





# **dime** cómo enseñas **y te** diré que tanto **aprenden** **los** estudiantes

**Los resultados de evaluación y las  
prácticas de aula en algunas  
Facultades de Ingeniería en  
Colombia**

**Amparo Camacho**  
**Jorge Celis**  
**Adolfo León Arenas**  
**Mauricio Duque**

Dime cómo enseñas y te diré que tanto aprenden los estudiantes : los resultados de evaluación y las prácticas de aula en algunas facultades de ingeniería en Colombia / Jorge Celis ... [et al.]. -- Bogotá : ACOFI. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, 2014.  
148 p. : il. ; 24 cm.  
ISBN 978-958-680-074-7  
1. Ingeniería - Enseñanza superior 2. Formación profesional de ingenieros 3. Ingeniería como profesión 4. Formación universitaria - Responsabilidad social 5. Evaluación educativa I. Celis, Jorge A. 620.7 cd 21 ed.  
A1437158

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

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

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

### **CONSEJO DIRECTIVO**

#### **Presidencia**

Universidad del Norte, Barranquilla

Javier Páez Saavedra

#### **Vicepresidencia**

Universidad Nacional de Colombia, Medellín

John Willian Branch Bedoya

#### **Consejeros**

Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá

Jorge Luis Sánchez Téllez

Universidad de Antioquia, Medellín

Carlos Alberto Palacio Tobón

Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias

Ramón Torres Ortega

Universidad de Ibagué, Ibagué

Darío Martínez Leal

Universidad de La Salle, Bogotá

Carlos Costa Posada

Universidad de Medellín, Medellín

Carlos López Bermeo

Universidad del Valle, Santiago de Cali

Edgar Quiroga Rubiano

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga

Sonia Azucena Giraldo Duarte

Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira

Alberto Ocampo Valencia

#### **Director Ejecutivo**

Luis Alberto González Araujo

Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá

#### **Autores**

Jorge Celis

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Amparo Camacho

Universidad del Norte, Barranquilla

Adolfo León Arenas

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga

Mauricio Duque

Universidad de los Andes, Bogotá

ISBN: 978-958-680-074-7

Primera edición: marzo de 2014

Impreso en Colombia

Producción gráfica

Opciones Gráficas Editores Ltda

Tels: 51 (1) 224 18 23 - 57 (1) 430 19 62 Bogotá

www.opcionesgraficas.com

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

# Tabla de contenido

Siglas y abreviaciones .....	12
Presentación .....	13
Resumen ejecutivo .....	15
Introducción .....	15
Calidad de la educación superior en ingeniería: ¿qué es y qué no es?.....	17
La calidad según el modelo CNA .....	18
ABET y la calidad .....	20
Calidad y excelencia: una visión desde la investigación .....	21
El desempeño de los estudiantes colombianos en pruebas estandarizadas .....	22
Características de las prácticas de aula en Colombia .....	23
Si se quiere mejorar, hacia dónde se podría navegar .....	24

## SECCIÓN UNO

<b>Calidad en la educación superior en ingeniería: ¿qué es y qué no es?</b> .....	27
Acreditación y concepto de calidad según el CNA en Colombia .....	28
El concepto de calidad según ABET .....	33
Criterio 1. Estudiantes .....	34
Criterio 2. Objetivos educativos del programa .....	34
Criterio 3. Competencias de egreso .....	34
Criterio 4. Mejoramiento continuo .....	35
Criterio 5. Currículo .....	35
Criterio 6. Profesores .....	36
Criterio 7. Infraestructura .....	36
Criterio 8. Apoyo institucional .....	36
Calidad y excelencia en la enseñanza y el aprendizaje: una mirada desde la investigación.....	37
Evaluación estandarizada basada en evidencias .....	40
Aprendizajes y evaluación por evidencias .....	40
Evaluación basada en evidencias (evidence-centered assessment) .....	41
El diseño de casos dentro del proceso de evaluación .....	46
Características del caso .....	46
Diseño de casos .....	47
Competencias genéricas y evaluación .....	48

## SECCIÓN DOS

### El desempeño de los estudiantes de ingeniería en las pruebas

<b>nacionales en Colombia</b> .....	52
El sistema de evaluación de logros, aprendizajes y de valor agregado en Colombia .....	52
La prueba genérica del examen Saber Pro .....	54
Módulo de comunicación escrita .....	55
Módulo de razonamiento cuantitativo .....	55
Módulo de lectura crítica .....	56
Competencias ciudadanas .....	56
Inglés .....	57
Algunos resultados de la prueba de competencias genéricas .....	57
Resultados generales .....	58
Algunos resultados por módulos .....	67
Escritura .....	67
Inglés .....	68

## SECCIÓN TRES

<b>Características de las prácticas de aula</b> .....	70
Metodología de estudio .....	71
Descripción encuesta a profesores .....	72
Descripción encuesta a estudiantes .....	73
Las prácticas de aula según los profesores .....	75
Atributos de una docencia de calidad .....	75
Atributos para una docencia de calidad relacionados con los profesores .....	75
Atributos para una docencia de calidad relacionados con los estudiantes .....	79
Atributos para una docencia de calidad relacionados con la infraestructura .....	80
Atributos para una docencia de calidad relacionados con la evaluación e indicadores .....	82
Acciones para profesionalizar la enseñanza en ingeniería .....	84
Cuantificación del tiempo de las actividades de enseñanza y apoyo a los estudiantes .....	86
Frecuencia de algunas actividades asociadas a la preparación de las asignaturas y su relación con las capacitaciones .....	87

Porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades asociadas a la preparación de clases .....	89
Porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades durante la clase ....	90
Porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades después de la clase .....	91
Las prácticas de aula según los estudiantes .....	92
Algunas características de las clases magistrales .....	92
Frecuencia de algunas actividades en las clases magistrales .....	94
Frecuencia de algunas actividades en los laboratorios .....	95
Frecuencia de algunos tipos de evaluación asociadas a las clases .....	97
Porcentaje de tiempo para la realización de ciertas actividades durante la clase .....	98
Frecuencia de tiempo para ciertas actividades después de la clase .....	98
Frecuencia sobre el ritmo de aprendizaje de los estudiantes .....	99
Mecanismos utilizados por los estudiantes para interactuar con los profesores .....	100
Similitudes y diferencias entre profesores y estudiantes .....	101

## SECCIÓN CUATRO

<b>Las prácticas de aula y los procesos de reforma en ingeniería .....</b>	<b>102</b>
Introducción a partir de cuatro máximas conocidas .....	102
Enseñanza eficaz, aprendizaje eficaz .....	105
¿Enseñar es natural? .....	105
¿Qué se requiere aprender para enseñar? .....	106
¿Cómo se aprende lo que se requiere para enseñar? .....	108
No sólo el profesor define la práctica de aula .....	109
¿En el siglo XXI se requieren los mismos ingenieros del siglo XX? .....	111
Cambios en el contexto de la práctica de la ingeniería .....	112
Concepciones sobre el conocimiento .....	116
Una taxonomía para evaluar .....	117
La máquina biológica que aprende .....	119
La complejidad .....	120
La flexibilidad .....	120
El funcionamiento: PC vs. red.....	121
La funcionalidad central, la detección de patrones .....	122
El aprendizaje visto desde la ingeniería .....	123

El contexto de aprendizaje .....	124
La práctica: autónoma pero guiada .....	125
La comprensión y la transferencia .....	125
El aprendizaje deja huella .....	126
El paralelismo en el aprendizaje no existe .....	127
De lo simple a lo complejo, de lo fácil a lo difícil .....	128
Sin realimentación el aprendizaje no resulta .....	129
Evaluando a menudo, calificando poco .....	130
Aprender a aprender o la metacognición .....	130
La educación virtual no es la solución a la calidad en la educación.....	131

<b>REFERENCIAS</b> .....	133
--------------------------	-----

**Anexo A:**

Posibles indicadores de calidad en una institución de educación superior .....	144
Procesos de formación de ingenieros .....	144
Procesos de formación en docencia y evaluación de desempeño de profesores .....	146
Procesos de acompañamiento a estudiantes .....	148



## Índice de tablas

Tabla 1.	Clasificación de los factores del modelo CNA según la objetividad de la interpretación, la facilidad para verificar la información y la fuente de información .....	19
Tabla 2.	Dimensiones y categorías usadas para la clasificación.....	29
Tabla 3.	Porcentaje de respuesta en Encuesta a profesores y encuesta a estudiantes.....	72
Tabla 4.	Datos demográficos de Encuesta a profesores y encuesta a estudiantes .....	72
Tabla 5.	Número de preguntas por temas en Encuesta a profesores.....	73
Tabla 6.	Número de preguntas por temas en Encuesta a estudiantes.....	74
Tabla 7.	Atributos para una docencia de calidad relacionados con los profesores.....	76
Tabla 8.	Atributos para una docencia de calidad relacionados con los estudiantes.....	79
Tabla 9.	Atributos para una docencia de calidad relacionados con la infraestructura.....	81
Tabla 10.	Atributos para una docencia de calidad relacionados con la evaluación y los indicadores .....	82
Tabla 11.	La ingeniería en el siglo XX y en el siglo XXI .....	113

## Índice de figuras

Figura 1.	Niveles de calidad en la docencia, atributos y características.....	39
Figura 2.	Esquema para el diseño de un sistema de evaluación basado en evidencias .....	43
Figura 3.	Sistema de aseguramiento de la calidad .....	54
Figura 4.	Temas abordados en la encuesta a profesores.....	72
Figura 5.	Temas abordados en la encuesta a estudiantes .....	74
Figura 6.	Concepciones que afectan las prácticas de aula.....	104
Figura 7.	Factores que intervienen en las prácticas de aula .....	110
Figura 8.	Tipos de conocimiento que se pueden evaluar.....	118

## Índice de gráficas

Gráfica 1.	Porcentaje de aspectos por evaluar en criterios del CNA por foco. de análisis. Elaboración propia de los autores.....	30
Gráfica 2.	Base de los análisis propuestos en los criterios de CNA. Elaboración propia de los autores .....	31
Gráfica 3.	Dificultad para auditar los aspectos por evaluar propuestos en los criterios del CNA. Elaboración propia de los autores. ....	31
Gráfica 4.	Resultados promedio por módulos (lectura crítica, Inglés, escritura) en cada área de conocimiento Saber Pro 2012 .....	59
Gráfica 5.	Resultados promedio por módulos (razonamiento cuantitativo, ciudadanas) en cada área de conocimiento Saber Pro 2012 .....	59
Gráfica 6.	Resultados promedio por área de conocimiento Saber Pro 2012.....	60
Gráfica 7.	Resultados promedio por módulo (lectura, inglés, escritura) y por área de conocimiento (universidades acreditadas) Saber Pro 2012.....	61
Gráfica 8.	Resultados promedio por módulo (razonamiento, ciudadanas) y por área de conocimiento (universidades acreditadas) Saber Pro 2012.....	61
Gráfica 9.	Resultados promedio por área de conocimiento (universidades acreditadas) Saber Pro 2012 .....	62
Gráfica 10.	Resultados promedio por módulo (lectura, inglés, escritura) en las disciplinas de ingeniería Saber Pro 2012.....	63
Gráfica 11.	Resultados promedio por módulo (razonamiento, ciudadanas) en las disciplinas de ingeniería Saber Pro 2012 .....	63
Gráfica 12.	Resultados promedio por disciplinas de ingenierías Saber Pro 2012.....	64
Gráfica 13.	Resultados promedio por módulo (lectura, inglés, escritura) en las disciplinas de ingeniería (universidades acreditadas) Saber Pro 2012 .....	65
Gráfica 14.	Resultados promedio por módulo (razonamiento, ciudadanas) en las disciplinas de ingeniería (universidades acreditadas) Saber Pro 2012.....	66
Gráfica 15.	Resultados promedio por disciplinas de ingeniería (universidades acreditadas) Saber Pro 2012 .....	66

