad y asumir su papel como ente sustantivo para plantear las soluciones a los problemas básicos de las comunidades a las cuales se debe y pertenece. El gobierno deberá propiciar todos los elementos necesarios para que la esencia de la universidad se mantenga, ayudando a resolver las amenazas del mercado y privilegiando la rentabilidad social sobre la rentabilidad económica.

El gobierno no debe cesar en su papel de garantizar la financiación del sistema de la educación superior, especialmente el de la universidad pública, de tal forma que permita desarrollar los planes de mejoramiento de los procesos de autoevaluación y acreditación de sus programas, propiciando su enfoque a lo global.

La sociedad deberá estar atenta para incidir en las decisiones políticas, pues quienes diseñan y toman las decisiones en los temas de la educación son los políticos o los "economistas", no son los profesores o los directivos universitarios.

## Cuarta pregunta

¿Qué estrategias propondría para lograr que la formación de los ingenieros del 2020 tenga la calidad requerida?

- *José Cruz Jr.*

La primera estrategia debe consistir en mejorar el proceso continuo de mejoramiento de la calidad en el desarrollo de los programas de educación en ingeniería.

- *José Luis Zayas- Castro*

La sociedad deberá insistir en promover la cultura de la disciplina y de la responsabilidad individual. Valorar y hacer un uso eficiente y efectivo de los recursos, así como enfatizar el continuo mejoramiento de la calidad de vida para todos, en un ambiente de respeto individual y colectivo.

- *Jaime Salazar C.*

Se debe partir del principio que para formar bien al ingeniero 2020 ha de hacerse lo mismo con el profesor que lo formará. Para ello es indispensable crear una Escuela de formación de profesores de ingeniería, de la mano de los colegios profesionales y en articulación con los sistemas nacionales de acreditación homologables a los internacionales, con el objeto de formar a los formadores de esos futuros ingenieros. De igual forma, deberá crearse una cátedra nacional para la formación pedagógica de los profesores de ingeniería. Pero todo esto deberá estar acompañado por el reconocimiento social de la profesión de profesor.

Se deben impulsar proyectos de movilidad de estudiantes y profesores, entre universidades e institutos de investigación en el nivel internacional, con financiación asegurada y reconocimiento académico.

## — Mesas de Trabajo

**A** lo largo de 2006, ACOFI organizó una serie de cinco Foros preparatorios de la XXVI Reunión Nacional. Como es bien conocido, el tema propuesto para dicha Reunión Nacional fue el estudio de los *Retos para la formación del ingeniero para el año 2020*. En cada uno de los Foros, se abordó, tanto en las *conferencias* como en los *paneles* y las *mesas de trabajo*, un aspecto parcial (subtema) del tema general. Los subtemas tratados alrededor del título principal fueron los siguientes:

- Primer foro: Perspectivas de las facultades de ingeniería hacia el futuro.
- Segundo foro: Estrategias curriculares.
- Tercer foro: Formación pedagógica.
- Cuarto foro: Sistema educativo.
- Quinto foro: El perfil del ingeniero.

Las Mesas de Trabajo organizadas en el seno de la Reunión Nacional, retomaron, para su estudio, los cuatro subtemas nucleares planteados en los Foros, a saber: las estrategias curriculares, la formación pedagógica, el sistema educativo y el perfil del ingeniero. A continuación, se presentan los informes elaborados por dichas Mesas, que estuvieron coordinadas, respectivamente, por Rafael Capacho, profesor de la Universidad del Norte de Barranquilla, Julio César Cañón, profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y Ana María Restrepo, Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad La Gran Colombia, seccional Armenia.



# Mesa de Trabajo Núm. 1

## ESTRATEGIAS CURRICULARES<sup>a</sup>

*Coordinador: Rafael Capacho*

Las conclusiones de la Mesa de Trabajo que estudió el subtema de las estrategias curriculares, en el marco de la XXVI Reunión Nacional de Ingeniería, deben ser interpretadas teniendo en cuenta las siguientes premisas:

1. Las conclusiones están referidas a un tiempo futuro, luego en términos de prospectiva no son determinísticas.
2. Las conclusiones deben ser sometidas a una continua y permanente revisión por parte de las instituciones de educación superior (IES) y específicamente de los programas o facultades adscritas a la enseñanza de la Ingeniería en Colombia.
3. Las cambiantes condiciones del contexto social, político, y económico, en el marco de la sociedad informacional y global presente y futuro, hacen que las conclusiones deban ser adaptadas a contextos globalizados, o sea han de ser contextualizadas en los contextos locales y globales donde se oferten los programas de Ingeniería.

Teniendo en cuenta los tres siguientes axiomas que se aplican internacionalmente a la Ingeniería:

1. La Ingeniería es de alta responsabilidad social.
2. El lema de considerar la Ingeniería como un "asunto de defensa nacional".
3. La Ingeniería es una de las disciplinas del conocimiento fundamentales en la conservación del planeta tierra.

Las conclusiones de la mesa de trabajo número uno son las siguientes:

Las competencias necesarias que podrían caracterizar al Ingeniero del 2020 son:

- La competencia analítica y la capacidad de síntesis, las cuales son base para los procesos de apropiación teórica, de abstracción y de diseño en Ingeniería.
- La competencia de creatividad e ingenio práctico, para realizar labores profesionales de invención e innovación apoyadas con acciones de planificación, combinación y adaptación donde utilizando su capacidad de

ingenio pueda identificar los problemas y sus soluciones factibles de ser tratados a través de las teorías y prácticas de la Ingeniería.

- La competencia comunicativa multilingüe aplicada a los contextos oral, escrito y gráfico, para poder interactuar con otras disciplinas del conocimiento.
- La competencia informática y de adaptabilidad tecnológica, con el fin participar como sujeto activo en la nueva revolución tecnológica.
- La competencia de trabajo en equipo.
- La competencia de aprender a aprender y de aprender a lo largo de la vida, para consolidar su autonomía intelectual y moral al servicio de la sociedad con sentido humanista.

Entre las estrategias sugeridas para la capacitación de los profesores están la construcción de un plan estratégico de formación docente a cargo de las IES, conducente a títulos de maestrías y doctorados, tanto en el campo específico como en educación, con tiempo de dedicación exclusiva al proceso formativo del profesor y recursos financieros garantizados por el tiempo del doctorado. Este plan debe estar alineado con el plan de desarrollo de las IES, el cual debe contener estratégicamente las enseñanzas en Ingeniería que se van a ofertar a la sociedad.

Las recomendaciones para flexibilizar el desarrollo de un programa de pregrado son la exploración, aplicación y evaluación de estructuras curriculares:

1. Por proyectos, en los que los procesos de teoría, abstracción y diseño en Ingenierías, se hagan a nivel interdisciplinario en las propias Ingenierías o con otras disciplinas del conocimiento.
2. Problematicadoras o con un currículo en el que el proceso de enseñanza-aprendizaje en Ingenierías se haga a través de la solución de problemas del mundo real en el que participen varias disciplinas.
3. Lineales o tubulares, en red o arborescentes, donde el conocimiento que se va a enseñar se organice por asignaturas, pero garantizando tanto la flexibilidad de los contenidos de las asignaturas como indicando un índice de flexibilidad del currículo.
4. De naturaleza presencial, virtual o híbrida donde se garanticen acciones de enseñanza-aprendizaje con alta cobertura y alta calidad en el proceso enseñar-aprender.
5. Considerar formas alternativas de educación en ingeniería (formación por ciclos).
6. Integración transversal y longitudinal del currículo.

Finalmente, la evaluación del proceso de formación se debe realizar mediante: pruebas internas que, utilizando el enfoque de evaluación del aprendizaje del estudiante por procesos, garanticen su aprendizaje y, consecuentemente, su formación como ingeniero; pruebas internas que necesariamente deben ser complementadas por procesos de evaluación de la clase, el currículo, el programa ofertado en ingeniería y las IES, como un todo. Igualmente, se han de considerar en la evaluación del proceso formativo los procesos de autoevaluación, coevaluación, hetero-evaluación y evaluación externa, participando y apoyando activamente procesos de evaluación que aseguren la calidad educativa en el ámbito nacional (ECAES y acreditación voluntaria de alta calidad) como internacional (TOEFL<sup>1</sup>, PISA<sup>2</sup>, TMSS, SERCE o acreditación voluntaria internacional con ABET u otra agencia acreditadora), y adicionalmente evaluar el desempeño del egresado

## Mesa de Trabajo Núm. 2

### FORMACIÓN PEDAGÓGICA PARA LA FORMACIÓN DEL INGENIERO DEL 2020

*Coordinador: Julio César Cañón*

#### Resumen

ACOFI organizó a lo largo de 2006 una serie de eventos académicos cuyos temas centrales estaban definidos por el tema principal de la 26<sup>a</sup>. Reunión Nacional. Dentro de este último evento se programaron mesas de trabajo para abordar de manera colegiada los resultados iniciales de las discusiones adelantadas en los eventos previos. El propósito es presentar en el foro final las conclusiones sobre las áreas temáticas tratadas en los foros preparatorios, enriquecidas con los debates en las Mesas de Trabajo realizadas durante la reunión de septiembre.

El tema acordado para la Mesa de Trabajo Núm. 2 está relacionado con la Formación pedagógica que deben recibir los docentes de Ingeniería para atender su compromiso de educación de los ingenieros del año 2020. Se muestran en esta memoria un resumen de la intervención inicial del

---

<sup>1</sup> Test of English as a Foreign Language

<sup>2</sup> Programme for International Student Assessment

Coordinador de la Mesa, una síntesis de las observaciones y comentarios formulados por los participantes y la relación de recomendaciones dirigidas a distintas instancias en relación con el tema objeto de discusión.

## El profesor universitario: un profesional expuesto a múltiples tensiones

A riesgo de desbordar el tema central de la convocatoria de la Mesa, la Coordinación propone a los participantes incluir en el análisis otras perspectivas que sumadas a la del compromiso pedagógico pueden resultar determinantes en la calidad del trabajo de los docentes.

El planteamiento medular es que el profesor universitario, además de ser actor principal en el proceso de enseñanza, está sometido a un campo de fuerzas en el cual se superponen los efectos de varios focos de tensión que inciden sobre su tarea. El esquema que acompaña a este texto muestra los principales centros de tensión con los cuales tiene relación el docente universitario

Ignorar el contexto de la docencia universitaria y minimizar los factores internos y externos que modelan su desarrollo puede conducir a consumir energía en propuestas muy bien intencionadas que luego no puedan concretarse en acciones tangibles y evaluables, por causa de la indiferencia gubernamental, los ajustes normativos, la hostilidad gremial, el desinterés institucional o las prioridades de inversión de los recursos sociales.



En el análisis de las razones del cuestionamiento social sobre la calidad académica, profesional y pedagógica de los docentes universitarios deben incluirse variables tales como el bajo nivel promedio de formación de los profesores para la investigación, las modalidades de contratación que los vinculan a las instituciones y el relativamente bajo nivel de su remuneración.

El mapa de la docencia universitaria incluye una amplia gama de perfiles de profesor universitario: desde el docente sólidamente formado y calificado a lo largo de una práctica responsable y consciente de la importancia social de su tarea, hasta el vinculado de manera temporal, y a veces casi accidental, a una asignatura ofrecida dentro de un programa universitario. El variopinto mundo de instituciones de educación superior es proporcional al mosaico taxonómico de los profesores universitarios.

Las motivaciones que pueden apoyar la decisión de tomar la responsabilidad de ser profesor universitario en nuestro medio conforman un mosaico muy amplio: vocación pedagógica, consideraciones culturales, curiosidad, imagen social, respaldo para obtener apoyos financieros para estudios de posgrado y búsqueda de asilo temporal contra los efectos del desempleo profesional, entre otras.

El crecimiento cuantitativo de las entidades de educación superior acentúa la crisis de la docencia universitaria. El número de personas vinculadas a las instituciones y programas en calidad de profesores se incrementa de manera significativa mientras que las medidas dirigidas a cualificar los procesos de selección y formación están limitadas a las iniciativas de algunas instituciones. De hecho, no existe una política pública dirigida a la formación de profesores universitarios, a pesar de que ellos son, en últimas, los responsables de atender los efectos de la ampliación de cobertura, así como de responder a las exigencias de aseguramiento de la calidad, internacionalización, virtualidad y uso de nuevas tecnologías en la educación.

La forma como se resuelven los problemas de selección, vinculación, capacitación y evaluación de los docentes es también un ejemplo de diversidad. La jubilación, a edades relativamente tempranas, de docentes en las universidades oficiales facilita su desplazamiento hacia el sector privado que presta servicios de educación superior. Esta movilidad de la experiencia suscita serios interrogantes sobre la real motivación de estos docentes en materia de

actualización, formación en innovaciones pedagógicas y empleo de nuevas tecnologías.

Una alternativa de vinculación de profesores apela a profesionales recién egresados, incluso sin experiencia en su propia especialidad, quienes por la vía de la vinculación a cursos de posgrado ofrecidos en las propias entidades a las cuales se incorporan como profesores resuelven, al menos desde la perspectiva de administradores y directivos, los problemas de cualificación docente.