Gráfica 16.	Resultados promedio por porcentaje del módulo de escritura en cada una de las áreas de conocimiento.....	68
Gráfica 17.	Resultados promedio por porcentaje del módulo de inglés en cada una de las áreas de conocimiento .....	69
Gráfica 18.	Resultados reportados por los profesores sobre atributos para una docencia de calidad relacionados con los profesores.....	77
Gráfica 19.	Resultados reportados por los profesores sobre atributos para una docencia de calidad relacionados con los estudiantes.....	80
Gráfica 20.	Resultados reportados por los profesores sobre atributos para una docencia de calidad relacionados con la infraestructura.....	82
Gráfica 21.	Resultados reportados por los profesores sobre atributos relacionados con evaluación e indicadores.....	83
Gráfica 22.	Resultados reportados por los profesores sobre las actividades para profesionalizar la enseñanza en ingeniería.....	86
Gráfica 23.	Frecuencia de actividades asociadas a la preparación de las asignaturas.....	88
Gráfica 24.	Porcentaje de tiempo dedicado a las actividades asociadas a la preparación de clases .....	89
Gráfica 25.	Porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades durante la clase.....	90
Gráfica 26.	Porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades después de la clase .....	91
Gráfica 27.	Frecuencia de algunas actividades de las clases magistrales.....	93
Gráfica 28.	Frecuencia de algunas actividades de las clases magistrales.....	95
Gráfica 29.	Frecuencia de algunas actividades de los laboratorios .....	96
Gráfica 30.	Frecuencia de algunos tipos de evaluación asociados a las clases .....	97
Gráfica 31.	Porcentaje de tiempo para la realización de ciertas actividades durante la clase.....	98
Gráfica 32.	Frecuencia de tiempo para ciertas actividades después de la clase.....	99
Gráfica 33.	Frecuencia sobre el ritmo de aprendizaje de los estudiantes.....	99
Gráfica 34.	Mecanismos utilizados por los estudiantes para interactuar con los profesores .....	100

## Siglas y abreviaciones

<b>ABET:</b>	Accreditation Board for Engineering and Technology
<b>ACOFI:</b>	Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería
<b>CNA:</b>	Consejo Nacional de Acreditación
<b>Colciencias:</b>	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e innovación
<b>DNP:</b>	Departamento Nacional de Planeación
<b>EE. UU.:</b>	Estados Unidos de América
<b>ICFES:</b>	Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación
<b>IES:</b>	Institución de Educación Superior
<b>MEN:</b>	Ministerio de Educación Nacional de Colombia
<b>NSF:</b>	National Science Foundation
<b>OECD:</b>	Organization for Economic Co-operation and Development
<b>PCK:</b>	Pedagogical Content Knowledge, en español CDC- Conocimiento didáctico del contenido
<b>STEM:</b>	Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics

# PRESENTACIÓN

---

En la última década hemos visto, con bastante preocupación, como varias obras de ingeniería han experimentado diversas dificultades. Basta con citar a manera de ejemplo, la ola invernal que dejó incomunicada varias regiones del país, un gran porcentaje del país no cuenta con agua potable, el mal manejo de las basuras en muchas ciudades, el desplome de edificios de vivienda o el colapso de los sistemas de transporte masivo, entre muchos otros. Aunque se han escuchado voces de diferentes sectores, ciudadanos, políticos, y periodistas, salvo casos puntuales y esporádicos de algunos ingenieros o gremios, y si bien la ingeniería conoce, comprende y ha diagnosticado estos problemas, no ha ejercido con suficiente contundencia su responsabilidad frente a la sociedad por explicar estas problemáticas adecuadamente a la ciudadanía, quien es la que debe tomar decisiones ilustradas en el marco de una democracia sana. Debates que deberían estar sustentados fundamentalmente en aspectos técnicos, se han convertido en oportunidades para desinformar al ciudadano y llevarlo a inclinarse por una u otra opción política con promesas imposibles de cumplir en algunos casos o interpretaciones desfiguradas de la realidad técnica que benefician ambiciones políticas particulares.

Pero la ausencia de la ingeniería en Colombia no sólo está en la calidad de algunas obras importantes para el país o en ilustrar pedagógicamente al ciudadano para que pueda tomar buenas decisiones, sino en los temas de política pública como por ejemplo los planes nacionales de desarrollo, en los que la mención a la ingeniería es completamente marginal y no se reconoce su importancia.

En este contexto, se puede comprender que la formación de buenos profesionales en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas es fundamental para una nación, no sólo por razones como las indicadas en los ejemplos anteriores, sino porque la capacidad de un país de innovar y de producir riqueza y bienestar se sustenta en las obras y proyectos de ingeniería. Mientras en Colombia la ingeniería no ocupa un lugar preponderante en la agenda pública ni por sus soluciones ni por sus propuestas o contribuciones a una democracia sana con información a la ciudadanía, en países

desarrollados el tener un número suficiente en cantidad y calidad de ingenieros se considera un tema de seguridad nacional.

Este libro, trabajado por los profesores Amparo Camacho de la Universidad del Norte, Adolfo Arenas de la Universidad Industrial de Santander, Jorge Celis de la Universidad Nacional y Mauricio Duque de la Universidad de los Andes, busca aportar conocimiento que ayude a mejorar el proceso de formación de los ingenieros y sus resultados en el marco del trabajo que desde ACOFI se ha venido realizando para mejorar la educación en ingeniería del país. Los autores expresan sus agradecimientos a las Universidades a las cuales están adscritos por facilitar el tiempo y los recursos que se requirieron para el desarrollo de este trabajo en el marco de un trabajo en ACOFI. Igualmente agradecen a todos los profesores y estudiantes de ingeniería que contribuyeron con sus respuestas a lograr una fotografía de lo que pasa en las aulas de clase en las cuales se forman los futuros ingenieros en el país.

# Resumen ejecutivo

---

## Introducción

“Ninguna profesión da rienda suelta al espíritu de la innovación como la ingeniería. De la investigación a las aplicaciones del mundo real, los ingenieros constantemente descubren cómo mejorar nuestras vidas mediante la creación de nuevas soluciones audaces que conectan la ciencia y con la vida de forma inesperada, con visión de futuro. Pocas profesiones convierten tantas ideas en realidades. Pocas tienen un efecto tan directo y positivo en la vida cotidiana de las personas. Contamos con ingenieros y su imaginación para ayudarnos a satisfacer las necesidades del siglo 21”. (Committee on Public Understanding of Engineering Messages, 2008)

La formación de profesionales en Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) y en particular de ingenieros para el siglo XXI es un requisito indispensable en toda sociedad que aspire a no quedar rezagada y solucionar aquellos problemas cruciales para la humanidad. Por ello está en la orden del día una reflexión profunda sobre los procesos de formación y de aprendizaje de ingenieros (Committee on Implementing Engineering Messages, 2013; The royal Academy of engineering, 2012).

Los países desarrollados han identificado el reto de tener una ciudadanía sintonizada con la innovación, así como con capital humano para impulsarla (Canada’s Science Technology and Innovation System, 2011; Council of Competitiveness, 2004; OECD, 2011; The task force on the future of american innovation, 2005). Este tipo de opciones políticas se reflejan en acciones y declaraciones en los países desarrollados mientras que en Colombia se encuentran vagamente en declaraciones, sin que se traduzcan en políticas de Estado. Un ejemplo de ello es la mención marginal que se hace a la ingeniería en el actual Plan Nacional de Desarrollo, denominado “Para La Prosperidad Democrática” (DNP, 2011) en el cual no se postula una reflexión profunda

y de largo aliento sobre la ingeniería como profesión y la manera en que ella podría contribuir a desatar las fuerzas de la innovación. Es probable que esta carencia se deba en parte a que no se cuente con estudios que, además de problematizar la formación de los ingenieros en el país, no aporten conocimiento lo suficientemente robusto para dirigir dicha formación según las nuevas demandas del país y del concierto internacional.

En este marco, el propósito de este libro es aportar conocimiento para alimentar el debate sobre la formación de los ingenieros en Colombia. De esta manera, no sólo se apoyan los procesos de reflexión curricular de las facultades de ingeniería en particular sino que se aportan elementos para nutrir el debate sobre el tipo de ingeniero que se está formando en el país. La formación de los ingenieros se aborda en este libro a partir de tres dimensiones:

- Algunas visiones sobre la calidad en la formación de los ingenieros desde la perspectiva de los organismos de acreditación y de la investigación de punta sobre la materia.
- Los niveles de competencia alcanzados por los estudiantes de ingeniería a partir del análisis de los resultados en la prueba de competencias genérica Saber Pro del año 2012.
- Las visiones y percepciones sobre las prácticas de enseñanza-aprendizaje reportadas por los estudiantes y profesores de ingeniería con base en los resultados obtenidos de una encuesta aplicada a escala nacional en 2013.

Estas tres dimensiones se complementan con una revisión de lo que podrían proponerse como buenas prácticas orientadas a mejorar los procesos de formación de los ingenieros desde la perspectiva de prácticas de aula.

El libro consta de cuatro partes. En la primera se aborda el concepto de calidad desde varias perspectivas, incluida la de los organismos de acreditación. Algunos análisis muestran que la acreditación en Colombia, además de que posiblemente está ampliando la subjetividad que por naturaleza tienen los procesos basados en los evaluadores sin un desarrollo técnico de capacitación y acompañamiento, es un sistema en el cual priman los insumos y procesos institucionales con poco peso en la enseñanza-aprendizaje en comparación con los criterios que han venido haciendo carrera en organismos como Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). En la segunda parte se discuten los resultados obtenidos por los estudiantes de ingeniería en las Pruebas Saber Pro, los cuales sugieren que éstos tienen un desempeño moderado con respecto a los de economía y medicina. La situación es



más crítica para ciertas ingenierías como la agrícola. En la tercera parte se describen y analizan los resultados de las encuestas aplicadas a los profesores y estudiantes de algunas facultades de ingeniería para conocer sus percepciones sobre las prácticas de aula. Finalmente, se presentan recomendaciones para mejorar la calidad tanto desde la perspectiva institucional como individual de los profesores en relación con las prácticas de aula. En este sentido se hace una revisión del estado del arte sobre la profesionalización en los procesos de enseñanza-aprendizaje y la manera en que este concepto, que ha ido ganando terreno en la educación superior, pone el aula en el centro de dicha profesionalización.

## **Calidad de la educación superior en ingeniería: ¿qué es y qué no es?**

La calidad de un producto o servicio debe medirse en términos del nivel en que logra satisfacer una necesidad y de la racionalidad de los recursos empleados. Con la educación, esta situación no es diferente, salvo que con ella se busca responder simultáneamente a varias necesidades y diversos grupos de interés. Sin embargo, en el caso de la educación de pregrado y particularmente en la de ingeniería puede afirmarse que la calidad de la formación se relaciona con la capacidad que tengan los futuros profesionales para responder ética y profesionalmente a las necesidades que plantean tanto la profesión como la misma sociedad. En este contexto se puede entender la importancia que ha cobrado hablar de los desempeños de los estudiantes y de los egresados, y de la limitación de centrar los sistemas de acreditación en insumos y procesos que son una mirada indirecta al tema de la calidad que conduce a inferencias sobre ésta pueden ser erradas. Sin embargo, la inferencia a partir de insumos y procesos es ampliamente aceptada porque en la práctica es más fácil para valorar los desempeños de estudiantes y egresados.

Esta situación explica en parte el hecho de que los organismos latinoamericanos de acreditación, y en particular el de Colombia, el Consejo Nacional de Acreditación (CNA), se hayan centrado fundamentalmente en insumos y procesos, incluyendo el desempeño de los profesores como investigadores según la premisa aceptada ampliamente de que un buen investigador promueve aprendizajes apropiados en los estudiantes. Si bien esta idea tiene una amplia aceptación, ABET el principal organismo de acreditación de programas de ingeniería, se separó de ella desde finales de los noventa, buscando centrarse más en los objetivos educativos y la manera en que se promueven efectivamente desde el programa de formación.