A pesar de que cada institución exhibe improntas y anuncia características de distinción en sus declaraciones misionales y en su proyecto formativo, un buen número de los profesores de cátedra distribuye su jornada laboral entre varias instituciones lo que obliga a suponer algunos deslices en el pretendido sentido de pertenencia y sugiere que no existe una genuina asimilación del espíritu de cada institución, salvo que se acepte una extraordinaria capacidad de mimetismo conceptual.

El embrujo de la globalización y el afán de actualizar algunos indicadores de competitividad ha impulsado en los últimos años la adopción de exigencias de títulos doctorales como requisito de vinculación a la docencia universitaria. Es indudable que mayores niveles de formación de los profesores son el respaldo de avances en la investigación y la docencia, pero es sano recordar que los niveles superiores de formación en un área específica del saber no garantizan un ejercicio docente adecuado, sobre todo si las habilidades y conocimientos del profesor son incompatibles con los programas curriculares o los proyectos de investigación puestos bajo su responsabilidad.

Las condiciones del ejercicio profesional de la docencia universitaria en el país son complejas y exigen una visión sistémica, respetuosa de todas las variables involucradas. Así, la coexistencia de modalidades, jornadas, denominaciones y especialidades de formación superior, los mediocres resultados de desempeño escolar, los precarios promedios nacionales de lectura, la escasa producción escrita, las exiguas cifras sobre creación y sostenimiento de empresas productivas, las crecientes cifras de desempleo e informalidad profesional, el bajo número de patentes nacionales y la debilidad de los indicadores de productividad académica no pueden pasarse por alto cuando se trata de trazar proyectos sostenibles de capacitación y formación de docentes universitarios.

La tendencia a subestimar la importancia del contexto y a reducir la aceptación de las propuestas de cambio pedagógico y didáctico simplemente a la actitud favorable, casi espontánea, de los profesores, puede conducir a la promulgación de normas de difícil aplicación o a la adopción de modelos románticos e impracticables, con el consiguiente desmedro para la confianza social en la calidad de los programas y en la efectividad de la intervención del Estado en la educación superior.

El debate sobre las responsabilidades de los profesores universitarios debe incluir nuevos elementos: las tensiones entre la libertad de cátedra y las presiones del entorno –exigencias del mercado- en la definición de contenidos y formas de enseñar y de aprender, son un buen ejemplo. Otro, de innegable actualidad, involucra el significado que la formación virtual tiene para los docentes que no dominan los lenguajes cibernéticos ni tienen acceso garantizado a los medios tecnológicos. Sería interesante examinar el contraste entre la capacidad y disposición de los estudiantes para utilizar equipos y programas de computación y las dificultades que algunos docentes tienen para servirse ventajosamente de esos mismos soportes tecnológicos.

En los últimos años se ha incrementado la expedición de disposiciones gubernamentales relacionadas con la calidad y pertinencia de los programas de educación superior. Medidas como la obligación del registro calificado, la adopción de los créditos académicos, la preparación y aplicación de exámenes de estado, la formación por ciclos y la acreditación voluntaria de programas e instituciones se apoyan en gran parte en la labor de los docentes. En este sentido, el gobierno ejerce presión sobre los profesores, responsables en últimas de la aplicación de medidas en cuya construcción e implementación no han tenido, en general, una participación apreciable.

La sociedad por su parte reclama del profesor universitario contribuciones como orientador de la formación de nuevas generaciones de profesionales de quienes se espera un compromiso serio con el mejoramiento de las condiciones generales de vida de la población, incluido el respeto por el medio ambiente como parte de un estricto conjunto de valores ciudadanos y un irreprochable sentido ético en el manejo de los recursos públicos.

La educación superior espera de los profesores un sólido compromiso con las tareas esenciales de las declaraciones misionales y les exige altos niveles de

desempeño en las labores docentes, en su participación en proyectos de investigación, en el ejercicio de funciones directivas y en las crecientes relaciones con la industria y el estado a través de ejercicios de consultoría y asesoría. En este cuadro de tensiones resulta notorio que ni el tiempo ni los recursos asignados para la formación en pedagogía resultan suficientes. Por fortuna, particularmente entre los docentes más jóvenes, ha aumentado el interés por la formación en temas pedagógicos, de diseño curricular y de gestión y dirección universitaria, pero el esfuerzo es todavía inferior a las necesidades en esta materia.

Desde la perspectiva de sus relaciones con las instituciones de educación superior, actuando en su rol de patrones, los docentes se asimilan a costos que deben ser minimizados para mejorar los indicadores de gestión y mostrar discutibles niveles de eficiencia. La agudización de los conflictos entre los intereses académicos y las exigencias económicas repercute en variables como el sentido de pertenencia, la fidelidad a los compromisos misionales, la cordialidad de las relaciones laborales y, en resumen, en el clima institucional. Cada vez resultan menos efectivas las metáforas que asimilan a los profesores con imágenes de apostolado y les reclaman multiplicar sus esfuerzos al tiempo que se dividen sus ingresos y se disminuye el reconocimiento social de su trabajo.

Cuando a estas variables, que forman un entramado complejo y dinámico, se agregan las exigencias derivadas de los impulsos de la globalización económica el profesor universitario descubre nuevas tensiones: la internacionalización de la educación, la aparición de nuevos proveedores de servicios educativos, la competencia de la virtualidad, sumadas a la homologación de procesos formativos y estrategias de aprendizaje que se trasladan empujadas por la asimilación de la educación superior a una mercancía que se somete a las leyes del mercado y se despoja paulatinamente de sus compromisos de orientación social.

Si se consideran las dimensiones múltiples del trabajo docente y se examinan con atención las relaciones del profesor universitario con el poder, el conocimiento, la producción y la sociedad es probable que las necesidades de formación pedagógica adquieran nuevas perspectivas y no puedan tomarse aisladas del contexto en el cual se desarrolla el compromiso docente. Sin el apoyo decidido de las autoridades educativas y económicas, sin la posibilidad

de alcanzar los niveles más altos de conocimiento en su saber específico, sin planes de cooperación de mutuo aprendizaje y provecho recíproco de las relaciones con la industria y, sobre todo, sin el reconocimiento social de la importancia estratégica de la formación integral de los docentes como requisito para la formación integral de los estudiantes es difícil formular un modelo creíble de mejoramiento sostenido de la docencia universitaria.

Por supuesto, no se trata de renunciar a las iniciativas de capacitación y formación pedagógica de los profesores con la excusa de la dificultad de la tarea. Se trata de encarar el problema con visión sistémica y comprensión de la complejidad implícita en el proyecto, de tal suerte que las propuestas involucren a todos los actores, promuevan las alianzas necesarias y reconozcan la incidencia que variables aparentemente ajenas al problema tienen sobre la factibilidad de las soluciones propuestas.

### **Intervenciones de los participantes<sup>3</sup>:**

De las interesantes intervenciones de los asistentes a la sesión de trabajo pueden extractarse algunos lineamientos sobre los cuales se construyen luego las recomendaciones formuladas a la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI para que se procure materializar el ejercicio adelantado durante el año en relación con el debate sobre temas esenciales para la formación de los ingenieros.

Es importante iniciar acciones de mejoramiento y capacitación pedagógica de los docentes dado que quienes están actualmente como estudiantes de los programas de ingeniería serán parte del cuerpo docente en ejercicio en 2020. Las instituciones deben adoptar medidas en el corto plazo como resultado de las conclusiones de foros como el promovido por Acofi. El mensaje surgido de estos eventos debe llegar a quienes orientan y dirigen la educación superior y las instituciones de educación superior y, en consecuencia, pueden tomar decisiones y asignar recursos. La excesiva prudencia frente a las autoridades puede resultar peligrosa porque encubre situaciones potencialmente dañinas

---

<sup>3</sup> En la discusión se escucharon los comentarios de los profesores: Claudia Baloco, Corporación Universitaria de la Costa; Guillermo Restrepo González, U. de Antioquia; Jorge Enrique López, U. del Valle; Edgar López, U. Católica de Bogotá; Miguel Corchuelo, U. del Cauca; César Jaramillo, U. Tecnológica de Pereira; Ricardo Llamasa, UIS; Esperanza Aguilar, UIS; Alexander Pareja, Tecnológico Municipal de Cali; William Mora, U. Distrital; Gerardo Beltrán, U. de América; Ángel Rojas, U. Cooperativa y Juan M. Barraza, U. del Valle. Las limitaciones de tiempo impidieron conocer los valiosos aportes de otros participantes en la Mesa

que deben ser reveladas, justamente en eventos académicos como los promovidos anualmente por ACOFI.

Los profesores de los programas de ingeniería son profesionales con necesidades específicas de formación en pedagogía y docencia. Las instituciones de educación superior deben crear Nodos Pedagógicos en cada facultad, o escuela de ingeniería para propiciar el diálogo y el estudio de temas pedagógicos, contando con el apoyo de estudiantes y profesores de doctorados y maestrías en Educación.

Las discusiones son importantes para contextualizar los problemas, pero deben aterrizarse los objetivos planteados y definirse las estrategias a partir de fortalezas y debilidades de los docentes y los estudiantes en el aula. Dentro de las propuestas de cualificación pedagógica debe alentarse la identificación y desarrollo de métodos para *aprender haciendo*, en todas las asignaturas, laboratorios y actividades prácticas.

Los instrumentos de mejoramiento de la labor docente pueden inspirarse, con las adecuaciones pertinentes, en normas de aseguramiento de la calidad existentes en la industria, y originadas en la academia, tales como las normas ISO. Es importante aproximar el mundo de la docencia al mundo real y definir, desde la perspectiva social, quienes serán los beneficiarios de la acción de los ingenieros 2020.

En un análisis sistémico del problema de la educación es importante considerar las variables demográficas y las tendencias del comportamiento poblacional. La capacitación pedagógica está relacionada con el tipo de población al cual estará dirigida la función docente en el futuro. No debe rehuirse la visión prospectiva para responder inquietudes como: ¿Educación superior para quién? ¿Para estudiantes de la tercera edad? ¿Para estudiantes extranjeros?

Es importante tratar de cerrar la brecha y mejorar la comprensión entre la educación superior y los sectores vinculados a la producción, aprovechando de esa manera el conocimiento y la experiencia presentes en el entorno. En las dimensiones del profesor universitario debe incluirse la capacidad de gestión para mejorar el diálogo con el sector privado promoviendo, por ejemplo, las pasantías de profesores en la industria. De esta manera, la academia, la industria y el estado pueden sumar esfuerzos para el proceso de formación docente.

La preocupación por los estudiantes que llegan a los programas de ingeniería hace parte de la responsabilidad social del docente y debe extenderse a la formulación de propuestas para mejorar las relaciones con la escuela básica y la educación media. El trabajo de los docentes debe tratar de seducir al alumno gracias a la combinación de conocimiento de la disciplina profesional, capacidad pedagógica, experiencia en el mundo real, afecto y promoción de un ambiente positivo en el aula.

En la formación de los profesores es importante valorar el impacto de las decisiones normativas que regulan el ejercicio docente, así como mejorar entre los directivos de programas de ingeniería la aceptación de los estudios de posgrado en educación como parte de la formación integral del profesor. Los ingenieros deben reflexionar sobre su saber, sobre su historia, sobre el efecto social, económico y ambiental de su trabajo. Los doctorados en educación existentes actualmente en el país no incluyen a la ingeniería como línea de estudio, por lo cual es conveniente proponer en esos niveles de estudio líneas de investigación en pedagogía y didáctica de ingeniería y programas de posgrado para la formación docente en ingeniería.

## **Recomendaciones para la Asociación**

El notable esfuerzo que anualmente realiza ACOFI para convocar a las facultades de Ingeniería, sus directivos, profesores y estudiantes, alrededor de los temas cruciales para el desarrollo académico y el mejoramiento pedagógico en la formación de los ingenieros, debe ser correspondido por quienes disponen de los recursos políticos, institucionales, económicos y operativos para materializar las propuestas y canalizar las iniciativas.

A partir de esta consideración, la Coordinación y los participantes en la Mesa de Trabajo Núm. 2, "Formación Pedagógica para el Ingeniero 2020", recomiendan a la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería:

1. Entregar a las autoridades educativas y académicas, Ministerio de Educación Nacional, Asociación Colombiana de Universidades, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Sociedades Regionales, Asociaciones y Gremios de la Producción, entre otras; las conclusiones de los Foros y Reuniones Nacionales. Las observaciones y recomendaciones formuladas tienen la intención inequívoca de mejorar los procesos de formación de los ingenieros

y, en consecuencia, apuntan a vigorizar el ejercicio profesional y a incrementar los niveles de productividad y competitividad necesarios para elevar la calidad de vida de la sociedad y, por eso, deben llegar a quienes orientan y dirigen la educación superior, a quienes conforman el sector productivo nacional y a las autoridades nacionales, regionales y locales que pueden tomar decisiones y asignar recursos.

2. Sería interesante que los funcionarios, dirigentes y líderes gremiales que acompañan habitualmente las ceremonias de instalación de las Reuniones Nacionales de ACOFI se convocaran a las sesiones de clausura de los eventos y pudieran de esa forma tener información de primera mano sobre las reflexiones y recomendaciones de quienes conforman el cuerpo académico de la ingeniería nacional.
3. ACOFI debe promover la creación de Organismos de Apoyo Pedagógico (sean ellos Nodos, Institutos, Centros o Programas) en las facultades y escuelas de Ingeniería para propiciar el diálogo y el estudio de temas relacionados con la tarea de los docentes y promover acciones de mejoramiento con el apoyo de programas de Doctorado y Maestría en Educación. En este sentido es importante evaluar las experiencias de instituciones y programas que hayan dado pasos en esta dirección para apropiar las mejores prácticas y aprender de las dificultades que se hayan identificado. Es conveniente proponer líneas de investigación en pedagogía y didáctica de ingeniería en los Doctorados en Educación y promover la creación de programas de posgrado para la formación docente en Ingeniería
4. ACOFI debe fomentar el acercamiento entre los programas de ingeniería y los sectores vinculados a la producción, de tal forma que de la cooperación se deriven beneficios mutuos y se establezcan relaciones simétricas que permitan aprovechar socialmente el conocimiento y la experiencia presentes, tanto en las instituciones de educación superior como en el entorno productivo. Los profesores deben vincularse en esos proyectos como actores interesados en el doble propósito de enriquecer las perspectivas curriculares y actualizar el ejercicio profesional y el contacto con el entorno.
5. ACOFI puede facilitar el acercamiento del cuerpo docente de los programas de ingeniería a otros niveles educativos relacionados con la formación profesional. La detección temprana de dificultades y limitaciones en los

estudiantes de la escuela secundaria podría facilitar la preparación de estrategias e instrumentos pedagógicos adecuados para mejorar las posibilidades de éxito de los estudiantes universitarios. El trabajo de los docentes debe ser el resultado de la combinación de conocimiento de la disciplina profesional, capacidad pedagógica y experiencia en el mundo real, incluido el sector educativo.

6. En la formación de los profesores es importante valorar el impacto de las decisiones normativas que introducen cambios de fondo en el régimen de la educación superior. Es imperativo que los profesores participen de manera calificada en la discusión sobre temas que remodelan completamente el paisaje del trabajo de los docentes: créditos académicos, formación y evaluación por competencias, modalidades virtuales y formación por ciclos, entre otros.

## Mesa de Trabajo Núm. 4

### EL PERFIL DEL INGENIERO 2020

*Coordinadora: Ana María Restrepo*

*La Ingeniería nace tanto de la práctica (fábrica)  
como de la teoría (raciocinio).*

*La práctica es una felicidad mecánica,  
desarrollada mediante el estudio y el ejercicio.*

*La teoría es la capacidad de describir y explicar el objeto diseñado.*

*Marcus Vitruvius Pollio, circa 25 a.C.*

El dinamismo que caracteriza a la sociedad actual, es una de las grandes ventajas con las que se cuenta en el siglo XXI. Un reflejo de esta dinámica es la gran producción de información que se ha dado en los últimos treinta años, la cual es mucho mayor a la generada en los 500 años anteriores; por no hablar del gran número de inventos, desarrollos tecnológicos y científicos que han impreso un aire modernidad al sector empresarial y académico.

En el mundo se publican diariamente más de 4.000 libros, documentos a los que tiene acceso la gran mayoría de la humanidad mediante el uso de las nuevas

tecnologías de la información y la comunicación. Esta nueva situación ha hecho que se hayan dejado atrás las innumerables barreras geográficas, económicas y sociales que dificultaban la integración y la movilización del conocimiento.

Vivimos en una “aldea global” que exige profesionales altamente cualificados, capaces de innovar y desarrollar procesos que no sólo brinden la posibilidad de elevar los niveles de calidad desde el punto de vista netamente económico y productivo, sino que además garanticen el desarrollo de una sociedad cada vez más humana y más respetuosa de su ser y, por lo tanto, de su entorno.

Este ideal exige la formación de profesionales cada vez más conscientes de su realidad, profesionales capaces de trabajar en equipo, que se distingan por tener la habilidad de pensar de manera convergente y divergente, personas creativas, líderes, y con fuertes competencias en el uso de las nuevas tecnologías y el manejo de un segundo idioma.

Lo anteriormente planteado, exige también a las instituciones educativas repensar sus procesos y definir los modelos de enseñanza-aprendizaje que aplicarán para abordar su responsabilidad. Los docentes, por su parte, deberán reinventar su trabajo y asumir nuevas responsabilidades que los obligan a comportarse como verdaderos orientadores, dejando atrás modelos transmisionistas, para dar paso a nuevos modelos en los que los estudiantes sean los encargados de descubrir los conceptos científicos y técnicos que deben comprender y dominar.

No podemos dejar atrás ni restar importancia a la fundamentación científica que siempre ha distinguido a los profesionales de la ingeniería. Por el contrario, con el nuevo perfil planteado, esta competencia toma mayor relevancia, porque los dichos profesionales, a partir de sus habilidades sociales, deben tener la capacidad de abordar diferentes problemas, desde su saber disciplinar, con el fin de darles solución.

El escenario que les espera a los futuros profesionales en Ingeniería es muy complejo. Deberán ser ingenieros con las competencias, habilidades y actitudes necesarias para modernizar los sistemas productivos y enfrentar los retos que plantean los nuevos paradigmas de la competitividad. La dimensión principal de estos nuevos ingenieros puede resumirse diciendo que deben ser seres humanos cualificados, capaces de diseñar, crear y mantener sistemas

productivos que, sustentados en elementos altamente innovadores y diferenciadores, tengan la capacidad de competir nacional e internacionalmente.

Para concluir, el reto de formar los profesionales en Ingeniería del siglo XXI es un asunto que no sólo preocupa, sino que invita a la reflexión en torno a la identificación de estrategias que permitan enriquecer el currículo y los modelos de enseñanza.

En este marco, ACOFI propone la discusión acerca de los tres aspectos siguientes:

- mentalidad innovadora y mentalidad empresarial en la formación de los ingenieros;
- dimensión socio humanística en el ingeniero;
- papel del ingeniero frente a las tecnologías emergentes.

Para ayudar a centrar la discusión se plantearon las preguntas que se mencionan a continuación:

1. ¿Cómo se relaciona el perfil de ingeniero del año 2020, con un currículo que cambie la mentalidad de empleo, por una mentalidad innovadora, promotora de desarrollo empresarial y generadora de oportunidades?
2. ¿Se puede afirmar que la tecnología está deshumanizando al ingeniero? ¿Se conservará y reconocerá la verdadera dimensión de la formación humanística en el perfil del ingeniero 2020?
3. ¿Cómo incluir en el perfil del ingeniero 2020 las estrategias que permitan que el ingeniero cree y maneje tecnologías emergentes?

El grupo manifiesta, inicialmente, que es importante mantener estos espacios de discusión y debate, ya que permiten enriquecer y compartir los ideales, las preocupaciones y las propuestas que cada institución tiene frente a la responsabilidad de formar Ingenieros, algunos de los cuales se formulan a continuación:

- La pertinencia y coherencia de los planes de estudios de acuerdo con estándares nacionales e internacionales.
- La identificación y puesta en marcha de estrategias que ayuden a transformar el actual modelo de enseñanza-aprendizaje en un proceso constructivista más activo, de tal forma que se puedan intercambiar los roles del estudiante y del docente, para lograr una articulación efectiva entre ellos que les permita complementarse.

- La implementación de estrategias de enseñanza que permitan apoyar los procesos de aprendizaje de los estudiantes, que se caracterizan por ser jóvenes que presentan cada vez más vacíos académicos e incluso problemas de tipo emocional.
- El logro de la mayor articulación y equilibrio posibles entre la profundidad y la extensión en las propuestas académicas previstas en el currículo. Hay que recordar que, además de ocuparse del desarrollo de competencias en el área disciplinar y profesional, la educación de los ingenieros debe preocuparse por su formación en el área social para poder garantizar tanto el éxito como la responsabilidad en el ejercicio profesional.
- La construcción, dentro de las instituciones de educación, de espacios, que permitan al estudiante acercarse a la práctica profesional, a partir de ejercicios que redunden en la solución de problemas tanto científicos como tecnológicos, desde los primeros periodos académicos.
- El mejoramiento constante del quehacer académico y de la práctica docente.

Luego de escuchar los aportes de los participantes y tras el correspondiente debate, se llegó a las siguientes conclusiones:

### **Primera pregunta**

Mentalidad innovadora y mentalidad empresarial

Se requiere del continuo apoyo de ACOFI, para generar ámbitos en los que las disciplinas puedan conocerse y complementarse a través de sus diferentes énfasis, ya que todo proyecto empresarial o empresa, para ser exitosos, deben apoyarse en las diferentes áreas de la ingeniería.

Los currículos rígidos, fruto de las directrices generales que especifican las áreas de formación que deben abordar los programas de Ingeniería, no favorecen la implementación de espacios que permitan desarrollar habilidades empresariales en el futuro ingeniero. Las propuestas de flexibilización curricular poco o nada se reflejan en el quehacer académico, lo que no favorece el trabajo interdisciplinario ni el trabajo en equipo. Este tipo de estructuras y exigencias actuales pueden llegar a limitar la creatividad y la innovación en la comunidad académica.

Es indispensable generar programas de capacitación docente en los que se compartan estrategias y experiencias que apoyen la adquisición de habilidades empresariales, no sólo en los estudiantes, sino en los profesores mismos. La

solución no está en traer a las aulas a los empresarios; la solución radica en enseñar cómo formar verdaderos seres humanos capaces de asumir riesgos.

Es necesario que las universidades se acerquen y conozcan de cerca los diferentes ejercicios de diagnóstico y prospectiva que vienen desarrollando las regiones, y que sirven de soporte para definir las áreas prioritarias de desarrollo. La academia está muy lejos de participar activamente en el desarrollo e implementación de propuestas tales como: Objetivos del Milenio, Plan Visión Colombia 2019, Agrocolombia 2025, Planes de Desarrollo departamentales y municipales, Planes de Agenda Interna, TLC, etc.

Existen unidades de negocios que pueden apoyar el desarrollo y fortalecimiento del espíritu empresarial en los estudiantes. Valdría la pena adelantar alianzas estratégicas con Centros Empresariales e Incubadoras.

Es interesante fomentar el desarrollo de Jornadas en las cuales los empresarios tengan la posibilidad de socializar sus proyectos de vida y de negocio, dando a conocer a los estudiantes la realidad que acompaña la creación de una unidad productiva o de negocios.

Conviene implementar estrategias formativas que permitan acompañar al estudiante en el desarrollo de sus propuestas empresariales. Entre otras, se pueden destacar la realización de muestras empresariales y la formulación de proyectos integradores.

Conformar mesas sectoriales en diferentes renglones económicos, en las que la universidad tenga la oportunidad de socializar su currículo y el empresario pueda enriquecerlo a partir de su experiencia.

Ampliar la visión y el perfil del egresado en Ingeniería, propendiendo por el desarrollo de habilidades que, si bien no se sustentan con el rigor científico, pueden apoyar la solución de problemas sociales en las comunidades.

Intentar que el estudiante, desde el primer semestre, formule una idea de negocio, que pueda ser enriquecida a lo largo de la carrera con el saber disciplinar.

Definir y fortalecer los procesos de extensión social en las universidades, orientándolos no solo hacia la realización de consultorías y asesorías, sino que

paralelamente incentiven a la comunidad académica para que apoye el desarrollo productivo y social de la sociedad en general.

Apoyar el desarrollo de competencias en un segundo idioma, con el fin de poder acceder a mercados internacionales.

Ser conscientes de que la mentalidad emprendedora forma parte de un currículo oculto y que, por lo tanto, no basta con definir una serie de espacios académicos en una malla curricular.

## **Segunda pregunta**

Dimensión socio-humanística

La formación en ingeniería ha de tener en cuenta que la tecnología debe utilizarse como un medio para lograr el bienestar de la sociedad y dejar de verse como un fin en sí misma. Las propuestas más críticas de formación apuestan por dar más relevancia a la formación integral y considerar la tecnología como un componente accesorio.

El Estado tiene la obligación de revisar y rediseñar las políticas y lineamientos definidos, frente a las condiciones de calidad que debe cumplir una universidad para alcanzar la acreditación obligatoria o voluntaria. Actualmente no se están valorando adecuadamente los procesos que muchas instituciones adelantan con relación a la formación del ser humano.

Igualmente, se deben revisar los parámetros tenidos en cuenta para calificar los procesos de investigación. En la actualidad se da mayor importancia a las propuestas de intervención que redundan en grandes avances de tipo tecnológico aunque, en la gran mayoría de las ocasiones, no aporten soluciones a los graves problemas de miseria y hambre que afectan a gran parte de la población mundial.

Frente a este último aspecto, es importante mencionar que las actuales políticas académicas están motivando al docente a que investigue únicamente por llegar a publicar. Lograr una publicación le brinda la posibilidad de acceder a más y mejores recursos financieros mediante un reconocimiento profesional, aunque deje a un lado el proceso de transferencia y aplicación de los resultados obtenidos, en una comunidad determinada.