Para este libro se extrajo el concepto de calidad de tres fuentes fundamentales:

- Acreditación en EE. UU. - ABET
- Acreditación en Colombia - CNA
- Concepto de “Scholarship of teaching and learning” de Carnegie Foundation<sup>1</sup>, organización que viene adelantando investigaciones sobre el tema desde hace más de un siglo.

## La calidad según el modelo CNA

El CNA estableció 40 características agrupadas en diez factores. Cada característica a la vez examina varios aspectos por evaluar, que en total son 251.

Con el fin de examinar la validez (qué se evalúa realmente) y la confiabilidad (con qué nivel de certidumbre se logran las valoraciones), los autores procedieron a realizar un ejercicio examinando tres dimensiones:

- Los procesos institucionales y académicos, el desempeño de estudiantes y egresados de forma indirecta, los insumos o marco normativo institucional.
- La naturaleza del análisis se basa en la interpretación de opiniones, interpretaciones subjetivas, interpretación de hechos con nivel importante de subjetividad o interpretación de hechos con un nivel pequeño de subjetividad.
- La posibilidad de confrontar lo indicado en la autoevaluación en términos de ser *fácilmente verificable*, de *dificultad media para verificar*, *difícil de verificar* o *requiere de una auditoría especializada*.

Cada aspecto por evaluar se clasificó en estas dimensiones y dentro de cada una en las diferentes categorías. El trabajo se realizó por parte de tres profesores de ingeniería que han participado como pares del CNA en múltiples ocasiones. Los resultados similares se promediaron, y los diferentes se sometieron a discusión, ajustados y promediados. La tabla 1 resume lo que se encontró.

---

<sup>1</sup> Carnegie Foundation <http://www.carnegiefoundation.org/>

Objetividad en la interpretación de la información de cada factor		Facilidad para verificar la información por parte de los pares		Fuente de la información	
Interpretación probablemente subjetiva	25,81 %	Fácil de verificar o confrontar por parte de los Pares	28,10 %	Hace referencia directa a desempeños de estudiantes y egresados	5,55 %
Interpretación de hechos con posibilidad de ser objetiva	47,53 %	Medianamente fácil de verificar o confrontar por parte de los Pares	27,15 %	Puede contener desempeños de estudiantes y egresados	3,30 %
Interpretación de hechos probablemente objetiva	13,30 %	Difícil de verificar o confrontar por parte de los pares debido a su naturaleza subjetiva	24,42 %	Procesos académicos	26,90 %
Interpretación basada en opiniones	13,37 %	Requiere de una auditoría especializada imposible de hacer por parte de los Pares en general si se quiere efectivamente verificar	20,33 %	Procesos institucionales	28,23 %
				Marco normativo institucional	9,48 %
				Insumos	26,54 %

**Tabla 1: Clasificación de los factores del modelo CNA según la objetividad de la interpretación, la facilidad para verificar la información y la fuente de información.**

Un análisis de esta tabla pone de relieve que la mayoría de los aspectos por evaluar se centran en insumos, normatividad y procesos, y pocos en desempeños de estudiantes y egresados medidos de forma directa.

Se encuentra que buena parte de los aspectos evaluados tienen un grado importante de subjetividad en las inferencias que se pueden dar.

Finalmente, se concluye que buena parte de los aspectos por evaluar son de verificación difícil en el marco de una visita de un pequeño equipo durante 2 o 3 días, en un marco en que el entrenamiento que reciben los pares dista del entrenamiento que se acostumbra a recibir en el campo de la certificación y la acreditación de calidad.

Los resultados de este ejercicio parecen sugerir que el modelo del CNA tiene probables problemas de validez y confiabilidad sobre el juicio de calidad que se emite acerca de la institución de educación superior y de los programas que se visitan. Esta debilidad es crítica en cuanto a que instituciones de tercer nivel pueden acreditarse como de alta calidad sin serlo realmente.

## ABET y la calidad

El modelo de acreditación de ABET se centra en ocho criterios (el equivalente son los diez factores del CNA).

1. **Estudiantes:** se orienta al desempeño de los estudiantes y la forma en que se monitorea el progreso. Así mismo, a los mecanismos que garantizan que los profesionales que se gradúan cumplen con lo esperado.
2. **Objetivos educativos del programa:** claros, conocidos y ajustados teniendo en cuenta los grupos de interés.
3. **Competencias de egreso:** los egresados deben cumplir al menos con las 11 competencias que define taxativamente ABET. La institución debe mostrar cómo las evalúa y cómo mejoran.
4. **Mejoramiento continuo:** proceso documentado con evidencias de su funcionamiento.
5. **Currículo:** define las áreas que deben estar incluidas y la centralidad de la actividad de diseño en ingeniería.
6. **Profesores:** examina si el número y competencias de los profesores es suficiente para responder a las necesidades del programa. Revisa escolaridad, experiencia, habilidades comunicativas, pertenencia a asociaciones profesionales y licencia de la profesión como elementos centrales. La investigación no se examina en particular.
7. **Infraestructura:** comprueba si la infraestructura soporta adecuadamente el proceso de aprendizaje, incluidos laboratorios de corte académico.
8. **Apoyo institucional:** verifica la existencia de recursos humanos de apoyo y financieros para adelantar la misión del programa.

Adicionalmente, ABET define requisitos específicos para cada titulación de ingeniería.

Un examen general del modelo muestra un esquema más sencillo y directo en relación con la calidad de los programas de ingeniería. No solamente es específico, sino que excluye múltiples aspectos del modelo CNA que no tienen una relación clara con la calidad del egresado de un programa de ingeniería.

## Calidad y excelencia: una visión desde la investigación

La investigación científica en torno a los procesos de enseñanza-aprendizaje viene creciendo de forma exponencial. Las aproximaciones clásicas casi exclusivamente basadas en teorías educativas han sido complementadas y enriquecidas desde la investigación en las didácticas de las disciplinas y en las ciencias naturales en relación con los mecanismos de aprendizaje del cerebro humano.

Se ha mostrado que el nivel de investigación, de un profesor no es necesariamente un predictor del aprendizaje que logran sus estudiantes; el aprendizaje se juega con mayor grado en relación con otros aspectos incluidos en el concepto de “conocimiento didáctico del contenido”<sup>2</sup> que engloba lo que se enseña, las estrategias y buenas prácticas para enseñar esos contenidos, de las dificultades que tienen los estudiantes para abordar estos contenidos específicos y las razones, de la ubicación de los contenidos en un currículo y cómo evaluar estos contenidos, y del contexto de los estudiantes a los que se pretende enseñar.

Un mito que se encuentra incrustado en las instituciones de educación superior de Colombia y de Latinoamérica es la supuesta correlación positiva entre el nivel de investigación en la disciplina y el aprendizaje de los estudiantes. Las evidencias empíricas no han logrado demostrar esta relación de causalidad (Hattie & Marsch, 1996) por lo que las decisiones tomadas con sustento en este mito pueden resultar negativas como se ha indicado en diferentes documentos y espacios de discusión.

Igualmente, la investigación ha mostrado que las estrategias de enseñanza se sustentan en profundas creencias que tiene el profesor sobre cómo se enseña y cómo se aprende, que se forman desde los primeros años de escolaridad y se modifican poco con cursos, conferencias o talleres. De hecho, se muestra que a veces estos intentos de adoptar formas diferentes de enseñar terminan produciendo adaptaciones deformadas por el marco de creencias del profesor, que a la postre pueden resultar en peores resultados.

---

<sup>2</sup> En inglés, Pedagogical Content Knowledge (PCK)

Por último, la investigación muestra que para lograr cambios en la enseñanza es necesario utilizar estrategias de reflexión centradas en los aprendizajes de los estudiantes, contextos específicos en los cuales se enseña una disciplina. Este trabajo se sintetiza en la noción de “scholarship of teaching and learning” que presentan los trabajos de Carnegie Foundation.

## El desempeño de los estudiantes colombianos en pruebas estandarizadas

Aproximar el aprendizaje que efectivamente logran los estudiantes es una tarea compleja y difícil. El sistema nacional de evaluación de Colombia es, en su concepción, uno de los más desarrollados del mundo, porque incluye un conjunto de cinco pruebas aplicadas en diferentes momentos de la escolaridad (Saber 3, Saber 5, Saber 9, Saber 11, Saber Pro). Además, el sistema se ha fijado dos grandes metas:

- Comparar las pruebas año por año, definiendo constructos estables para cada prueba a lo largo del tiempo.
- Alinear las pruebas verticalmente de modo que en un futuro se pueda dar cuenta de aprendizajes logrados en cada etapa y estimación del valor agregado aportado por cada institución, controlando estadísticamente otros factores que también aportan a los resultados.

En particular, la prueba Saber Pro está compuesta por dos partes:

- Un examen de competencias genéricas común a todos los programas académicos que permite comparar los desempeños de estudiantes provenientes de diferentes profesiones
- Un examen específico centrado en competencias fundamentales de cada disciplina.

La prueba genérica evalúa cinco competencias, a saber:

- Comunicación escrita
- Razonamiento cuantitativo
- Lectura crítica
- Competencias ciudadanas
- Inglés

Los resultados generales en competencias genéricas ubican los programas de ingeniería, en términos de desempeño de sus estudiantes, por debajo de disciplinas como economía, medicina, humanidades, ciencias naturales y exactas y bellas artes y diseño.

Entre las áreas de ingeniería, los resultados más altos se obtienen en ingeniería química mientras los más bajos se encuentran en la de alimentos y la agrícola.

Cuando se examina el resultado por componente, por ejemplo razonamiento cuantitativo, los estudiantes de ingeniería presentan un mejor desempeño, si bien medicina y ciencias naturales obtienen mejores resultados.

En contrapartida, en escritura y lectura crítica, ingeniería experimenta un retroceso importante en resultados, porque programas como los de comunicación, derecho, economía, medicina, humanidades, ciencias naturales, bellas artes, obtienen mejores resultados.

## Características de las prácticas de aula en Colombia

Con el fin de determinar los tipos de prácticas de enseñanza que se utilizan en los salones de las facultades de ingeniería, se recolectó información de profesores y estudiantes por medio de una encuesta aplicada a escala nacional. En total respondieron efectivamente 197 estudiantes y 729 profesores. La encuesta de los estudiantes se utilizó para triangular la información que se obtuvo de los profesores.

La encuesta buscó explorar las siguientes dimensiones:

- Qué conciben los profesores como docencia de calidad
- Qué tipo de mecanismos/estrategias utilizan las facultades de ingeniería para profesionalizar la docencia en ingeniería
- Qué efecto tiene esta profesionalización en las asignaturas
- Tiempo que dedican los profesores a preparar sus clases
- Tiempo dedicado en clase a diferentes actividades
- Tiempo que dedican los profesores en actividades fuera de clase.

En general los profesores reconocen que una docencia de calidad implica amplia experiencia profesional en ingeniería, lo cual contrasta con la tendencia actual a contar con profesores con trayectoria en investigación.

La gran mayoría de docentes encuentra que recursos como laboratorios y bibliotecas bien dotados son fundamentales en la enseñanza de la ingeniería.

También reconocen la importancia de un sistema de evaluación de desempeño del profesor que tenga en cuenta el aprendizaje que logran sus estudiantes, lo cual de nuevo contrasta con el acento casi exclusivo en producción científica en estas evaluaciones.

En coherencia con la noción de conocimiento didáctico del contenido, los profesores reconocen más importante tener un entrenamiento en enseñanza de la ingeniería que una aproximación genérica a la enseñanza.

Entre las actividades que reportan los profesores se destaca el nivel bajo de tiempo que se dedica a la evaluación formativa continua, la cual ha demostrado grandes progresos en los aprendizajes.

La mayoría del trabajo que hacen los profesores siguen la tradición o sus propias ideas, en mucho menor grado se reporta que estas actividades se relacionan con desarrollo profesional en docencia.

En cuanto a la preparación, se dedica un tiempo importante a repasar el tema y muy poco a pensar en cómo enseñarlo.

Durante la clase, el tiempo dedicado a “aprender haciendo” es muy pequeño. La mayor parte se dedica a actividades del profesor.

Después de clase, la mitad del tiempo del profesor se dedica a actividades de administración del curso y el resto a atender a los estudiantes.

## **Si se quiere mejorar, hacia dónde se podría navegar**

A partir de una revisión de la literatura, se presentan en la sección tres 20 principios que pueden servir de sustento a un proceso de mejoramiento de la calidad en la enseñanza-aprendizaje:

1. Las creencias sobre cómo se enseña y cómo se aprende son las que moldean las prácticas de enseñanza del profesor, creencias que son difíciles de cambiar.
2. En consecuencia, una buena enseñanza es contraintuitiva y difícilmente emerge de forma “natural”, se requiere formación para enseñar.



3. Enseñar bien implica no sólo conocer el tema, sino saberlo enseñar, conocer las dificultades de los estudiantes y el porqué, y saber evaluar esos contenidos específicos. Se trata de una reflexión en la disciplina que se enseña.
4. Una enseñanza que separa los fundamentos de la práctica profesional resulta poco efectiva, poco genuina y poco significativa. Se aprende a enseñar una disciplina a partir de la práctica y la reflexión. El profesional más apropiado para enseñarle a un colega cómo instruir en la disciplina es aquel que ha tenido una formación no sólo en cómo se enseña la disciplina a los estudiantes sino a los profesores.
5. Lo que sucede en el salón de clases depende de múltiples factores, entre los que se cuentan las creencias de los docentes, la motivación de los estudiantes, la orientación curricular e institucional, incluyendo la evaluación de desempeño del profesor. Cambiar lo que sucede en el salón de manera profunda y permanente es una tarea compleja.
6. Las tecnologías, invento de la misma ingeniería y los procesos de globalización, en buena parte producto de ellas, terminarán por cambiar de forma profunda la empresa de la educación.
7. El reto en la educación de los ingenieros aumenta, porque las competencias que se requieren en el ejercicio profesional se vuelven complejas.
8. La utilización de taxonomías apropiadas para clasificar el conocimiento por trabajar ayudan en la orientación de los programas.
9. El aprendizaje es un fenómeno biológico que implica participación activa de quien aprende. Una visión constructivista sobre el aprendizaje humano está en sintonía con una visión biológica.
10. Para promover el aprendizaje, la información que captamos con nuestros cinco sentidos debe tener sentido (descifrable) y significado (integrable).
11. Para aprender, el estudiante necesita encontrar sentido y significado en lo que aprende. El trabajo debe estar asociado a contextos y necesidades del ejercicio profesional que el estudiante pueda reconocer y comprender.
12. El estudiante debe aprender haciendo aquello que es objetivo mismo del aprendizaje, en el marco de actividades guiadas por el profesor.
13. La utilización de conocimientos en nuevos contextos no es una acción automática, sino que refleja un nivel importante de experiencia.

14. Para que se produzca aprendizaje, esto es, modificación de la red neuronal, el sujeto debe encontrarse suficientemente involucrado en la actividad propuesta y ésta debe ser relevante para el aprendizaje al que se pretende llegar. Involucrar física, emocional e intelectualmente al estudiante en el objeto de estudio puede ser la clave.
15. Las actividades que realiza el estudiante paralelamente, como trabajar en otras asignaturas, enviar mensajes o consultar el correo en el celular, tener preocupaciones de diferente naturaleza, son una interferencia que puede anular la posibilidad de aprender.
16. El aprendizaje se potencia cuando se confronta al estudiante desde el comienzo con el objeto de estudio que se quiere trabajar en toda su complejidad, comenzando con actividades fáciles hasta llegar a otras de mayor dificultad.
17. Para potenciar el aprendizaje el estudiante requiere saber cómo va con respecto a los objetivos; necesita evaluarse. Las evaluaciones tienen que estar alineadas con los objetivos. Una valoración del desempeño del estudiante apoyada o guiada por el profesor responde a una evaluación formativa, la cual potencia el aprendizaje.
18. Evaluar no implica calificar, calificar no implica evaluar. La evaluación llamada formativa debe ser frecuente. En cambio la evaluación con nota (o del aprendizaje) debe realizarse al final de un ciclo. Todo trabajo debe ser evaluado, no necesariamente calificado.
19. La metacognición, esto es, la reflexión sobre lo que se aprende y cómo se aprende, debe ser una actividad recurrente promovida por el profesor.
20. Las herramientas ligadas a las tecnologías de la información y la comunicación no promueven necesariamente más aprendizajes. Lo que puede promover mayores aprendizajes es un diseño bien hecho, desarrollado en una asignatura presencial, virtual o mezclada.

## SECCIÓN UNO

---

### Calidad en la educación superior en ingeniería: ¿qué es y qué no es?

La calidad de un producto o servicio debe medirse en términos del nivel en que logra satisfacer una necesidad, cumpliendo con unos objetivos definidos. Con la educación, esta situación no es diferente, salvo que ella busca responder simultáneamente a varias necesidades y a varios grupos de interés. Sin embargo, en el caso de la educación de pregrado, particularmente en la de ingeniería, puede afirmarse que la calidad de la formación se relaciona con la capacidad de los futuros profesionales para responder ética y profesionalmente a las necesidades que plantea la profesión a los individuos en particular y a la sociedad en general, entendiendo capacidad según Sen (2000). Por ello, un examen de los aprendizajes logrados por los estudiantes, así como del desempeño de los egresados, parece ser la mejor aproximación a una valoración de la calidad de la formación.

---

**La calidad en la educación se expresa finalmente en los aprendizajes que logran los estudiantes y en el desempeño de los egresados.**

---

Dado que los aprendizajes y los desempeños de los profesionales no son fáciles de medir, se puede entender el sesgo que tienen varios sistemas de evaluación y reconocimiento de la calidad que se han centrado inicialmente en aspectos como insumos, procedimientos y productos de investigación, suponiendo que la existencia de ellos es un indicador para contar con una buena docencia que es garantía de aprendizajes de calidad. En otras palabras, aunque los aprendizajes de calidad y el desempeño de los egresados son los objetivos principales de la educación superior, los medios utilizados para tratar de inferirlos pueden resultar inapropiados y en algunos casos contraproducentes.

Mientras los sistemas de acreditación internacional han progresado para centrarse en el aprendizaje de los estudiantes y el desempeño de los egresados, algunos sistemas de acreditación, particularmente los latinoamericanos, se han mantenido en una compleja mirada de cientos de aspectos relacionados con los insumos y los procesos y en ciertos casos le han dado un énfasis a veces desproporcionado a los productos de investigación.

En esta sección primero se hace un análisis crítico al modelo propuesto por el CNA<sup>3</sup> en Colombia para luego presentar, en contraste el modelo de ABET<sup>4</sup> en EE. UU. Posteriormente se hace una discusión sucinta de dos conceptos centrales en la calidad en la educación que han hecho carrera a partir de investigaciones sistemáticas en el tiempo sobre la materia:

- Excelencia en enseñanza y aprendizaje (“Scholarship of teaching and learning”)
- Conocimiento didáctico del contenido (Pedagogical Content Knowledge, PCK)

## Acreditación y concepto de calidad según el CNA en Colombia

El concepto de calidad en la educación es complejo y tiene múltiples abordajes. En el caso de Colombia, la calidad en la educación se ha examinado desde varias perspectivas. Los procesos de acreditación de alta calidad del CNA, que son el referente nacional desde mediados de los noventa, definen la calidad en la educación superior, así (CNA, 2006):

“El concepto de calidad aplicado al servicio público de la educación superior hace referencia a la síntesis de características que permiten reconocer un programa académico específico o una institución de determinado tipo y hacer un juicio sobre la distancia relativa entre el modo como en esa institución o en ese programa académico se presta dicho servicio y el óptimo que corresponde a su naturaleza”.

Para hacer operable esta definición, el CNA (2013) estableció 40 características distribuidas en diez factores principales. Cada característica a su vez estipula una serie de aspectos por evaluar, lo cuales suman un total de 251.

Con el fin de analizar estas características los autores realizaron un ejercicio de clasificación teniendo en cuenta las categorías que se presentan en la tabla 2. Cada

---

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Acreditación de Colombia, <http://www.cna.gov.co/1741/channel.html>

<sup>4</sup> Accreditation Board for Engineering and Technology, <http://www.abet.org/>

característica fue clasificada en estas tres dimensiones. Una misma característica podía tener porcentaje en dos categorías, en cuyo caso se asigna un porcentaje que sumado debe ser de 100 %.

En últimas, lo que se busca es aproximar la validez y la confiabilidad del modelo, entendiendo validez como la cercanía entre lo que se quiere evaluar (la calidad) y lo que efectivamente se evalúa (los aspectos que el modelo examina).

Los autores hicieron un ejercicio para clasificar cada uno de los aspectos por evaluar en función de tres preguntas:

- ¿En qué se basa o fundamenta: opiniones, datos, hechos concretos o verificables?
- ¿Son verificables mediante un documento de autoevaluación y una visita de pares de dos días?
- ¿Están dirigidos a evaluar procesos administrativos y académicos, desempeños de estudiantes y egresados?

Sin duda, ésta clasificación tiene elementos de subjetividad, pero permite construir una idea sobre el enfoque del modelo del CNA.

<b>Dimensión</b>	<b>Categorías</b>
Foco (se relaciona con)	Procesos institucionales Procesos académicos Desempeños de estudiantes y egresados de forma indirecta Desempeños de estudiantes y egresados de forma directa Insumos Marco normativo institucional
Objetivo (naturaleza del análisis)	Interpretación basada en opiniones Interpretación con sesgo subjetivo Interpretación basada en hechos, posiblemente objetiva Interpretación basada en hechos, probablemente objetiva
Auditable (facilidad para verificar)	Fácil de verificar Dificultad media para verificar Difícil de verificar Requiere auditoría especializada

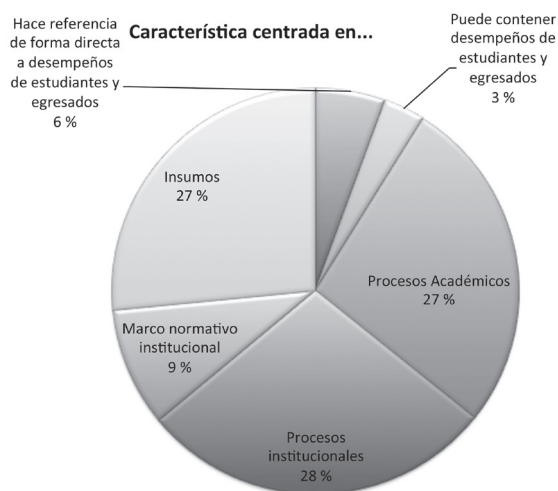
**Tabla 2: Dimensiones y categorías usadas para la clasificación.**

A continuación se resume el resultado del ejercicio. La gran mayoría de los aspectos por evaluar tienen relación con insumos y procesos, y muy pocos con resultados de los estudiantes o desempeño de los egresados (sólo 6 % de forma directa y 3% de forma indirecta). El peso de los aspectos por evaluar que examinan insumos es del 27 % mientras la evaluación a los procesos académicos es del 27 % (gráfica 1). Este valor puede ser considerado alto, pero buena parte hace referencia a expresiones formales de procesos que pueden no estar ajustadas a la realidad de las IES y que pueden ser difíciles de verificar en una visita de pares.

La evaluación propuesta en el marco del modelo del CNA parece dar espacio a un nivel importante de subjetividad en los juicios de los intervinientes (pares académicos, institución), como se ilustra en la gráfica 2.