Se recomienda formar a los docentes en los temas de formación pedagógica, universitología y valores. Esta formación resulta especialmente importante en la actualidad, cuando los jóvenes que llegan a las aulas de clase, se distinguen por tener gran cantidad de problemas de tipo familiar, económico y académico.

Se recomienda dar una mayor importancia a la formación integral de los estudiantes y complementar los currículos de Ingeniería con conocimientos sociológicos, teniendo en cuenta que el ser humano es un ser social, independientemente de la profesión que ejerce.

La tecnología está deshumanizando la educación y, a nivel productivo, está mecanizando al ser humano.

### **Tercera pregunta**

Creación y manejo de tecnologías emergentes

Es necesario apoyar el desarrollo de habilidades y capacidades que permitan al docente y al egresado alcanzar la cultura del autoaprendizaje en torno a las tecnologías emergentes. Ello que requiere una sólida fundamentación en las ciencias básicas y de la ingeniería.

Propender por el desarrollo de políticas de tipo educativo que apoyen el desarrollo de competencias en el manejo de las tecnologías, en los niños, desde la formación básica.

Generar espacios de cualificación docente que brinden a los profesores la posibilidad de acceder a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, para poder usarlas, como herramienta, en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en la vida profesional en general.

Las universidades tienen obligación de adelantar un diagnóstico que posibilite la identificación y la caracterización de la demanda tecnológica en nuestro contexto productivo y académico, para preparar a los estudiantes con la fundamentación básica necesaria que les permita acceder fácilmente a su uso.



# Capítulo 3

Foro final





**T**uvo lugar el día 23 de noviembre de 2006, en el Auditorio San Francisco de Asís de la Universidad de San Buenaventura de la ciudad de Bogotá.

El Foro fue coordinado por Vicente Albéniz, profesor de la Escuela Colombiana de Ingeniería, quien abordó el tema de la síntesis de los trabajos realizados a lo largo del año 2006, con el fin de plantear los elementos que configuran las respuestas a los retos en la formación del ingeniero para el año 2020, para establecer cuáles deben ser las recomendaciones al respecto. En esta ocasión, en el panel participaron Julio César Cañón, profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, y Francisco Restrepo G., profesor de la Universidad Pontificia Bolivariana de la ciudad de Medellín



Este foro se convocó con la finalidad de socializar los resultados de los trabajos realizados a lo largo del año 2006. La síntesis final que se presenta en este capítulo, se elaboró con la siguiente metodología:

- En primer lugar se hizo el análisis y sistematización del conjunto de propuestas hechas a lo largo de los seis foros preparatorios, tanto en las diversas conferencias como en los paneles y las mesas de trabajo.
- Tras finalizar la XXVI Reunión Nacional, se llevó a cabo el mismo trabajo de análisis y sistematización de las propuestas resultantes de las conferencias, del panel internacional y de las mesas de trabajo. Así mismo se estudiaron las iniciativas presentadas en las ponencias y pósteres.
- Con los materiales procedentes de las dos fuentes señaladas, los foros preparatorios y la reunión nacional, se elaboró una síntesis, que se confrontó con los criterios y estudios producidos por diversas asociaciones de enseñanza de la ingeniería y acreditación de sus programas, tales como ABENGE<sup>1</sup>, ABET<sup>2</sup>, NAE<sup>3</sup>, ASIBEI<sup>4</sup>, y SEFI<sup>5</sup>.

Esta síntesis se organizó, articulando sus diversos elementos alrededor de los ejes constituidos por los dos grandes objetivos planteados para el trabajo del año 2006. Dicha síntesis fue presentada por Vicente Albeniz y comentada en el panel que siguió y, en el que intervinieron Francisco G. Restrepo y Julio César Cañón.

## Presentación

La recopilación sintética y propositiva que se presenta a continuación, hay que enmarcarla dentro el tema que constituyó el hilo conductor de la reflexión llevada a cabo por ACOFI a lo largo del año 2006: *Retos en la formación del ingeniero para el año 2020*.

Por esa razón, parece oportuno hacer unas mínimas consideraciones, previas a la presentación de esta síntesis final, recordando algunas de las ideas clave, planteadas en los distintos foros y en la reunión nacional, acerca de los dos elementos que estructuran el tema de la formación de los ingenieros del año

---

<sup>1</sup> Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, Brasil

<sup>2</sup> Accreditation Board for Engineering and Technology, EE. UU.

<sup>3</sup> National Academy of Engineering, EE. UU.

<sup>4</sup> Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería

<sup>5</sup> Sociedad Europea para la Formación en Ingeniería

2020: la tensión de futuro que se vive en el presente y la concepción misma de la ingeniería.

En los trabajos de prospectiva educativa, como el que nos ocupa, resulta sugerente recordar las palabras de Ilya Prigogine: "No podemos predecir el futuro, pero podemos prepararlo". Ya había advertido Ortega y Gasset, en el año 1933, que, en el caso de la práctica profesional de la ingeniería, y por lo tanto de la correspondiente formación, esta previsión resulta imprescindible: "Vean pues los ingenieros cómo para ser ingeniero no basta con ser ingeniero. Mientras se están ocupando en su faena particular, la historia les quita el suelo de debajo de los pies. Es preciso estar alerta y salir del propio oficio: otear bien el paisaje de la vida que es siempre total".

Immanuel Wallerstein ha descrito, con pinceladas firmes, la importancia y la dificultad del momento histórico que estamos viviendo: "¿Dónde estamos hoy? Estamos en un periodo de los más difíciles, social e intelectualmente: de confusión, de violencia, de incertidumbre y de transformación. Es este un periodo que hace sentir incómodos y temerosos a todos los participantes, porque los riesgos inmediatos son enormes. Pero también lo son los de largo plazo, teniendo en cuenta que durante los próximos 25 a 50 años determinaremos los parámetros fundamentales por los que el mundo se moverá en los próximos siglos. Esta responsabilidad es apabullante, mientras que nuestra visión es menos clara... Ahora que reconocemos que nuestra visión está empañada, quizás podamos medio percibir mejor las direcciones por las que debemos avanzar". La esperanza y el temor nos invaden ante el futuro desconocido. Corremos el riesgo de quedar colapsados por la omnipresente incertidumbre. En una situación como la descrita, resultan orientadoras las palabras del premio Nóbel de Física, R. P. Feynman: "Puedo vivir con duda e incertidumbre. Creo que es mucho más interesante vivir sin saber, que tener respuestas que podrían ser erróneas".

En 1825, el filósofo francés Auguste Comte se ocupó de la identidad de la ingeniería y de los ingenieros. Transcurridos cerca de doscientos años desde que fueron escritas, estas palabras conservan su validez y actualidad, y deberían convertirse en un estímulo para continuar trabajando enérgicamente en la tarea, siempre inconclusa, de construir y reconstruir la 'verdadera naturaleza de la clase de los ingenieros': "Es fácil reconocer en el campo científico, tal y como existe ahora, un cierto número de ingenieros, distintos de los hombres

de ciencia propiamente dichos. Esta importante clase nació cuando la Teoría y la Práctica, que salieron de puntos distantes, se acercaron lo suficiente para darse la mano. Esto es lo que hace que su *status* propio esté aún poco definido. En cuanto a las doctrinas características adecuadas para establecer la existencia especial de la clase de los ingenieros, su verdadera naturaleza no puede indicarse fácilmente porque sólo existen sus fundamentos. El establecimiento de la clase de ingenieros con sus propias características es de la mayor importancia, porque esta clase constituirá, sin duda, el instrumento de coalición directo y necesario entre los hombres de ciencia y los industriales por medio de los cuales solamente puede empezar el nuevo orden social". En momentos tan inciertos y turbulentos como los actuales, en los que, solicitados simultáneamente por un conservadurismo fosilizante y por un transformismo despersonalizador, por todas partes acecha el riesgo de perder la propia identidad, las palabras de Xavier Zubiri resultan especialmente iluminadoras: "La biografía consiste en ser siempre el mismo, no siendo nunca lo mismo".

Estos tiempos reclaman de las instituciones de formación, y de los formadores mismos, claridad en la visión, y fortaleza en la acción para responder a los retos que plantea la formación de los jóvenes que transitan actualmente por las aulas universitarias (clásicas o modernas, abiertas o cerradas, reales o virtuales,...). En *La Misión de la Universidad*, se planteaba Ortega la cuestión de la necesaria transformación de la universidad para que pudiera mantener su capacidad de respuesta formativa, en los 'nuevos tiempos'. Su propuesta, bien conocida, resulta adecuada para orientar las profundas transformaciones que hoy deben afrontar las instituciones de educación superior, para continuar siendo fieles a su misión: "Todo cambio, adobo o retoque de esta nuestra casa [la universidad] que no parta de haber revisado previamente con enérgica claridad, con decisión y veracidad, el problema de su misión, serán penas de amor perdidas".

## **Síntesis de las propuestas**

A continuación, se presenta el resultado de las reflexiones e iniciativas generadas en los seis Foros preparatorios y en la XXVI Reunión Nacional. Estas ideas, convenientemente confrontadas con las tendencias internacionales, planteadas por importantes Asociaciones de Enseñanza de la Ingeniería, se ponen a la consideración de las instituciones colombianas de formación de ingenieros, con la finalidad de que puedan convertirse en propuestas, que permitan

responder adecuadamente a los *Retos en la formación del ingeniero para el año 2020*.

## **Objetivo 1°**

**Identificar los *factores más relevantes* que constituirán los principales retos en la formación de los ingenieros en el horizonte del año 2020**

### **1. Contexto socio- económico:**

- Transformación cultural: nuevas ideas y creencias.
- Cambio constante y cada vez más rápido.
- Cambios demográficos.
- Globalización y competitividad.
- Procesos de integración regional.
- Procesos de construcción de nuevas identidades.
- Recursos tradicionales y nuevos recursos.
- Distribución de la riqueza.
- Problemas de alimentación.
- Nueva presencia de la naturaleza: sostenibilidad medioambiental.

### **2. Contexto laboral:**

- Reconceptualización del empleo y del trabajo.
- Pragmatismo laboral.
- Cambios en el mercado laboral relativos al personal cualificado.
- Aparición y desaparición de oficios y profesiones.
- Nuevas estructuras de organización y gestión.
- Nuevos conocimientos, competencias y destrezas.
- Incremento del sector servicios.
- Disminución de actividades agrícolas, industriales y extractivas.
- Desarrollo acelerado de analistas simbólicos.

### **3. Contexto científico-tecnológico**

- Desarrollo incesante de la ciencia y la tecnología.
- Nuevas tecnologías emergentes: I+D+I.
- Nueva revolución tecnológica: (nano, bio, info, cogno)tecnología.
- Convergencia tecnológica.
- Presencia de las NTIC´s.
- La sociedad de la información y la sociedad del conocimiento.
- La ciencia y la tecnología como creaciones humanas (sociales).

#### **4. Nueva presencia de la ingeniería**

- Los grandes desafíos de la humanidad se convierten en retos para la nueva presencia social de la ingeniería.
- Nuevas áreas de ejercicio profesional nacen permanentemente para la ingeniería.
- Los grandes desafíos de la ingeniería (desarrollo sostenible, crecimiento, seguridad, progreso científico y tecnológico...) sólo podrán resolverse en el seno de redes internacionales.
- Necesidad de ingenieros de alto nivel para los nuevos proyectos de desarrollo.
- Penuria creciente de ingenieros en algunas regiones del mundo.
- Las instituciones formativas no proveen suficiente número de ingenieros aptos para trabajar y evolucionar en un contexto global.
- Nuevos campos de actuación de los ingenieros: financieros, administración y gerencia de negocios, medicina, política pública...
- Responsabilidad social del ejercicio de la ingeniería

#### **5. Nuevo perfil del ingeniero**

- Con fuerte formación científica.
- Apasionado por la tecnología.
- Deseoso de ampliar el espectro de sus conocimientos.
- En aprendizaje constante, a lo largo de la vida.
- Innovador y creativo.
- Capaz de comunicarse en varias lenguas.
- Con dominio de los mecanismos de los mercados mundiales.
- Con espíritu emprendedor y empresarial.
- Capaz de transferir los avances tecnológicos a productos y servicios comercialmente viables.
- Flexible y con movilidad en su vida profesional.

#### **6. Nuevo perfil del estudiante**

- Más joven, menos orientado.
- Menos analítico, más sintético.
- Flexible, creativo.
- Pragmático, inmediateista.
- Posmoderno, anfibio cultural.
- Da gran importancia a lo tecnológico, a lo audiovisual, a la información...
- Nuevos valores, distintos de los tradicionales.

## 7. Nuevo contexto de las instituciones de educación superior (IES) de formación de ingenieros

- El peso de lo económico.
- El mercado como referente principal.
- La inspección y vigilancia por parte del gobierno.
- Formación de líderes con compromiso social, y solidarios.
- Ingeniería para todo y para todos.
- Necesidad permanente de actualizar currículos y programas.
- La importancia de la investigación y sus modalidades.
- Necesidad de mejorar las relaciones con el sector productivo.
- Necesidad de mejorar las relaciones con otras IES y con las asociaciones profesionales.
- Debate: ¿formación básica, generalista, especialista?
- ¿Duración del proceso de formación del ingeniero?
- ¿Competencias esenciales y su desarrollo a lo largo del tiempo?
- El peso de lo empresarial.
- Nuevos roles ante los nuevos estudiantes, en los nuevos contextos.

### Objetivo 2°

**Plantear *estrategias* de largo plazo que permitan a las instituciones de educación superior (IES) colombianas visualizar una formación de calidad en ingeniería en el horizonte del año 2020.**

#### 1. **Ámbito institucional:**

- Más recursos por parte del Estado.
- Mayor participación de las asociaciones en las decisiones que afectan a la ingeniería.
- Apoyar el sistema colombiano de calidad educativa.
- Que las asociaciones y los empresarios intervengan en los procesos de acreditación.
- Integración articulada de todos los segmentos educativos para formar un sistema educativo colombiano.
- ACOFI debe velar por la calidad de la evaluación externa (aplicación de pruebas y exámenes)
- Problema de la articulación de los estudios técnicos y tecnológicos, con la formación de ingenieros.

- Adecuada relación universidad-empresa.
- Relaciones más activas y pertinentes con los egresados.
- Infraestructura física y administrativa de las instituciones de formación de ingenieros.

## **2. Ámbito curricular:**

- El estudiante es el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Capacidad para formar a los actuales estudiantes en una situación social completamente nueva.
- Revisión de los currículos.
- Formación sólida en matemáticas y ciencias naturales.
- Capacidad de comunicación oral y escrita.
- Comprensión de los desarrollos sociales, económicos, filosóficos...
- Diálogo ingeniería-humanidades.
- Presencia de la formación ética.
- Formación en competencias.
- Conocimientos y habilidades en las nuevas tecnologías.
- Flexibilización del currículo.
- Interdisciplinariedad y efectividad.
- Flexibilidad en los modos de formación, de investigación, de trabajo...
- Nuevos contextos de aprendizaje.
- Nuevas formas de evaluación.
- Posibilidad de otras evaluaciones externas (examen intermedio,...)
- Número de créditos y duración de los estudios.
- Articulación pregrado-posgrado.
- Equilibrio entre metodologías presenciales y virtuales.
- La movilidad internacional de estudiantes, profesores, investigadores y administradores debe ser una prioridad para las instituciones formativas.
- Internacionalización del currículo.
- Integrar la dinámica de la globalización en el currículo y en la investigación.
- La calidad de la formación depende críticamente de la relación entre formación y práctica profesional, tanto local como internacional, tanto presencial como virtual.
- Es preciso y urgente desarrollar investigaciones sobre el ejercicio de la ingeniería en un contexto internacional, para afinar el perfil del ingeniero e impactar tanto su formación, como la organización de las instituciones formativas.

### **3. Ámbito de los profesores**

- Reconocimiento de la profesión de profesor de ingeniería
- El profesor de ingeniería debe ser un gestor del conocimiento, trabajar en equipo, tener habilidades comunicativas, ejercer un gran liderazgo, tener sentido de la profesión y manifestar siempre un comportamiento ético.
- Conocimientos actualizados en el área propia.
- Capacidades pedagógicas.
- Experiencia práctica.
- Espíritu de búsqueda e innovación.
- Capacidad para integrar formación e investigación con la práctica.
- Promover la formación de posgrado en educación.
- Participar en ciclos cortos de formación continua.
- Crear centros o áreas de investigación sobre la enseñanza de la ingeniería.
- Establecer planes institucionales de formación permanente del profesor de ingeniería en todas sus dimensiones.

# Anexo

**Asistentes a los Foros  
y a la XXVI  
Reunión Nacional**





Agradecemos muy sinceramente a todos los participantes su contribución a esta construcción colectiva, fruto del trabajo de la comunidad académica de las facultades de ingeniería.

## Primer Foro. Bucaramanga

Coordinador del Foro: Samuel Montero,

Decano Facultad de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga

INSTITUCIÓN	CIUDAD	NOMBRE
ACOFI	Bogotá	Eduardo Silva
ACOFI	Bogotá	Luis Alberto González
Escuela de Ingeniería de Antioquia	Medellín	Carlos Rodríguez L.
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Francisco Javier Rebolledo
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Andrés Jesús Osma
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Ángela Cavanzo
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Carolina Rinaldy López
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Germán Oliveros
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Godofredo Caballero
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Gustavo Navia
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Jairo Lopera P.
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Javier Jurado
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Javier Mauricio Vega
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Jose Antonio Giraldo
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	José Daniel Ruiz
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Lilica Nayibe Gelvez
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Luz Helena Carvajal
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	María Eugenia Serrano
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Nohora Isabel Nájera
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Pedro Quintero
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Raúl Restrepo
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Román Sarmiento
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Rubiel Jácome
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Serrano Lupita
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Wilson Briceño
Universidad de Antioquia	Medellín	Carlos Enrique Arroyave Posada
Universidad de los Andes	Bogotá	Carlos Francisco Rodríguez
Universidad de Nariño	Pasto	Jairo Antonio Guerrero
Universidad de Nariño	Pasto	Nelson E. Arturo
Universidad de Santander	Bucaramanga	Expedito Parra
Universidad de Santander	Bucaramanga	Gabriel Higuera G
Universidad de Santander	Bucaramanga	Jorge Hernández
Universidad de Santander	Bucaramanga	Luis Reina Villamizar
Universidad de Santander	Bucaramanga	Rosario Castellanos
Universidad del Norte	Barranquilla	Javier Páez Saavedra
Universidad Francisco de Paula Santander	Cúcuta	Gloria Isabel Duarte
Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	Adolfo León Arenas Landínez
Universidad Minuto de Dios	Bogotá	Carlos José Amaya
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Julio Esteban Colmenares
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Aldemar Remolina Millán
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Alex Alberto Monclou Salcedo

Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Alexandra Cerón Vivas
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Alfonso Santos Jaimes
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Álvaro Humberto Real Rey
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Amparo Téllez de Moreno
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Andrés Jesús Osma
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Ángela Cavanzo
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Angélica Flores Abril
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Carolina Rinaldy López
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Claudia Patricia Retamoso Llamas
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Claudia Paulina González Cuervo
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Claudia Sofía Quintero Duque
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Consuelo Castillo Pérez
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Elsa Beatriz Gutiérrez Navas
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Emil Hernández Arroyo
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Fabio Guzmán Serna
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Fabiola Castro Granados
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Fernando Duran
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Godofredo Caballero
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Graciela Morantes
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Gustavo Navia
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Hermes Barrera Ávila
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Jackeline Santamaría Valbuena
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Javier Mauricio Castellanos
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Jesús Antonio Vega Uribe
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	José Daniel Ruiz
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Juan Carlos Forero Sarmiento
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Juan Carlos Mantilla Saavedra
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Luis Alfonso Hijuelos Aguilar
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Luis Ángel Silva
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	María Irena Kopytko
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	María Ximena García Ballesteros
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Martha Rocío Mantilla Ardila
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Mauricio Tarazona Álvarez
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Nelson Moreno Gómez
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Néstor Iván Prado García
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Olmedo González Herrera
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Oscar Lozano
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Rafael Ortiz Pérez
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Raúl Restrepo
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	René Carreño Olejua
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Ricardo Gálvez
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Rubén Jácome
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Samuel Montero Vargas
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Serrano Lupita
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Yoan José Pinzón Ardila
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Zaida Janeth Jaimes Escalante
Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Jairo Lopera P.
Universidad Santiago de Cali	Cali	Danilo Cárdenas E.
Universidad Santo Tomás	Bucaramanga	Nelson Miguel Sandoval
Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena	Oscar Segundo Acuña
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Alberto Ocampo

Total asistentes 92

Instituciones Representadas 18

Ciudades 9

## Segundo Foro. Barranquilla

Coordinador del Foro: Henry Maury,

Decano Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria de la Costa, Barranquilla

INSTITUCIÓN	CIUDAD	NOMBRE
ACOFI	Bogotá	Eduardo Silva Sánchez
ACOFI	Bogotá	Luis Alberto González Araujo
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Alfonso Marino Manga
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Ana Beatriz Garrido De Correa
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Carlos Suárez Landazabal
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Claudia Ayala Rueda
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Diego Borrero
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Faisal Bernal
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Hernando Cesar Cortes Escobar
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Henry Mauri Ardila
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Iris Alicia Escobar De Romero
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Isabel Linares De Moreno
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Javier Jaramillo Colpas
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Jorge Salcedo Patarroyo
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Jorge Villanueva García
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Jose Penagos Vargas
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Katiuschka Vizcano Agudelo
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Lorena de Jesús Cabas Vásquez
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Manuel Alarcón Badillo
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Nadia Olaya Coronado
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Nayib Moreno Rodríguez
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Olga Marina Martínez Palmera
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Roberto Cruz Meisel
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	Silvana Blanco Mazzeo
Corporación Universitaria de la Costa	Barranquilla	William Samper Robles
Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá	Germán Santos Granados
Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá	Vicente Albéniz Lacraustra
Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá	William Rubio
Escuela de Administración de Negocios	Bogotá	Néstor Porcell Manilla
Escuela de Ingeniería de Antioquia	Medellín	Carlos Rodríguez Lalinde
Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla	Cartagena	Luis Eduardo Cárdenas
Politécnico Jaime Isaza Cadavid	Medellín	Hugo Ospina Cano
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Francisco Javier Rebolledo
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Germán Oliveros Villamizar
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	Rafael Pérez Carmona
Universidad Católica y Popular de Risaralda	Pereira	Dago Hernando Bedoya Ortiz
Universidad de América	Bogotá	Ana Josefa Herrera Vargas
Universidad de América	Bogotá	Gerardo Beltrán W.
Universidad de América	Bogotá	María Cristina Torres V
Universidad de Antioquia	Medellín	Carlos Enrique Arroyave Posada
Universidad de Antioquia	Medellín	David Fernández
Universidad de Caldas	Manizales	Marcelo López Trujillo
Universidad de la Sabana	Bogotá	Mauricio Pardo
Universidad de la Sabana	Chía	Carlos Alberto Manrique
Universidad de los Andes	Bogotá	Alain Gauthier
Universidad de los Andes	Bogotá	Rafael Gómez
Universidad de Nariño	Pasto	Jairo Guerrero García

Universidad de Sucre	Sincelejo	César Valeta López
Universidad del Atlántico	Barranquilla	Rosaura Miranda
Universidad del Cauca	Popayán	Luis Ildemar Bolaños A.
Universidad del Norte	Barranquilla	Alirio Estupiñán Paipa
Universidad del Norte	Barranquilla	Amparo Camacho Díaz
Universidad del Norte	Barranquilla	Ángel León González
Universidad del Norte	Barranquilla	Augusto Sisa Camargo
Universidad del Norte	Barranquilla	Carlos Ardila Hernández
Universidad del Norte	Barranquilla	Carlos Paternina Arboleda
Universidad del Norte	Barranquilla	Carmenza Luna
Universidad del Norte	Barranquilla	Diego Gómez Cerón
Universidad del Norte	Barranquilla	Edgar Moreno Villamizar
Universidad del Norte	Barranquilla	Edgar Robayo Espínez
Universidad del Norte	Barranquilla	Frank Ibarra Hernández
Universidad del Norte	Barranquilla	Germán Navarro
Universidad del Norte	Barranquilla	Guiselle García Llinás
Universidad del Norte	Barranquilla	Guiselle Polo Ángel
Universidad del Norte	Barranquilla	Gustavo Espitia Pantoja
Universidad del Norte	Barranquilla	Ingrid Oliveros Pantoja
Universidad del Norte	Barranquilla	Javier Navarro Salas
Universidad del Norte	Barranquilla	Javier Páez Saavedra
Universidad del Norte	Barranquilla	José Capacho Portilla
Universidad del Norte	Barranquilla	Jose Manga Certain
Universidad del Norte	Barranquilla	José Márquez Díaz
Universidad del Norte	Barranquilla	José Soto Ortiz
Universidad del Norte	Barranquilla	Juan Pablo Tello Portillo
Universidad del Norte	Barranquilla	Juan Vélez
Universidad del Norte	Barranquilla	Julián Betancur Acevedo
Universidad del Norte	Barranquilla	Lacides Ripoll Solano
Universidad del Norte	Barranquilla	Luis Rojas M.
Universidad del Norte	Barranquilla	Luis Tarazona Sepúlveda
Universidad del Norte	Barranquilla	Marlene Duarte
Universidad del Norte	Barranquilla	Nelson Molinares Amaya
Universidad del Norte	Barranquilla	Pedro Theran Cabello
Universidad del Norte	Barranquilla	Resmundo Manga
Universidad del Norte	Barranquilla	Ricardo Escobar Arévalo
Universidad del Norte	Barranquilla	Rodrigo Barbosa Correa
Universidad del Norte	Barranquilla	Yezid Donoso Meisel
Universidad del Quindío	Armenia	Luis Emigdio Guayacán
Universidad del Sinú	Montería	Patricia Márquez
Universidad del Sinú	Montería	Piedad López
Universidad del Sinú	Montería	Sandra Milena De Hoyos Osorio
Universidad del Tolima	Ibagué	Rafael Vargas Ríos
Universidad del Valle	Cali	Juan Manuel Barraza
Universidad La Gran Colombia	Bogotá	Germán Urdaneta H.
Universidad La Salle	Bogotá	Héctor Vega
Universidad Libertadores	Bogotá	Héctor Díaz Ángel
Universidad Libre	Bogotá	Nelson Torres Mejía
Universidad Libre	Pereira	Jorge Ramírez Rincón
Universidad Militar Nueva Granada	Bogotá	Néstor Gabriel Sepúlveda
Universidad Minuto de Dios	Bogotá	Carlos Amaya Puerto
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Jaime Salazar Contreras
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Julio Esteban Colmenares M.