Sólo el 13 % de las características se pueden asumir como objetivas. Un 48 % tiene una probabilidad alta de ser interpretadas objetivamente. Al resto, correspondiente a un poco menos de la mitad, le corresponde posiblemente una interpretación subjetiva. Si se supone que estas características se distribuyen uniformemente sobre lo presentado en la gráfica 1, realmente muy poco se refiere a desempeño de egresados y de estudiantes con una interpretación objetiva.

Finalmente, si se examinan los diferentes aspectos por evaluar, la dificultad para ser verificados por los pares se muestra en la gráfica 3.



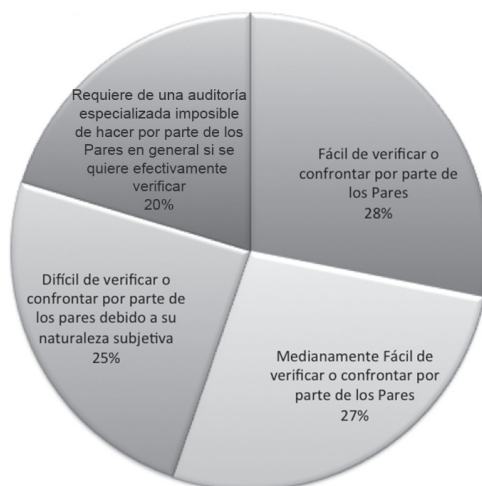
**Gráfica 1. Porcentaje de aspectos por evaluar en criterios del CNA por foco de análisis. Elaboración de los autores.**

**¿La interpretación de la información en el respectivo factor es objetiva?**



**Gráfica 2. Base de los análisis propuestos en los criterios del CNA. Elaboración de los autores.**

**¿Es fácilmente auditable?**



**Gráfica 3. Dificultad para auditar los aspectos por evaluar propuestos en los criterios del CNA. Elaboración de los autores.**

El 28 % de las características es fácil de auditar. Un 27 % es de nivel medio y el resto, poco menos del 50 %, estaría fuera del alcance de los pares en una visita.

En resumen, la mayor parte de las características propuestas por el CNA para determinar la calidad de las IES como un todo y de los programas que ofrecen de manera particular no se enfocan sobre lo fundamental, los desempeños de egresados y estudiantes son de un nivel entre medio y alto de subjetividad en su interpretación y buena parte muy difíciles de auditar por un par académico en el tiempo previsto.

Por otra parte, el sistema de acreditación del CNA ha hecho eco al sistema de “clasificación” de las IES: ha puesto un acento creciente en los productos de la investigación. Este problema no sólo es nacional sino internacional y le ha dado serias dificultades a todo proceso destinado a mejorar la docencia (The Royal Academy of Engineering, 2012), además de poner en entredicho la finalidad de los mismos sistemas de acreditación enfocados a mejorar la calidad de la educación que no puede estar sustentada exclusivamente en la investigación.

Adicionalmente, este acento ha generado una creencia sobre la necesidad de que toda IES deba realizar investigaciones de alto nivel, aspecto que no se presenta en ningún país desarrollado. De esta forma, instituciones con una vocación docente, que podrían cumplir una labor social importante en la formación de profesionales, han sido lastradas con el peso de producir conocimiento, reduciendo posiblemente su capacidad para desempeñar su labor social de manera adecuada.

Una docencia de calidad no parece requerir de investigación disciplinar de calidad como parecen demostrarlo múltiples instituciones de educación superior que se declaran de docencia y cumplen con esta misión con creces como es el caso de muchos community college en EE. UU. Un número importante de estudios no han encontrado correlación entre investigación y calidad de la docencia (Hattie & Marsch, 1996). Igualmente, en procesos de acreditación internacional, como ABET, la investigación no es un aspecto por examinar, porque de hecho en países como EE. UU., la mayor parte de las instituciones de educación superior, incluidos los community college, no hacen investigación disciplinar. A título de ejemplo, si se examina el sistema de educación del estado de California, de las 474 instituciones de educación terciaria, 145 son universidades públicas, 109 privadas y el resto community colleges y vocacionales, pero de todo este escenario, varias veces superior al colombiano, sólo 20 instituciones son de investigación. Entre éstas se encuentran Stanford, Caltech y Berkeley (Salmi, 2009). Las actividades de docencia e investigación pueden apoyarse, pero también perjudicarse mutuamente. Además, el estado de California ha sido considerado como uno de los referentes porque su sistema de educación superior cuenta con instituciones con vocaciones y perfiles diferenciados que responden no sólo a las necesidades de mercado sino a las expectativas profesionales y personales de los estudiantes quienes efectivamente cuentan con una oferta variada y de calidad



para cumplir sus metas (Altbach, 2007). En el contexto americano, de unas 4.000 instituciones de educación terciaria sólo 220 son de investigación, esto es 5 %, mientras en países como Inglaterra es de 25 % en relación con el total de universidades, una de cada 4 (MacGregor, 2014). Este mismo autor propone de forma sustentada que un país en desarrollo debería pensar en un número pequeño de universidades de investigación, siendo una institución la cota inferior. Países como China contemplan desarrollar 100 de más de 1000 instituciones. La razón es sencilla: una verdadera universidad de investigación, no de papel, requiere recursos cuantiosos que ni los países más ricos tienen para convertir a toda universidad en una de investigación. De hecho, tampoco es deseable, porque se requieren también universidades dedicadas a una muy buena docencia.

El sistema de acreditación colombiano, basado fundamentalmente en insumos y procesos, con tal cantidad de aspectos por evaluar y dificultad para que los verifique un par académico en pocas horas, debería ser reformado y ajustado a los requerimientos internacionales de este tipo de procesos. De hecho algunos documentos institucionales vienen indicando la necesidad de fortalecer la evaluación de aprendizajes, pilar de la medición seria de cualquier sistema de calidad, y en el perfilamiento de las instituciones según vocaciones para acrecentar la diversidad institucional básica para responder a las variadas expectativas personales y profesionales de los estudiantes (Celis, 2011, 2013).

En el anexo A se presenta una propuesta de indicadores que podrían estar más relacionados con la calidad en la enseñanza en una IES.

## El concepto de calidad según ABET

La comisión de acreditación de ABET, una de las agencias de acreditación de programas de ingeniería más reconocida a escala internacional, ha establecido un conjunto de criterios para determinar la calidad de la formación ofertada por un programa de ingeniería, con independencia del país o la región donde se encuentre ubicado el programa y de la especificidad disciplinar.

ABET (2012) plantea que los criterios formulados tienen por objeto contribuir con el aseguramiento de la calidad de los programas, mediante el establecimiento de un modelo sistemático de mejoramiento continuo que tome en cuenta y satisfaga las necesidades de los grupos de interés.

Los programas de ingeniería deben demostrar que cumplen con los criterios establecidos por ABET para obtener la acreditación, los cuales se agrupan con la denominación de criterio general “*General Criteria for baccalaureate level programs*”. A continuación se presentan en forma resumida.

## **Criterio 1. Estudiantes**

Se evalúa el desempeño del estudiante y cómo se monitorea su progreso a lo largo de su carrera. Deben existir mecanismos de seguimiento y consejería y procedimientos claros para el ingreso de nuevos estudiantes y en transferencia con los respectivos sistemas de homologación de créditos. Deben existir y cumplirse a cabalidad los procedimientos de graduación.

## **Criterio 2. Objetivos educativos del programa**

El programa debe tener establecidos los objetivos del programa, los cuales deben ser consistentes con la misión de la universidad, los grupos de interés y los criterios de acreditación. Así mismo, deben estar publicados. Debe existir un proceso de revisión de los objetivos que sea sistemático y esté documentado y en el cual participen los grupos de interés para asegurar que se cumplan sus necesidades y se satisfagan los criterios de acreditación.

## **Criterio 3. Competencias de egreso**

Son formulaciones elaboradas por ABET sobre lo que se espera de un estudiante de ingeniería en el momento de egreso del programa. Denominadas por ABET, Student Outcomes SO. Debe existir la respectiva documentación sobre cada uno de las once competencias, en términos de cómo se logra el desarrollo de las mismas. Son:

- a. Habilidad para aplicar el conocimiento de las matemáticas, la ciencia y la ingeniería.
- b. Habilidad para diseñar y realizar experimentos, así como para analizar e interpretar datos.
- c. Habilidad para diseñar un sistema, un componente o un proceso para cumplir con necesidades en el marco de restricciones económicas, ambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, manufacturabilidad y sostenibilidad.
- d. Habilidad para funcionar en equipos multidisciplinarios.

- e. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- f. Comprensión de la responsabilidad profesional y ética.
- g. Habilidad para comunicar efectivamente.
- h. Educación amplia necesaria para comprender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto económico, ambiental y social.
- i. Reconocimiento de la necesidad y habilidad para comprometerse con el aprendizaje a lo largo de la vida.
- j. Conocimiento de asuntos contemporáneos.
- k. Habilidad para utilizar técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de la ingeniería.

#### **Criterio 4. Mejoramiento Continuo**

El programa debe haber establecido y documentado apropiadamente un proceso para medir y evaluar el nivel de logro de cada una de las competencias de egreso (SO). Los resultados de esta evaluación se deben constituir en insumos para el mejoramiento continuo del programa.

#### **Criterio 5. Currículo**

En este criterio se especifican áreas de conocimiento apropiadas para la formación en ingeniería, pero no se prescriben cursos específicos. El programa debe asegurar que se asignan los recursos necesarios al desarrollo curricular del programa y que el currículo es consistente con los objetivos del programa, de la institución y las competencias de egreso.

Se debe cumplir con tres componentes:

1. Un año que combine matemáticas y ciencias básicas (biología, química, ciencias físicas) apropiadas para cada programa de ingeniería.
2. Año y medio de tópicos de ingeniería consistentes en ciencias de ingeniería y diseño en ingeniería apropiado a cada disciplina de ingeniería. Las ciencias de ingeniería deben fundamentarse en las matemáticas.
3. Un componente de educación general que complemente los dos anteriores y sea consistente con los objetivos del programa y la institución.

Se debe preparar a los estudiantes para la práctica de ingeniería mediante el desarrollo, al final del plan de estudios, de una experiencia mayor de diseño, que permita poner en juego los aprendizajes adquiridos con anterioridad, y que incorpore condiciones de realidad y manejo de estándares profesionales de ingeniería apropiados a la respectiva disciplina.

## **Criterio 6. Profesores**

El programa debe demostrar que cuenta con un número suficiente de profesores con las competencias adecuadas para cubrir todas las áreas curriculares del programa. El número de profesores debe ser tal que permita una adecuada interacción y consejería con los estudiantes, y así mismo interacción con la industria y los empleadores. Los profesores deben contar con una cualificación adecuada y estar investidos de la autoridad necesaria para el desarrollo apropiado del programa. Se juzgan aspectos tales como: escolaridad de los profesores, experiencia en ingeniería, habilidades comunicativas, membresías en sociedades profesionales, licencias en la profesión.

## **Criterio 7. Infraestructura**

Se debe contar con aulas de clase, oficinas, laboratorios y equipamiento adecuado para el logro de los objetivos del programa y de un ambiente apto para el aprendizaje. Los recursos bibliográficos e informáticos deben ser los requeridos por cada disciplina de ingeniería. Se debe asegurar accesibilidad y disponibilidad de los equipamientos, recursos informáticos y de laboratorio y un plan de mantenimiento periódico. Se debe proveer a los estudiantes guías, manuales e instrucciones apropiadas para la utilización de los mismos.

## **Criterio 8. Apoyo institucional**

El programa debe tener un liderazgo tal que le permita contar con apoyo institucional suficiente para asegurar la calidad y sostenibilidad del programa.

Se requiere, además de un adecuado apoyo financiero y de servicios institucionales, personal administrativo y técnico. Se debe disponer de recursos para atraer, retener y formar un cuerpo profesoral idóneo y para adquirir, mantener y operar instalaciones y equipos necesarios para la formación de los estudiantes en la respectiva disciplina.