Universidad Nacional de Colombia	Medellín	Carlos Sierra
Universidad Nacional de Colombia	Medellín	Carlos Mario Sierra
Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Jairo Lopera Pérez
Universidad Pontificia Bolivariana	Montería	Carlos Alfonso Barrios Villadiego
Universidad Popular del Cesar	Valledupar	Rodolfo Mejía Peñalosa
Universidad Santiago de Cali	Cali	Danilo Cárdenas
Universidad Simón Bolívar	Barranquilla	Claudia Patricia Mora Díaz
Universidad Simón Bolívar	Barranquilla	Fernando Cárdenas C.
Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena	Oscar Segundo Acuña Camacho
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Wilson Arenas Valencia
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Alberto Ocampo Valencia

Total asistentes	<b>111</b>	Instituciones Representadas	<b>40</b>	Ciudades	<b>16</b>
------------------	------------	-----------------------------	-----------	----------	-----------

### Tercer Foro. Cali

Coordinador del Foro: Sigifredo Satizabal,

Decano Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente, Cali

INSTITUCIÓN	CIUDAD	NOMBRE
ACOFI	Bogotá	Eduardo Silva Sánchez
ACOFI	Bogotá	Luis Alberto González Araujo
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Medellín	Luz Nelly Florez Uribe
Pontificia Universidad Javeriana	Cali	Ana Victoria Prados
Pontificia Universidad Javeriana	Cali	Jorge Francisco Estela
Pontificia Universidad Javeriana	Cali	María Constanza Pabón
Pontificia Universidad Javeriana	Cali	María Fernanda García A.
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Oscar Fernando Rodríguez Bernal
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Abdul Cañas
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Alejandro Silva
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Arnaldo Méndez
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Carlos Fernando Vega
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Carmen Guerrero
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Delmar Gutierrez
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Diego Almarío
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Héctor Enrique Jaramillo Suárez
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Héctor Jaramillo
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Henry Maya
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Jaime Campo
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Jenny Mosquera
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Jimmy Tombé
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Luz Marina Florez
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Oscar Agredo
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Paola Andrea Mejía
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Sigifredo Satizábal
Universidad Católica y Popular de Risaralda	Pereira	Dago Hernando Bedoya Ortiz
Universidad de Antioquia	Medellín	Carlos Enrique Arroyave Posada
Universidad de Caldas	Manizales	Marcelo López Trujillo
Universidad de Córdoba	Montería	Daniel Salas Álvarez
Universidad de la Amazonia	Florencia	Julio Luna
Universidad de San Buenaventura	Cali	Harold Pedroza
Universidad de San Buenaventura	Cali	Juan Carlos Cruz
Universidad de San Buenaventura	Cali	Luis Merchán

Universidad de San Buenaventura	Cali	Marcela Jaramillo
Universidad del Cauca	Popayan	Luz Marina Sierra M.
Universidad del Cauca	Popayan	Oscar J. Calderón C.
Universidad del Norte	Barranquilla	Amparo Camacho Díaz
Universidad del Norte	Barranquilla	Javier Páez Saavedra
Universidad del Quindío	Armenia	Francisco Ibarquén
Universidad del Quindío	Armenia	Luis Emigdio Guayacan Reina
Universidad del Quindío	Armenia	Luis Fernando Polania
Universidad del Quindío	Armenia	Robinson Pulgarin
Universidad del Valle	Cali	Carlos Arturo Lozano Moncada
Universidad del Valle	Cali	Héctor Cadavid
Universidad del Valle	Cali	Jaime Sanchez Rodríguez
Universidad del Valle	Cali	Jorge Enrique López
Universidad del Valle	Cali	José Fernando Barreto
Universidad del Valle	Cali	Juan Manuel Barraza
Universidad del Valle	Cali	Paola Rodríguez
Universidad Distrital	Bogotá	Alejandro Silva Riaño
Universidad ICESI	Cali	Angélica Burbano
Universidad ICESI	Cali	Gonzalo Ulloa
Universidad Libre	Bogotá	Freddy Reyes
Universidad Nacional de Colombia	Palmira	Eliana Castro Silva
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Julio César Cañón
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Julio Esteban Colmenares M.
Universidad Nacional de Colombia	Palmira	Raúl Madriñan Molina
Universidad Santiago de Cali	Cali	Alvaro Iván Jiménez
Universidad Santiago de Cali	Cali	Jhon Jiménez
Universidad Santo Tomás	Bogotá	Jaime León Gómez
Universidad Sergio Arboleda	Bogotá	Arturo Ramírez
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Alberto Ocampo Valencia
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Omar Ivan Trejos Buriticá
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Waldo Lizcano Gómez

Total asistentes **64** Instituciones Representadas **24** Ciudades **11**

### Cuarto Foro. Tunja

Coordinadora del Foro: Patricia Avella,

Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Boyacá, Tunja

INSTITUCIÓN	CIUDAD	NOMBRE
ACOFI	Bogotá	Eduardo Silva Sánchez
ACOFI	Bogotá	Simón Andrés De León
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Medellín	Giovani Orozco A.
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Francisco Javier Rebolledo Muñoz
Universidad de Antioquia	Medellín	Carlos Enrique Arroyave Posada
Universidad de Boyacá	Tunja	Andrés Correal
Universidad de Boyacá	Tunja	Araque Salamanca Yaneth
Universidad de Boyacá	Tunja	Arias Holguín German Javier
Universidad de Boyacá	Tunja	Arias Holguín Hernan Alfonso
Universidad de Boyacá	Tunja	Arteaga Díaz Jairo
Universidad de Boyacá	Tunja	Báez Pérez Carmen Inés
Universidad de Boyacá	Tunja	Barón Puin Néstor Ángel

Universidad de Boyacá	Tunja	Barreto Prieto Ricardo
Universidad de Boyacá	Tunja	Blanco Velandia Jorge Antonio
Universidad de Boyacá	Tunja	Botero Fagua Imelda Consuelo
Universidad de Boyacá	Tunja	Buitrago Suescun Oscar Yecid
Universidad de Boyacá	Tunja	Camargo Sarmiento Fernando
Universidad de Boyacá	Tunja	Caro Pineda Silvana
Universidad de Boyacá	Tunja	Castro Bernal Guillermo Iván
Universidad de Boyacá	Tunja	Cavieles Rojas Nairo José
Universidad de Boyacá	Tunja	Cifuentes Osorio Gabriel Ricardo
Universidad de Boyacá	Tunja	Clara Patricia Avella
Universidad de Boyacá	Tunja	Colmenares Uribe Alejandro
Universidad de Boyacá	Tunja	Fraile Benitez Ana Mercedes
Universidad de Boyacá	Tunja	Gamboa Becerra Rodolfo Alfonso
Universidad de Boyacá	Tunja	Gómez Estupiñán Juan Federico
Universidad de Boyacá	Tunja	Gómez Martínez Alvaro
Universidad de Boyacá	Tunja	Gómez Urrego Oscar
Universidad de Boyacá	Tunja	Gorraiz Barrera Jose Vicente
Universidad de Boyacá	Tunja	Guevara Eslava Alvaro Iván
Universidad de Boyacá	Tunja	Gutiérrez Blanca Emma
Universidad de Boyacá	Tunja	Hernández Parra Luis Alberto
Universidad de Boyacá	Tunja	Lara Carlos Rafael
Universidad de Boyacá	Tunja	López Rodríguez Ana Liz
Universidad de Boyacá	Tunja	Manosalva R Jose Orlando
Universidad de Boyacá	Tunja	Martínez Prieto Ángela Edith
Universidad de Boyacá	Tunja	Montañez Torres Carmenza
Universidad de Boyacá	Tunja	Ochoa Echeverría Mauricio
Universidad de Boyacá	Tunja	Osorio Angarita Maria Alejandra
Universidad de Boyacá	Tunja	Perez Lancheros Maria Luz
Universidad de Boyacá	Tunja	Ramírez Martín Carlos
Universidad de Boyacá	Tunja	Russi Colmenares Ana Judith
Universidad de Boyacá	Tunja	Sánchez Bernal Héctor Arnulfo
Universidad de Boyacá	Tunja	Sánchez Suárez Clara Inés
Universidad de Boyacá	Tunja	Suárez Parra Augusto
Universidad de Boyacá	Tunja	Suárez Zarabanda Martha Isabel
Universidad de Boyacá	Tunja	Usaquen Perilla Olga Lucia
Universidad de Boyacá	Tunja	Vargas Bermúdez Francisco A.
Universidad de Boyacá	Tunja	Vera Monroy Sulma Paola
Universidad de Boyacá	Tunja	Zambrano Arroyo Daniel Enrique
Universidad de Boyacá	Tunja	Rodrigo Correal
Universidad de los Andes	Bogotá	Alain Gauthier
Universidad del Norte	Barranquilla	Javier Páez Saavedra
Universidad del Tolima	Ibagué	Luis Gonzaga Vergara Valero
Universidad del Tolima	Ibagué	Martha Liliana Lopez Giraldo
Universidad INCCA	Bogotá	Alberto Vega
Universidad INCCA	Bogotá	Iván Palacio
Universidad la Gran Colombia	Bogotá	César Augusto Páez
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Julio Esteban Colmenares M.
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Parra Arias Helver
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Ángel Eduard Rodríguez Suesca
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Duitama	Antonio Granados Saavedra
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Antonio Leonel Rodríguez Bustos
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Carlos Alberto Prias Caicedo
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Consuelo Ruiz Cárdenas

Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Daniel Humberto Cárdenas Guevara
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Domingo Ernesto Dueñas Ruiz
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Fredy Alberto Guio Burgos
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Gloria Lucía Camargo Millán
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Gustavo Cáceres Castellanos
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Helver Parra Arias
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Isnardo Antonio Grandas Rincón
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Jaime Niño Bernal
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Jairo Martín Espitia Lopez
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Jairo Pedraza Goyeneche
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Javier Humberto Cuervo Álvarez
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Jorge Arturo Martínez Ávila
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Jorge Enrique Espíndola Díaz
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Jorge Enrique Otalora Luna
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Jorge Nevardo Prieto Muñoz
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Jose Vicente Gonzalez Wilches
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Juan Caros Poveda D'otero
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Juan Jose Camargo Vega
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Julio Alejandro Pinzón Núñez
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Luis Eduardo Gonzalez Tovar
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Luis Fernando Lozano Gomez
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Luis Gabriel Marquez Díaz
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Luis Rafael Prieto Serrano
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Marco Antonio Ardila Barragán
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Mauro Callejas Cuervo
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Nancy Mariela Casadiego Ruiz
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Nebardo Arturo Abril Gonzalez
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Nelson Rafael Camargo Torres
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Duitama	Oliverio García Palencia
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Oscar Javier Gutiérrez Junco
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Duitama	Otto Caro Niño
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Rigaud Sanabria Marin
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Sonia Esperanza Díaz Marquez
Universidad Pedag. y Tec. de Colombia	Tunja	Fredy Santamaria
Universidad Pontificia Bolivariana	Medellin	Jairo Lopera Pérez
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Samuel Montero Vargas
Universidad Sergio Arboleda	Bogotá	Jorge Eduardo Ramirez Palma
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Alberto Ocampo Valencia
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Waldo Lizcano Arias

**Total asistentes 101      Instituciones Representadas 17      Ciudades 8**

## Quinto Foro. Armenia

Coordinadores del Foro: Luis Guayacán, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Quindío y Ana María Restrepo, Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad la Gran Colombia seccional Armenia

INSTITUCIÓN	CIUDAD	NOMBRE
ACOFI	Bogotá	Eduardo Silva Sánchez
ACOFI	Bogotá	Jaime Salazar Contreras
ACOFI	Bogotá	Luis Alberto González Araujo
Escuela de Admón. y Mercadotecnia	Armenia	Jorge Orlando Herrera
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Yezid Orlando Pérez
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Joaquín Oramas
Universidad Católica Pop. de Risaralda	Pereira	Alvaro I. Morales
Universidad Católica Pop. de Risaralda	Pereira	Luis Alejandro Fletscher
Universidad de Antioquia	Medellín	David Fernández
Universidad de Antioquia	Medellín	David Fernández Mc Cann
Universidad de Antioquia	Medellín	Héctor Tabares O.
Universidad de Cartagena	Cartagena	Pedro Guardela Vásquez
Universidad de la Salle	Bogotá	Héctor Vega Garzón
Universidad de los Andes	Bogotá	Luis Mario Mateus
Universidad de Nariño	Pasto	Jairo Guerrero García
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Jaime Durán García
Universidad de San Buenaventura	Cali	Olaf Upegui Gómez
Universidad del Cauca	Popayán	Miguel Corchuelo
Universidad del Norte	Barranquilla	Javier Páez Saavedra
Universidad del Quindío	Armenia	Alejandro Herrera V.
Universidad del Quindío	Armenia	Alex García Qunchia
Universidad del Quindío	Armenia	Alexander Vera
Universidad del Quindío	Armenia	Alexandra Ruiz Gaona
Universidad del Quindío	Armenia	Alfredo A. Murillo
Universidad del Quindío	Armenia	Ayda Andrea Franco
Universidad del Quindío	Armenia	Carlos Alberto Hurtado
Universidad del Quindío	Armenia	Carlos Arturo Córdoba
Universidad del Quindío	Armenia	Cesar A. Arce
Universidad del Quindío	Armenia	Diego Jaramillo
Universidad del Quindío	Armenia	Esperanza Espitia
Universidad del Quindío	Armenia	Faber P. Giraldo
Universidad del Quindío	Armenia	Francisco Javier
Universidad del Quindío	Armenia	Francisco Luis Gómez
Universidad del Quindío	Armenia	Gilberto Echeverri
Universidad del Quindío	Armenia	Gonzalo Jiménez
Universidad del Quindío	Armenia	Gustavo Botero
Universidad del Quindío	Armenia	Héctor Fabio Bermúdez
Universidad del Quindío	Armenia	Iván Rene Galindo
Universidad del Quindío	Armenia	Jaiber Evelio Cardona
Universidad del Quindío	Armenia	Jairo Díaz L.
Universidad del Quindío	Armenia	Jhon James Quintero
Universidad del Quindío	Armenia	Jorge Antonio García
Universidad del Quindío	Armenia	Jorge Humberto Díaz
Universidad del Quindío	Armenia	Jorge I. Quintero
Universidad del Quindío	Armenia	Jorge Iván Marín
Universidad del Quindío	Armenia	José Alejandro Naranjo

Universidad del Quindío	Armenia	José Jesús Alzate
Universidad del Quindío	Armenia	José Joaquín Villa O.
Universidad del Quindío	Armenia	Juan Diego Gómez Londoño
Universidad del Quindío	Armenia	Julián Esteban Gutiérrez
Universidad del Quindío	Armenia	Julián Garzón B.
Universidad del Quindío	Armenia	Leonardo Hernández
Universidad del Quindío	Armenia	Luis Eduardo Sepulveda
Universidad del Quindío	Armenia	Luis Emigdio Guayacán
Universidad del Quindío	Armenia	Luis Fernando Castro
Universidad del Quindío	Armenia	Luis Fernando Polanía
Universidad del Quindío	Armenia	Magda Ivone Pinzon
Universidad del Quindío	Armenia	María Lili Villegas
Universidad del Quindío	Armenia	María Rosa Guzmán
Universidad del Quindío	Armenia	Mario Marmolejo
Universidad del Quindío	Armenia	Robinson Pulgarin
Universidad del Quindío	Armenia	Samuel Jaramillo
Universidad del Quindío	Armenia	Sergio A. Cardona
Universidad del Quindío	Armenia	Sonia Jaramillo
Universidad del Quindío	Armenia	Wilmer Diego Jiménez
Universidad del Tolima	Ibagué	Layli Saltarem García
Universidad del Tolima	Ibagué	Marta Liliana López
Universidad del Valle	Cali	Juan Manuel Barraza
Universidad La Gran Colombia	Armenia	Alejandro Urrea
Universidad La Gran Colombia	Armenia	Ana M. Restrepo
Universidad La Gran Colombia	Armenia	Andrei Rodríguez V.
Universidad La Gran Colombia	Armenia	Diego Sierra
Universidad La Gran Colombia	Armenia	Jairo Montoya López
Universidad La Gran Colombia	Armenia	Juan Carlos L.
Universidad La Gran Colombia	Armenia	Juan José A.
Universidad La Gran Colombia	Armenia	Victor Duran Quintero
Universidad La Gran Colombia	Armenia	Ximena Cifuentes W.
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Adolfo Alarcón Guzmán
Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Jairo Lopera Pérez
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Alberto Ocampo Valencia
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Andrea del Pilar Cortes
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Edison Duque
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	José German López
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	José Gilberto Vargas
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Jose Moreno
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Luis Carlos Ríos
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Omar Trejos
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Reinaldo Marín
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Waldo Lizcano
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Wilson Arenas

Total asistentes **91**Instituciones Representadas **20**Ciudades **10**

## XXVII Reunión Nacional. Cartagena de Indias

Director Académico: Carlos Arroyave,  
Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia

### Panel Internacional:

Moderador: Javier Páez Saavedra,  
Decano División Ingeniería, Universidad del Norte, Barranquilla  
Relator: David Fernández,  
Vicedecano de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia

INSTITUCIÓN	CIUDAD	NOMBRE
ACOFI	Bogotá	Eduardo Silva Sánchez
ACOFI	Bogotá	Luis Alberto González Araujo
ACOFI	Bogotá	Arley Palacios Chavarro
ACOFI	Bogotá	José Miguel Solano Araujo
ACOFI	Bogotá	Janeth Pineda Molina
ACOFI	Bogotá	Simón Andrés De León Novoa
AFADECO	Bogotá	Alvaro A. Moreno
Area Metropolitana del Valle de Aburra	Medellín	Ricardo Smith
ASIBEI	Bogotá	Jaime Salazar Contreras
CAFAM	Bogotá	Jairo César Gómez
Cenet S.A.	Bogotá	Luis Ernesto Blanco
COPNIA	Bogotá	Carlos Amor Buendía
COPNIA	Bogotá	Hernando Monroy
COPNIA	Bogotá	Hernando Monroy
COPNIA	Bogotá	Ivania Margarita Medina Padilla
COPNIA	Bogotá	José Olegario Nemeth
Corporación Universitaria de La Costa CUC	Barranquilla	Claudia Baloco
Corporación Universitaria de La Costa CUC	Barranquilla	Norman Arguelles Díaz
Corporación Universitaria de La Costa CUC	Barranquilla	Olga Martínez Palmera
Corporación Universitaria Lasallista	Caldas	Wilson Medina Sánchez
Corporación Universitaria Regional del Caribe	Cartagena	Julio Cesar Maturana Cuadrado
Corporación Universitaria Regional del Caribe	Sincelejo	Galo Adán Clavijo Clavijo
Dupont de Colombia	Bogotá	Guillermo Heins
Electroequipos	Bogotá	Alexandra Daza A.
Electroequipos	Bogotá	Jaime Eduardo Velásquez A.
Electroequipos	Bogotá	Javier Lorezo Zepeda
Electroequipos	Bogotá	Mary Luz Romero Buitrago
Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá	Ricardo Salazar Ferro
Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá	Santiago Henao
Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá	Vicente Albéniz
Escuela de Ingeniería de Antioquia	Envigado	Andrés Restrepo Montoya
Escuela de Ingeniería de Antioquia	Envigado	Carlos Alberto Rodríguez Lalinde
Escuela de Ingeniería de Antioquia	Envigado	Gloria Isabel Villegas Gómez
Escuela de Ingeniería de Antioquia	Envigado	Lucía Victoria Ospina Cardona
Escuela de Ingeniería de Antioquia	Envigado	Sandra Cristina Arias Saldarriaga
Escuela Militar de Aviación	Cali	Diego Hernando Luna Ruiz
Escuela Naval de Cadetes	Cartagena	Carlos Fernando Torres Lozano

Escuela Naval de Cadetes	Cartagena	Gabriel Arango Bacci
Escuela Naval de Cadetes	Cartagena	Hernán Zabalza
Escuela Naval de Cadetes	Cartagena	Juan Cajal Barrios
FESTO	Bogotá	Edgar Barrera
FESTO	Bogotá	José Joaquín Gómez
FESTO	Bogotá	Rodrigo Guarnizo
Fundación Instituto Tec. Comfenalco	Cartagena	Beatriz Herrera de Avila
Fundación Instituto Tec. Comfenalco	Cartagena	Carmen Sofía Gómez Silva
Fundación Instituto Tec. Comfenalco	Cartagena	Enyel Manyoma Ledesma
Fundación Instituto Tec. Comfenalco	Cartagena	Natividad Villabona Gómez
Fundación Instituto Tec. Comfenalco	Cartagena	Omar Tirado Muñoz
Fundación Instituto Tec. Comfenalco	Cartagena	Ramiro Barragán Bohórquez
Fundación Instituto Tec. Comfenalco	Cartagena	Raynel Mendoza Garrido
Fundación Universidad de América	Bogotá	Ana Josefa Herrera Vargas
Fundación Universidad de América	Bogotá	Gerardo Beltrán Walteros
Fundación Universidad de América	Bogotá	María Cristina Torres V.
Fundación Universitaria los Libertadores	Bogotá	Héctor Díaz Angel
I.P.N. ESIQIE	México	Victor M. Feregrino Hernandez
Institución Universitaria CESMAG	Pasto	Armando Muñoz Del Castillo
Instituto Tec. Municipal Antonio Jose Camacho	Cali	Alexander Pareja Giraldo
Instituto Tec. Municipal Antonio Jose Camacho	Cali	Hugo Alberto González
Ministerio de Educación Nacional	Bogotá	Javier Botero Álvarez
Politécnico Grancolombiano	Bogotá	Javier Alonso Arango Pardo
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Medellín	Luis Alfredo Aguilar Roldan
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Adriana Gómez Cabrera
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Alexandra Pomares Quimbaya
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Francisco Javier Rebolledo Muñoz
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Hilda Cristina Chaparro López
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Jorge Alberto Rodríguez Ordóñez
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Nelson Obregón Neira
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Oscar Fernando Rodríguez Bernal
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Roberto Enrique Montoya Villa
Pontificia Universidad Javeriana	Cali	Freddy Naranjo Pérez
Pontificia Universidad Javeriana	Cali	Jorge Francisco Estela Uribe
Unidad Central del Valle	Cali	Rodrigo Jose Herrera Hoyos
Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	Germán Oliveros Villamizar
Universidad Autónoma de Colombia	Bogotá	Benjamin Rodríguez Vargas
Universidad Autónoma de Manizales	Manizales	Herminia Quinceno
Universidad Autónoma de Occidente	Cali	Joaquín E. Oramas L.
Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla	Jaime Cabarcas
Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla	Jorge Ibañez
Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla	Oswaldo Chamorro
Universidad Autónoma del Caribe	Barranquilla	William Arnedo
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	Aurelio Manotas Morales
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	Carlos Alberto Idarraga Agudelo
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	Edgar Alfonso López Rodríguez
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	Luz Mayela Ramírez
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	Rafael Pérez Carmona
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	María Eugenia Guerrero Useda
Universidad Católica Popular del Risaralda		Dago Hernando Bedoya O.

Universidad Central	Bogotá	Julio Mario Rodríguez Devis
Universidad Central	Bogotá	Omar Eduardo Siabatto Pérez
Universidad Central	Bogotá	Pablo Hernán Sánchez
Universidad Cooperativa de Colombia	Bucaramanga	Ernesto Amaru Galvis Lista
Universidad Cooperativa de Colombia	Ibague	Ángel Antonio Rojas García
Universidad Cooperativa de Colombia	Ibague	Duvan Ramírez Bayona
Universidad Cooperativa de Colombia	Ibague	Jhon Heriberto Fuentes
Universidad Cooperativa de Colombia	Ibague	Juan Pablo Oviedo Roa
Universidad de Antioquia	Medellín	Carlos Enrique Arroyave Posada
Universidad de Antioquia	Medellín	David Fernández
Universidad de Antioquia	Medellín	Guillermo Restrepo González
Universidad de Antioquia	Medellín	Jaime A. Valencia V.
Universidad de Caldas	Manizales	Marcelo Lopez T.
Universidad de Cartagena	Cartagena	Candelaria Tejada Tovar
Universidad de Cartagena	Cartagena	Dalia Moreno Egel
Universidad de Cartagena	Cartagena	Esteban J. Puello Mendoza
Universidad de Cartagena	Cartagena	Federico Vega Bula
Universidad de Cartagena	Cartagena	Gustavo Orozco
Universidad de Cartagena	Cartagena	Javier De Avila Armenteros
Universidad de Cartagena	Cartagena	Jesús Álvarez Gaviria
Universidad de Cartagena	Cartagena	Lesly Patricia Tejada Benitez
Universidad de Cartagena	Cartagena	Miguel Ángel García Bolaños
Universidad de Cartagena	Cartagena	Mónica Eljaiek Urzola
Universidad de Cartagena	Cartagena	Pedro Guardela Vásquez
Universidad de Cartagena	Cartagena	Piedad Montero Castillo
Universidad de Cartagena	Cartagena	Rocío A. Padilla Preston
Universidad de Cartagena	Cartagena	Sergio Hernández Gamarra
Universidad de Córdoba	Montería	Gustavo Alvarino Bettin
Universidad de Ibagué	Ibague	Raúl Moreno Gómez
Universidad de La Guajira	Riohacha	Roberto Rojano Alvarado
Universidad de La Sabana	Bogotá	Carlos Alberto Manrique Hernández
Universidad de La Sabana	Bogotá	Elizabeth Cabra Rojas
Universidad de la Salle	Bogotá	Héctor Vega Garzón
Universidad de los Andes	Bogotá	Luis Arturo Pinzón
Universidad de los Andes	Bogotá	Mauricio Duque
Universidad de los Andes	Bogotá	Néstor Jiménez
Universidad de los Andes	Bogotá	Rafael Gómez
Universidad de los Llanos	Villavicencio	Felipe Andrés Corredor Chavarro
Universidad de los Llanos	Villavicencio	Omar Yesid Beltran Guitierrez
Universidad de los Llanos	Villavicencio	Wilson Alberto Monroy Moyano
Universidad de Manizales	Manizales	Carlos Betancourt Correa
Universidad de Manizales	Manizales	Carlos Cortés
Universidad de Medellín	Medellín	Héctor Jairo Ortiz Pabón
Universidad de Medellín	Medellín	Martha María Gil Zapata
Universidad de Nariño	Pasto	Jairo Antonio Guerrero García
Universidad de Nariño	Pasto	Nelson Antonio Jaramillo Enriquez
Universidad de Nariño	Pasto	Nelson E. Arturo
Universidad de Nariño	Pasto	Oscar Orlando Ceballos Argote
Universidad de Pamplona	Pamplona	Antonio Gan Acosta.
Universidad de Porto	Portugal	Alfredo Soeiro