ABET ha establecido también un conjunto de criterios por programa. Estos criterios proveen la especificidad necesaria para ayudar a los programas a interpretar

los criterios generales y apropiarlos a diferentes disciplinas de ingeniería. Existen, para el ciclo de acreditación 2014-2015, 29 criterios de programa (ABET, 2012).

Los requisitos establecidos en los criterios de programa se limitan a áreas curriculares, competencias y titulaciones de los profesores.

## Calidad y excelencia en la enseñanza y el aprendizaje: una mirada desde la investigación

La Carnegie Foundation, con más de un siglo de investigación en torno a la calidad de la educación superior, acuñó el concepto de “Scholarship of teaching and learning”. Su desarrollo ha sido motivo de múltiples publicaciones (Boyer, 1990; Cottrell & Jones, 2003; Koch et al., 2002; Kreber, 2002a, 2002b, 2003, 2013; Nicholls, 2002; Shulman, 1993, 2004b).

Este concepto se originó en un trabajo adelantado por Boyer (1990), quien planteó una visión diferente de la actividad de los profesores al hacer una diferencia entre los tipos de investigación y presentar la relación entre docencia e investigación. Para ello propuso 4 tipos de actividad:

- **Descubrimiento:** la más común y la que se promueve en los criterios del CNA.
- **Integración:** implica investigación producto de integrar conocimientos disciplinares en un marco interdisciplinar. Dada la naturaleza de este trabajo que requiere equipos de investigación de carácter menos intradisciplinarios, su desarrollo no ha recibido la promoción necesaria.
- **Aplicación:** convertir el conocimiento en resultados positivos para la sociedad es sin duda una responsabilidad social. Sin embargo, esta investigación tiene una valoración menor por cuanto usualmente su destino no es la publicación en revistas internacionales arbitradas. La que gira en torno a los procesos de enseñanza de una disciplina se encuentra igualmente en este tipo de investigación, menos común y en alguna medida considerado de segunda clase o claramente indeseable en momentos coyunturales, si bien puede potenciar los efectos de la investigación hacia la docencia.
- **Enseñanza:** aunque última en la lista, es finalmente la razón de ser de toda universidad. Sin estudiantes, una institución sería simplemente un centro de investigación. Según varios autores, enseñar no es una actividad que

se aprenda de forma intuitiva, sino que requiere formación, capacitación e investigación permanente.

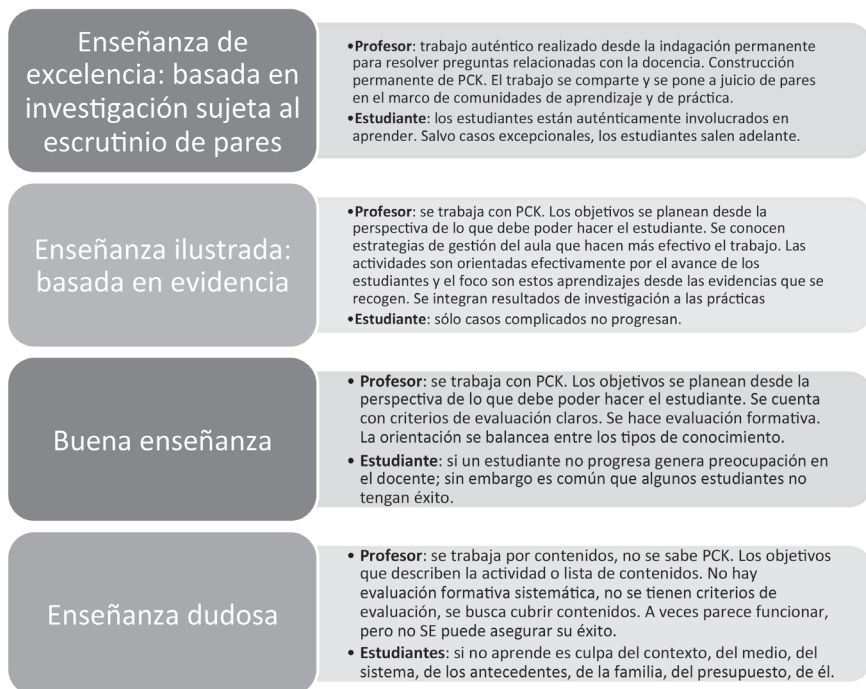
Boyer (1990) define cada una de estas categorías y sus conexiones desde una perspectiva más integral. En un posterior trabajo realizado en honor a él, se plantea la gran preocupación que existe por la calidad de la docencia en las universidades de investigación americanas (Albert et al., 2000).

Trabajos posteriores alrededor de la propuesta de Boyer presentan cuatro pilares fundamentales relacionados con una enseñanza de calidad, que deberían ser tenidos en cuenta cuando se examina la calidad en las IES:

1. La eficacia de los procesos de aprendizaje se juega en torno a lo que se ha denominado pedagógico content knowledge (PCK) de los profesores (Shulman, 1987), el cual requiere de investigación en la enseñanza de la disciplina. Esta visión está en contravía de la solución clásica de barnizar a los profesores con un discurso pedagógico general realizado por expertos en educación que no conocen la disciplina que enseña el profesor que se pretende formar. Y no es extraño: la excelencia en cualquier profesión sigue exactamente esta misma lógica. ¿Por qué sería diferente en el caso de la profesión docente?
2. La forma en que las personas enseñan está anclada en profundas creencias acerca de qué es el conocimiento y cómo se aprende, creencias que vienen de la experiencia previa como estudiante y que en la práctica poco o nada se modifican en el marco de una práctica de enseñanza sin un trabajo investigativo o en talleres de corte genérico como los que se ofrecen para una capacitación docente (Brown, Collings, & Duguid, 1989; Pajares, 1992; Putman & Borko, 2000; Shulman, 2004a). Estas creencias son, finalmente, las que explican por qué talleres y conferencias genéricos con un discurso anclado en teorías educativas tienen poco o ningún impacto en la docencia.
3. Para lograr el PCK se requiere un trabajo del profesor en torno a la enseñanza de su disciplina que demanda a la vez procesos de investigación con características particulares, normalmente centradas en las prácticas de aula en el marco de comunidades de práctica y aprendizaje en la enseñanza de la disciplina (Shulman, 1993).
4. La investigación en enseñanza requiere espacios de difusión de conocimiento formalizados (revistas, congresos, redes). Estos espacios no sólo permiten que se conozca lo que hacen los profesores sino que nutre la investigación que otros vienen adelantando (Huber & Hutchings, 2006). Además de estos

espacios, los mecanismos de reconocimiento y promoción de los profesores como los sistemas de aseguramiento de las universidades deben enfocarse a promover aprendizajes de excelencia para que se comprenda y valore la importancia que tiene adelantar investigación sobre la enseñanza (Hutchings, Huber, & Ciccone, 2011).

La siguiente gráfica es un resumen de lo que la literatura parece indicar sobre una enseñanza de excelencia.



**Figura 1. Niveles de calidad en la docencia, atributos y características**

Un mensaje fundamental sobre el cual se quiere insistir es que la docencia de excelencia es una actividad altamente profesional que implica capacitación inicial y desarrollo profesional de por vida y que cualquier otra concepción centrada en una idea de habilidad innata o que requiere justo un esfuerzo específico, va en contravía de lo que se sabe sobre el particular y, en consecuencia, no responde a la categoría de docencia de calidad. Todos podemos enseñar, pero muy pocos lo hacen profesionalmente, esto es, garantizando que todos aprenden lo que deben aprender, cuando lo deben aprender de forma eficaz. Haciendo una analogía, todos podemos pintar, pero un artista de calidad dista considerablemente del pintor *amateur* por años y años de trabajo y formación continuos y reflexivos.

También es fundamental comprender que las grandes transformaciones que requiere la formación de los ingenieros no parecen darse a partir de profesores aislados que realizan actividades interesantes en sus clases, sino en una conjugación de esfuerzos colectivos de profesores y políticas, liderazgo e incentivos en las instituciones de educación superior (The Royal Academy of Engineering, 2012).

---

**Todos pueden enseñar,  
pero muy pocos lo hacen  
profesionalmente, esto es,  
garantizando que todos  
aprenden lo que deben,  
cuando deben, de forma  
eficaz.**

---

## **Evaluación estandarizada basada en evidencias**

### **Aprendizajes y evaluación por evidencias**

Evaluar es una tarea compleja, altamente especializada (Pellegrino, Chudowsky, & Glaser, 2001). Cada evaluación requiere de un modelo del cuerpo de conocimiento que se quiere evaluar (constructo), de instrumentos apropiados y de mecanismos de inferencia adecuados (Mislevy & Haertel, 2006). Una evaluación no puede tener muchos objetivos, la experiencia muestra que cuantos más objetivos se definan, más se compromete el logro de cada uno de ellos (Pellegrino, Chiudowsky, & Glaser, 2001).

Al utilizar pruebas aplicada a los estudiantes se pueden lograr evidencias en tres aspectos diferentes (Shavelson, 2010):

- Pruebas de logro que indican qué saben los estudiantes en un punto determinado de su proceso de aprendizaje.
- Pruebas de aprendizaje que dan cuenta de lo logrado en un lapso de tiempo.
- Pruebas de capacidad de aprendizaje que dan cuenta de lo que los estudiantes pueden aprender.

Las más comunes son las pruebas de logro, porque las de aprendizaje requieren una caracterización de lo que sabían los estudiantes al entrar a un cierto ciclo de aprendizaje y luego comprobar qué lograron. Este tipo de pruebas se puede sofisticar aun más en el marco de análisis de valor agregado, en el que además se identifican los diferentes factores intervinientes (capital cultural, efecto de grupo, tipo de familia, contexto,...), así como el efecto de cada uno de ellos sobre el aprendizaje logrado.



Las pruebas de capacidad de aprendizaje ponen al estudiante en un contexto en el que para resolver una situación dada, debe aprender.

### Evaluación basada en evidencias (evidence-centered assessment)

Diseño de evaluaciones basado en evidencia ECD (evidence-centered design) es un marco de evaluación que pretende asegurar la validez mediante la alineación entre los productos y procesos de evaluación con los objetivos de la misma (Mislevy, Almond, & Lukas, 2003; Snider-Lotz, 2002).

Antes de entrar en mayores detalles sobre el tema, vale la pena recordar algunas taxonomías importantes en el campo de la evaluación. Además de la presentada al comienzo del capítulo (evaluación de logros, de aprendizajes y de capacidad de aprender), tradicionalmente se han distinguido dos grandes tipos de evaluación:

- *Evaluación del aprendizaje o evaluación sumativa* que se enfoca en indagar qué sabe el estudiante al final de un periodo y se utiliza para certificar si el estudiante aprendió. En general, es una evaluación de logros, si bien puede ser utilizada en un análisis de aprendizajes logrados.
- *Evaluación para el aprendizaje o evaluación formativa* cuyo foco es potenciar los procesos de aprendizaje y usualmente es parte integral de las actividades de enseñanza-aprendizaje, con gran participación del estudiante en su análisis. El objetivo de este capítulo no es este tipo de evaluación, si bien se insiste en su importancia, porque la investigación ha mostrado que es un factor central en los aprendizajes y que es poco utilizada en la enseñanza (Shepard, 2006).

Dentro de nuestro sistema educativo, típicamente las evaluaciones corresponden a exámenes parciales, finales u orales, quices, proyectos, reportes de experimentos, ensayos, artículos técnicos y científicos, y se realizan dentro del periodo académico respectivo en fechas fijas usualmente determinadas por la institución dentro de sus reglamentos. Por lo general, estas evaluaciones responden casi exclusivamente a un propósito “sumativo” y resulta poco común (capítulo 5) que se propongan evaluaciones de corte formativo.