Universidad de Princeton	Princeton	Michael Raghíb
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Henry Gaitan Gómez
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Jaime Durán García
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Nelson Antonio Castillo Alba
Universidad de San Buenaventura	Cali	Juan Carlos Cruz Ardila
Universidad de San Buenaventura	Medellín	Ángela María Galeano Pineda
Universidad de Sucre	Sincelejo	Cesar Augusto Valeta López
Universidad del Cauca	Popayan	Juan Pablo Paz
Universidad del Cauca	Popayan	Miguel Corchuelo
Universidad del Cauca	Popayan	Rafael Rengifo Prado
Universidad del Estado de Ohio	Columbus, EE.UU.	José B. Cruz
Universidad del Norte	Barranquilla	Amparo Camacho Díaz
Universidad del Norte	Barranquilla	Carmen Berdugo Correa
Universidad del Norte	Barranquilla	Javier Páez Saavedra
Universidad del Norte	Barranquilla	Jorge Luis Giraldo Navarro
Universidad del Norte	Barranquilla	Jose Daniel Soto Ortiz
Universidad del Norte	Barranquilla	José Duván Márquez Díaz
Universidad del Norte	Barranquilla	José Rafael Capacho
Universidad del Norte	Barranquilla	Rodrigo Barbosa
Universidad del Norte	Barranquilla	Wilmer González
Universidad del Quindío	Armenia	Luis Emigdio Guayacan Reina
Universidad del Quindío	Armenia	Robinson Pulgarin Giraldo
Universidad del Sinú	Monteria	Antonio Carlos Pastor Paternina
Universidad del Sinú	Monteria	Patricia Marquez
Universidad del Sur de la Florida	Tampa, EE.UU.	José Zayas-Castro
Universidad del Tolima	Ibague	Felix Salgado C.
Universidad del Valle	Cali	Jaime Ernesto Díaz Ortiz
Universidad del Valle	Cali	Jorge Enrique López Galán
Universidad del Valle	Cali	Juan Manuel Barraza
Universidad Distrital Fco. José de Caldas	Bogotá	Dora Marcela Martínez Camargo
Universidad Distrital Fco. José de Caldas	Bogotá	Fredy H. Martínez S.
Universidad Distrital Fco. José de Caldas	Bogotá	Héctor F. Cancino de Greiff
Universidad Distrital Fco. José de Caldas	Bogotá	Isabel Escobar Elizalde
Universidad Distrital Fco. José de Caldas	Bogotá	Javier Parra Peña
Universidad Distrital Fco. José de Caldas	Bogotá	Mirna Jirón Popova
Universidad Distrital Fco. José de Caldas	Bogotá	Rafael Peña
Universidad Distrital Fco. José de Caldas	Bogotá	William Manuel Mora Penagos
Universidad El Bosque	Bogotá	Fernando Rivera
Universidad El Bosque	Bogotá	Guillermo Giraldo
Universidad ICESI	Cali	Gonzalo Ulloa
Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	Esperanza Aguilar de Flórez
Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	Lilia Yarley Estrada Díaz
Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	Ricardo Llamosa Villalba
Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	Herly Johanna Herrera Lizcano
Universidad La Gran Colombia	Bogotá	German Urdaneta Hernández
Universidad La Gran Colombia	Armenia	Ana María Restrepo
Universidad La Gran Colombia	Armenia	Ximena Cifuentes Wchina
Universidad Libre de Colombia	Bogotá	Nelson Torres Medina
Universidad Manuela Beltrán	Bogotá	Edgar José Ruiz D.
Universidad Mariana	Pasto	José Javier Villalba Romero

Universidad Militar Nueva Granada	Bogotá	Camilo Andrés Cassiano Vargas
Universidad Militar Nueva Granada	Bogotá	Néstor Gabriel Sepúlveda Quiroga
Universidad Militar Nueva Granada	Bogotá	Paola Andrea Niño Suárez
Universidad Minuto de Dios	Bogotá	Alejandro Ulloa Carrillo
Universidad Minuto de Dios	Bogotá	Carlos José Amaya Puerto
Universidad Nacional Abierta y a Distancia	Bogotá	Celia del Carmen López Bohórquez
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Adolfo Alarcón Guzmán
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Ferney Betancourt Cardozo
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Luis Francisco Boada Eslava
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Ricardo Emiro Ramírez Heredia
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Andrés Felipe Castro
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Antonio Mejía Umaña
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Armando Espinosa Hernández
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Jhonatan Álvarez
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Julio Cesar Cañón Rodríguez
Universidad Nacional de Colombia	Manizales	Juan Antonio González Ocampo
Universidad Nacional de Colombia	Medellín	Beatriz Londoño Vélez
Universidad Nacional de Colombia	Medellín	Juan Manuel Vélez
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	María Ximena García Ballesteros
Universidad Pontificia Bolivariana	Bucaramanga	Samuel Montero Vargas
Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Carlos Rodríguez Cabrera
Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Claudia Stella Carmona R,
Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Gina Lia Orozco Mendoza
Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Jackson Reina Alzate
Universidad Pontificia Bolivariana	Montería	Carlos Barrios Villadiego
Universidad Popular del Cesar	Valledepar	Rodolfo Mejía Peñalosa
Universidad Popular del Cesar	Valledupar	Armando Luis Cotes de Armas
Universidad Popular del Cesar	Valledupar	Omaira Luz Tapias Díaz
Universidad Santiago de Cali	Cali	Alexander Cifuentes Alarcon
Universidad Santiago de Cali	Cali	Danilo Cárdenas Erazo
Universidad Santo Tomás de Aquino	Bogotá	Nelson Amado Cortes
Universidad Santo Tomás de Aquino	Bogotá	Oscar Baquero Angel
Universidad Santo Tomás de Aquino	Bogotá	Vicente Becerra Reyes
Universidad Santo Tomás de Aquino	Bucaramanga	Paola Fernanda Guzmán Castillo
Universidad Santo Tomás de Aquino	Bucaramanga	William Razvan Castro Jaluba
Universidad Santo Tomás de Aquino	Tunja	Ricardo Calvo Álvarez
Universidad Sergio Arboleda	Bogotá	Jorge Ignacio Vélez Múnera
Universidad Surcolombiana	Neiva	Alvaro Lozano Osorio
Universidad Surcolombiana	Neiva	Eduardo Pastrana Bonilla
Universidad Surcolombiana	Neiva	Eduardo Valencia Granada
Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena	Alfredo Miguel Abuchar Curi
Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena	Fabian Alfonso Gazabón Arrieta
Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena	Harold Castillo Cruz
Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena	Isaac Zuñiga
Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena	Jaime Antonio Acevedo Chedid
Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena	Martha Sofía Carrillo Landazábal
Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena	Patricia Martínez Barrios
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Alberto Ocampo Valencia
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Cesar Jaramillo Naranjo
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Edison Duque Cardona

Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Gabriel Calle Trujillo
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	José Carlos Moreno Mesa
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	José Gilberto Vargas Cano
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	José Gómez Espindola
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Luis Carlos Ríos Q.
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Luis Enrique Arango Jiménez
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Waldo Lizcano Gómez
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	William Ardila Urueña
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Wilson Arenas Valencia
Universidad Tecnológica del Chocó	Pereira	Héctor Damián Mosquera Benítez

La Reunión tuvo una participación de 239 representantes de las facultades de ingeniería, entre directivos, docentes y estudiantes; empresas y entidades relacionadas con la ingeniería, tanto nacional como extranjera. En total se hicieron presentes 94 instituciones. La representación por ciudades fue así: Bogotá con 92 participantes, Cartagena con 33, Barranquilla con 17, Medellín con 16, Cali y Pereira con 14, otras ciudades 53.

### Foro Conclusiones. Bogotá

Coordinador Logístico del Foro: Jaime Durán,  
Decano Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Buenaventura, Bogotá

INSTITUCIÓN	CIUDAD	NOMBRE
ACOFI	Bogotá	Eduardo Silva Sánchez
ACOFI	Bogotá	Janeth Pineda
ACOFI	Bogotá	Luis Alberto González
ACOFI	Bogotá	Simón De León
CESMAG	Pasto	María Antonieta Muñoz
COLCIENCIAS	Bogotá	Rocío Lozano
COLCIENCIAS	Bogotá	Shirley Paola Herrera
Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá	Manuel Dávila
Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá	Wilson Leandro Pardo Osorio
Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá	Santiago Henao
Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá	Vicente Albéniz
Escuela Colombiana de Ingeniería	Bogotá	William Rubio
Escuela de Ingeniería de Antioquia	Medellin	Lucía Victoria Ospina
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Carlos Muñoz
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	Carlos Alberto Idárraga
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	Diomedes Andrés Gómez
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	Fernando Roca Y.
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	Guillermo Plazas Jaramillo
Universidad Católica de Colombia	Bogotá	María Eugenia Guerrero
Universidad Central	Bogotá	Jorge Mejía
Universidad Central	Bogotá	Pablo Sánchez

Universidad de Córdoba	Montería	Gustavo Alvarino
Universidad de los Andes	Bogotá	Mauricio Duque
Universidad de Nariño	Pasto	Jairo Guerrero
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Adonay Varela
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Alberto Rodríguez
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Aldo Forero G.
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Alejandro Carrillo
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Alejandro García
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Alexandra Reyes
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Alfonso Duque
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Claudia Milena Rodríguez
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Doris Caicedo
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Fernando Moreo
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Fernando Villate
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Fray Fernando Garzón
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Freddy Omar Díaz
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Galia Pavelieva
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Giovanni Sánchez
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Gregoria Rubinstein
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Gustavo Quiroga
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Héctor Manuel Vega
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Henry Gaitán
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Henry Moreno
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Humberto Garcés
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Humberto Guerrero
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Iván Méndez
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Jaime Ramírez
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Jairo E. Cortés
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Jairo Lalinde
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Jairo Niño
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Johan Núñez C.
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Johann Núñez C.
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Jorge A. Pineda
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Julio Caldas
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Laura V. Medina S.
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Lida Buitrago G.
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Lili Luengas
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Lucila Flórez S.
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Luis Herrera
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Manuel Joves R.
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Matilda Díaz
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Miguel Pérez
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Natividad Maldonado
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Nelson A. Castillo
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Néstor Panayes
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Oscar Benavides
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Oscar Figuerero
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Oscar Rodríguez
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Patricia Carreño
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Patricia Giraldo

Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Patricia Padilla L.
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Pedro Luis Muñoz
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Raúl E. Rincón
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Ricardo de Armas C.
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Roberto Bohórquez
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Sandra Guanavita
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	William Romo
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Wilson H. Soto
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Wilson Pinzón
Universidad de San Buenaventura	Bogotá	Yesid Gómez
Universidad del Cauca	Popayán	Miguel Hugo Corchuelo M,
Universidad del Valle	Cali	Juan Manuel Barraza
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Jaime Salazar C.
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Jineth Rosero
Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	Julio Cesar Cañón
Universidad Piloto de Colombia	Bogotá	Celina Teresa Forero Almanza
Universidad Piloto de Colombia	Bogotá	Clara Inés Betancourt Quinayas
Universidad Piloto de Colombia	Bogotá	Yibeth Gisela Mantilla Torres
Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Francisco Restrepo
Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Jairo Lopera
Universidad San Buenaventura	Cali	Gabriel Tamura
Universidad Surcolombiana	Neiva	Fernando Bonilla
Universidad Surcolombiana	Neiva	Nelson Gutiérrez
Universidad Tecnológica de Bolívar	Cartagena	Oscar S. Acuña
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Alberto Ocampo V.
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	José Germán López

Total asistentes	<b>102</b>	Instituciones Representadas	<b>26</b>	Ciudades	<b>10</b>
------------------	------------	-----------------------------	-----------	----------	-----------

Este libro se terminó de imprimir en la ciudad de Bogotá, D.C. Colombia, el 21 de marzo de 2007,  
en los talleres de Opciones Gráficas Editores Ltda.