Hablar de evaluación en la etapa posterior a la formación académica implica obtener información sobre el desempeño de los egresados. En el ejercicio laboral, el desempeño del egresado recién graduado se basa fundamentalmente en lo aprendido en su programa académico. En etapas posteriores, su desempeño se basa mayormente en la experiencia profesional y la educación de posgrado realizada. No existen en el país pruebas para el ejercicio laboral, por lo cual no se tiene información

certificada sobre su desempeño laboral; a diferencia de esto, sí existen pruebas para el estudiante en formación como lo son las pruebas de estado Saber Pro, de carácter nacional, y algunas desarrolladas localmente por facultades de ingeniería colombianas interesadas en conocer cómo avanza el aprendizaje de sus estudiantes hacia el logro de los objetivos educativos formulados por los programas.

Lo que interesa en este punto es plantear cómo un sistema de evaluación adecuadamente definido, desarrollado y con sostenibilidad en el tiempo, apoya el logro de los objetivos educativos de un programa. Si esto se logra, se está ante un sistema de evaluación de calidad.

La evaluación sumativa, a la vez, puede verse en dos contextos:

- Las evaluaciones realizadas en el marco de una asignatura
- Las evaluaciones estandarizadas que tienen como propósito comparar resultados entre poblaciones y a lo largo del tiempo, incluida eventualmente una estimación del valor agregado por un proceso educativo.

En el marco de la segunda variante, una de las consideraciones más importantes en relación con la calidad de la evaluación es la validez de la misma.

Dwyer, Millett y Payne (2006) señalan que la validez se refiere al grado en el cual las evidencias apoyan la interpretación de los resultados de la evaluación.

Según Dwyer, Millett, and Payne (2006), cuando se trata de determinar la validez, se deben responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuánto de lo que se desea medir, se está midiendo?
- ¿Cuánto de lo que no se desea medir se está midiendo?
- ¿Cuáles son las consecuencias intencionales y no intencionales de la evaluación?
- ¿Cuáles son las evidencias que apoyan lo que se desea medir?

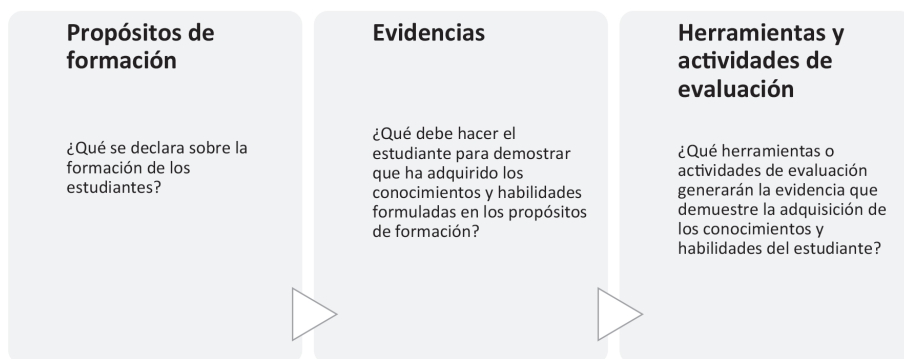
Se observa, entonces, con este enfoque, una visión de la evaluación contextualizada, más global y no concebida simplemente como una medida de correlación sino como un juicio que en el tiempo y con las inferencias hechas sobre los resultados de la misma incluye no sólo las consecuencias derivadas de las intenciones del diseño sino también las consecuencias derivadas de las no intencionalidades del diseño. Por esto en el diseño se deben tomar en cuenta aspectos que van mas allá de la evaluación en sí misma. Se requiere una evaluación que refleje de manera precisa lo que el

estudiante aprende, para lo cual se requiere que el estudiante entienda el sentido de la evaluación, lo comparta y esté motivado para que haga su mejor esfuerzo por demostrar lo que ha aprendido (Dwyer et al., 2006).

Una evaluación válida requiere claridad y completitud especificando qué es y qué no es lo que va a medir con sus respectivas evidencias y además necesita que todos los estudiantes la respondan.

Este enfoque considera la evaluación como comprehensiva, iterativa en ciclos que miden el progreso del aprendizaje del estudiante en diferentes momentos y en los cuales los resultados se usan para identificar deficiencias, que permitan tomar decisiones conducentes a implementar acciones de mejoramiento en el proceso de formación de los estudiantes.

La figura 2 presenta un esquema formulado por Dwyer et al. (2006) para el diseño de un sistema de evaluación basado en evidencias.



**Figura 2. Esquema para el diseño de un sistema de evaluación basado en evidencias.**

### **Fase 1. Declaración de los propósitos de formación**

En un diseño centrado en evidencias, en primer lugar se debe establecer y declarar qué aprenderá el estudiante qué se desea evaluar; se puede denominar esta declaración como los objetivos educativos, perfil de egreso, resultados de aprendizaje, dependiendo del nivel en el cual se está desarrollando la evaluación: la institución, el programa, un curso.

Estas declaraciones deben estar dentro del marco de la misión y los objetivos, bien sea de la institución, el programa o la asignatura. Tal alineación determina la validez y utilidad del sistema de evaluación.

### **Fase 2. Evidencias**

En esta fase se debe especificar qué evidencias y de qué tipo se requieren para apoyar y demostrar el logro de los objetivos educativos/resultados de aprendizaje. Se deben definir las evidencias para cada objetivo/resultado de aprendizaje y explicar cómo y por qué esas evidencias demostrarán lo declarado.

Por ejemplo, un programa puede declarar que el egresado tendrá dominio en su campo específico y logrará cargos importantes en su área de desempeño laboral. Se deberían seleccionar evidencias que demuestren el nivel académico alcanzado por el estudiante en el logro de las competencias requeridas para que en el ejercicio laboral demuestren el dominio adquirido en su área específica, y además basados en estándares de desempeño, seleccionar evidencias que demuestren el desarrollo de las competencias en el estudiante que según el estándar le permitirá como egresado acceder a cargos importantes en su área profesional.

El análisis e interpretación de las evidencias se debe efectuar de manera cuidadosa y correcta por quienes toman decisiones sobre el proceso de formación y sobre una base de tiempo suficiente que permita determinar el logro de los objetivos educativos/resultados de aprendizaje.

### **Fase 3. Definición de tipos de tareas de evaluación**

No existe un mejor tipo de evaluación. Hay algunos que varían de acuerdo con los objetivos/resultados de aprendizaje propuestos y la especificidad requerida por ellos, la naturaleza del área de conocimiento por evaluar y la naturaleza de cada institución y programa. Se debe tomar en cuenta también el uso que se les dará a los resultados de la evaluación. Además de demostrar el aprendizaje alcanzado por el estudiante, éstos se utilizan, por ejemplo, para procesos de acreditación o de rendición de cuentas.

Cada tipo de tarea de evaluación tiene ventajas y desventajas y la elección del mismo dependerá de los contextos particulares por evaluar. Considerando el proceso de diseño, esta fase se desarrolla una vez se han identificado las evidencias requeridas lo cual implica identificar el nivel de complejidad de la evaluación. En ocasiones se requiere evaluar sólo conocimientos, pero en muchas otras se debe evaluar el desarrollo de destrezas, capacidades, actitudes que se deben poner en juego para la solución de problemas complejos del mundo real. En este tipo de situaciones,

por lo general se requieren tareas de evaluación menos estructuradas o contextos enriquecidos, en los que no existe una sola respuesta correcta y además es difícil determinar la contribución individual de las competencias evaluadas al logro del resultado final; tareas de evaluación más estructuradas son útiles cuando se evalúan situaciones en las que existe una respuesta correcta.

Es necesario considerar aspectos de viabilidad cuando se está decidiendo la complejidad de las evaluaciones.

La última actividad de esta fase corresponde a la identificación de las herramientas de evaluación o actividades que generen las evidencias requeridas para demostrar el logro de los objetivos educativos/resultados de aprendizaje. En este punto del proceso ya están establecidos los resultados de aprendizaje y desempeños deseados, como las evidencias requeridas, de forma tal que se pueden establecer parámetros para actividades de evaluación y hacer la elección de pruebas o test que se consideren apropiados. Se pueden considerar, además de las herramientas típicas, los denominados exámenes de Estado, pruebas internacionales, y las desarrolladas por los programas o la misma institución.

#### **Aspectos generales por considerar sobre la validez**

Aunque no es objeto de esta sección discutir en forma detallada la validez de las evaluaciones, sí se considera importante resaltar ciertos aspectos generales por tomar en cuenta, además de lo presentado anteriormente para el diseño de las evaluaciones.

Cabe aclarar que el modelo presentado con anterioridad es consistente con lo propuesto por la American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council for Measurement in Education (1999), en lo referente a la validez y aseguramiento de la calidad de las evaluaciones (Dwyer et al., 2006).

Uno de los retos más grandes que se tiene en el diseño y construcción de las evaluaciones válidas es evitar medir lo que no se requiere y no medir lo que sí se requiere o parte de lo requerido. Para esto se deben implementar mecanismos que eviten la influencia de actividades de evaluación de aspectos irrelevantes: aspectos que no están directamente relacionados con los objetivos educativos/resultados de aprendizaje por evaluar, los cuales afectan necesariamente las inferencias hechas sobre los resultados y pueden llevar a tomar decisiones equivocadas cuando, por ejemplo, no hay claridad sobre cuáles son los objetivos educativos/resultados de aprendizaje que se están logrando, o no se logra identificar qué mejoramientos se deben realizar en el programa.

Un aspecto que ayuda a garantizar la confiabilidad y la especificidad de las evaluaciones es el diseño de múltiples tareas de evaluación y la triangulación desde múltiples mediciones de lo evaluado. Existen amplios estudios específicos sobre los aspectos de validez y confiabilidad que ayudan a realizar un diseño de evaluaciones ajustado a dichos conceptos, por lo cual se invita al lector a revisarlos.

## El diseño de casos dentro del proceso de evaluación

Las formas de evaluación que se utilicen en el marco de la formación por competencias deben generar situaciones que inciten a que los estudiantes pongan en evidencia sus mejores y mayores atributos para resolver problemas de su profesión. Una de esas formas de evaluación es el diseño de casos.

El caso es un instrumento que sirve para simular una experiencia. Describe un fenómeno potencialmente problemático del mundo real; incluye información acerca de los personajes que actúan en la situación descrita y de los papeles que cada uno asume. Así mismo, detalla las características de las organizaciones estudiadas; se presenta generalmente en formato de texto pero también se puede apoyar con filmaciones, grabaciones de audio, gráficas u otros documentos (Aznar, 1995a).

### Características del caso

- Se centra en un tema/problema, preferiblemente real, que tiene que ser analizado desde diversas perspectivas; para resolverlo se requiere de conceptos, procedimientos, habilidades cognitivas, actitudes, etc. (Aznar, 1995a)
- Ayuda a los estudiantes a valorar la importancia de transferir aprendizajes desde los escenarios académicos (la clase) a los escenarios productivos (el trabajo en la vida real).
- Estimulan el aprendizaje de los conceptos, así como la habilidad para reconocer las situaciones en las que los conocimientos pueden ser aplicados (Aznar, 1995a).
- Pueden ser tomados de situaciones de la vida real o ser casos simulados o ficticios, dependiendo del tipo de tema que se esté tratando.
- Se pueden diseñar casos con situaciones típicas de la profesión o con situaciones poco convencionales y un alto grado de incertidumbre.

- Pueden invitar al estudiante a resolver un problema o a emitir un juicio profesional, un diagnóstico, análisis, etc.

## Diseño de casos

Construir un caso constituye un trabajo complejo que implica reconocer situaciones potenciales de enseñanza en una serie de acontecimientos referidos a cuestiones/problemas comunes y poco comunes a los que se puede enfrentar un profesional en situaciones diversas.

Algunas de las pautas que se pueden seguir para escribir casos, de acuerdo con Aznar (1995a); (Aznar, 1995b; Herried, 1997; Ogliastri, 1998; M. D. Sanchez, Lacosta, & Fernandez, 2008; Savin-Baden, 2003; Stake, 1998) y el equipo del Collegiate, Learning Assessment (CLA) son:

- La información que el caso suministra debe explicitar qué ocurrió, a quién, cuándo, dónde y, en ocasiones, por qué y cómo.
- Seleccionar el tema, asunto u objeto por tratar en el caso.
- Plantear el escenario o contexto del caso.
- Especificar lo que quiere que realice el estudiante. Elaborar preguntas o las indicaciones de lo que debe hacer el estudiante.
- Elaborar los materiales o soportes necesarios que deben darse al estudiante para orientar el caso.
- Calcular los tiempos de aplicación.
- Escribir el caso de manera breve con un vocabulario claro y lo más interesante que pueda plantearlo.
- Someter a prueba el caso para su valoración (y mejorarlo, si fuese necesario).

Frente a la escritura del caso específicamente, aspecto que Aznar (1995b) considera determinante en la calidad didáctica de los casos, es importante considerar las siguientes características:

- Los casos deben ser verosímiles, seductores y lo suficientemente provocadores para captar la atención y el interés de los aprendices para resolverlos. En este sentido, los buenos casos son aquellos que fascinan a los aprendices y logran que se impliquen activa y positivamente.

- Deben ser claros y precisos, y proporcionar toda la información necesaria para su comprensión.
- A la vez deben evitar exceso de información, o datos que puedan anticipar posibles soluciones a la situación planteada.
- No deben omitir datos importantes que impidan configurar una visión completa del episodio.

Las preguntas deben ser críticas, estar formuladas con precisión y orientar a una solución analítica que ponga a prueba conocimientos, capacidades, habilidades y destrezas del estudiante.

## Competencias genéricas y evaluación

Existe variedad de términos y definiciones sobre las competencias genéricas en el ámbito de la educación superior. Se presentan algunas con proyectos e instituciones del orden internacional.

Según el Proyecto Tuning Educational Structures in Europe (J. González & Wagenaar, 2006), “las competencias representan una combinación de atributos referente al conocimiento y sus aplicaciones, aptitudes, destrezas y responsabilidades, que describen el nivel o grado de suficiencia con que una persona es capaz de desempeñarla”. El Proyecto Tuning propone dos tipos de competencias, las específicas y las genéricas. Las primeras están relacionadas con una profesión determinada y las segundas son aquellas que deben ser adquiridas y desarrolladas por cualquier profesional.

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en Rychen and Salganik (2003), en su proyecto DeSeCo, una competencia es más que conocimientos y habilidades. Se trata de la capacidad para satisfacer las demandas complejas del mundo del trabajo o de la sociedad en general haciendo uso de los recursos psicosociales (incluyendo habilidades y actitudes) en un contexto particular. Por ejemplo, la capacidad de comunicarse de manera efectiva se puede aprovechar en un individuo con conocimiento de lenguas, prácticas, habilidades y actitudes hacia las personas con quienes él o ella se están comunicando.



Una clasificación de las competencias genéricas ampliamente aceptada, propuesta por el proyecto Tuning y otros autores, es la siguiente:

- Instrumentales
- Interpersonales
- Sistémicas

Las competencias instrumentales de acuerdo con Capllonch and Castejón (2007) comprenden habilidades cognoscitivas relacionadas con la capacidad de comprender y manipular ideas y pensamientos, competencias metodológicas, relacionadas con la capacidad de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje y la solución de problemas, destrezas tecnológicas relacionadas con la utilización de la maquinaria, las destrezas computacionales y gerencia de la información y habilidades lingüísticas relacionadas con la comunicación oral y escrita y el conocimiento de una segunda lengua.

Las competencias interpersonales comprenden las capacidades individuales referentes a la expresión de los sentimientos propios, habilidades críticas y sociales relacionadas con la capacidad de trabajar en equipo.

Las competencias sistémicas son aquellas que permiten comprender cómo se relacionan las partes de un todo incluyendo la capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, las habilidades de investigación, la capacidad de adaptarse a nuevas situaciones, generar nuevas ideas o trabajar de forma autónoma.

Las competencias genéricas son las que se incorporan al currículo y son desarrolladas y evaluadas durante el periodo académico con el fin de que los estudiantes, más allá de “aprobarlas” las incorporen a su comportamiento. Por esta razón, de las diversas formas de trabajarlas durante los cursos de grado, se ha decidido integrarlas en el currículo, con el fin de que todos los profesores participen en su desarrollo.

Destacan A. Sanchez and Ruiz (2011) que cuantas más veces haya ocasión de ponerlas en práctica y relacionarlas con actividades diarias, mayor será la posibilidad de que se incorporen como hábito del comportamiento del estudiante.

Las universidades se han visto en la obligación de preparar a sus estudiantes en el desarrollo de las competencias genéricas, competencias o habilidades más allá de contenidos disciplinares del conocimiento que pueden aplicarse ampliamente en diferentes contextos (Drummond, Nixon, & Wiltshire, 1998).

Entre las competencias genéricas más ampliamente citadas, Bath, Smith, Stein, and Swann (2004) mencionan pensamiento crítico, solución de problemas, habilidades interpersonales, capacidad de habilidades lógicas y de pensamiento independiente, habilidades de comunicación y manejo de información, interés intelectual y rigor, creatividad, conciencia y práctica ética, integridad y tolerancia.

Plantean Dwyer et al. (2006) que la necesidad de desarrollo en los estudiantes de pregrado de un conjunto de destrezas y habilidades básicas, tales como: razonamiento verbal, razonamiento matemático incluyendo conceptos de matemáticas como aritmética, estadística y álgebra, pensamiento crítico y resolución de problemas, y habilidades de comunicación incluyendo escritura.

Como una ilustración de competencias genéricas, se presentan a continuación las definidas por el proyecto Tuning (Beneitone et al., 2007) para América Latina:

1. Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.
2. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
3. Capacidad para organizar y planificar el tiempo.
4. Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.
5. Responsabilidad social y compromiso ciudadano.
6. Capacidad de comunicación oral y escrita.
7. Capacidad de comunicación en un segundo idioma.
8. Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones.
9. Capacidad de investigación.
10. Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.
11. Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.
12. Capacidad crítica y autocrítica.
13. Capacidad para actuar en nuevas situaciones.
14. Capacidad creativa.
15. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.
16. Capacidad para tomar decisiones.
17. Capacidad de trabajo en equipo.

18. Habilidades interpersonales.
19. Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes.
20. Compromiso con la preservación del medio ambiente.
21. Compromiso con su medio socio cultural.
22. Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad.
23. Habilidad para trabajar en contextos internacionales.
24. Habilidad para trabajar en forma autónoma.
25. Capacidad para formular y gestionar proyectos.
26. Compromiso ético.
27. Compromiso con la calidad.

## SECCIÓN DOS

---

### **El desempeño de los estudiantes de ingeniería en las pruebas nacionales en Colombia**

A partir de los resultados obtenidos por los estudiantes de ingeniería próximos a graduarse en la prueba Saber Pro en el año 2012, esta sección describe el nivel de competencias que alcanzaron. La descripción se enfoca en las competencias que se han denominado de tipo genéricas para poder contrastar el desempeño de los estudiantes de ingeniería con el de los estudiantes de otras profesiones, y así saber en qué nivel se encuentran los futuros ingenieros con respecto a las demás profesiones.

En esta sección, primero se explica la reforma hecha al sistema de evaluación de aprendizajes tanto en su concepción como en los criterios de evaluación adoptados con miras a que se comprenda la descripción que se hace de los niveles de competencia exhibidos por los estudiantes pertenecientes a diferentes profesiones en Colombia con especial énfasis en los de ingeniería.

### **El sistema de evaluación de logros, aprendizajes y de valor agregado en Colombia**

Desde hace al menos dos décadas el Ministerio de Educación Nacional (MEN), apoyado en la Constitución de 1991 y La Ley 30 de 1992, ha venido impulsando la creación de un sistema de aseguramiento de la calidad para la educación superior, basados en el reconocimiento del derecho que permite a las IES desarrollar de manera autónoma su misión y propósitos académicos, así como a generar sus propias reflexiones sobre modelos pedagógicos y disponibilidad de recursos para cumplir con sus compromisos de formación de talento humano y que es competencia del Estado ejercer vigilancia de la educación por razones jurisdiccionales y constitucionales. Este sistema contempla tres componentes: fomento, información y evaluación.

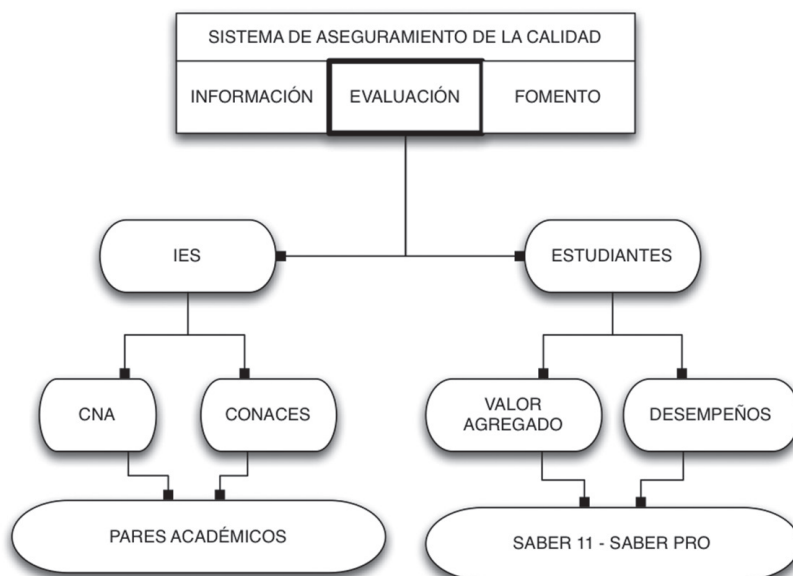
El componente de evaluación contempla el proceso de evaluación de programas académicos y de IES, mediante modelos de acreditación formulados por el CNA, para oferta educativa o para acreditación de alta calidad, referidos en la sección anterior y que es el resultado del diseño de la política del Estado para mejorar la calidad de la educación superior.

Un segundo proceso es la evaluación de aprendizajes y desempeños de los estudiantes, partiendo del hecho de que la calidad es factible de valorarse a través de estándares e indicadores. Según el enfoque de evaluación que promueve el MEN, en términos generales, evaluar significa emitir juicios sobre un asunto determinado e implica recoger evidencias sobre los aprendizajes que permitan, de acuerdo con unos criterios, saber qué tanto se ha avanzado en un determinado proceso. En el campo educativo se puede entender la evaluación como “La acción permanente por medio de la cual se busca apreciar, estimar y emitir juicios sobre procesos de desarrollo del alumno o sobre los procesos pedagógicos o administrativos, así como sobre sus resultados con el fin de elevar y mantener la calidad de los mismos (MEN, 1997).

Dentro de los cambios que se han introducido en el panorama educativo colombiano en materia de evaluación, se asume el enfoque de formación por competencias como orientador del sistema educativo, el cual integra la evaluación por desempeños y evidencias, lo que permite obtener información básica para consolidar o reorientar procesos educativos, implementar estrategias pedagógicas y ajustar o implementar un plan de mejoramiento institucional. La Ley 1324 de 2009 establece la evaluación externa, realizada por el Estado, con el propósito de medir no sólo conocimientos básicos fundamentales, sino verificar que las instituciones hayan desarrollado en los estudiantes las competencias definidas por el sistema educativo y el nivel de aprendizaje alcanzado.

La Ley 1324 establece principios rectores para la evaluación, dentro de los cuales se pueden destacar los de equidad y descentralización, lo cual podría entenderse como el reconocimiento a la multiplicidad cultural, la disponibilidad de recursos, el proyecto institucional y las formas cognitivas asociadas a ellas. Frente a las pruebas Saber Pro, se requiere, por consiguiente, establecer criterios de comparabilidad entre las instituciones de educación superior y definir el nivel de transformación de los estudiantes desarrollado a través del proceso de formación, entendiendo tal transformación como valor agregado, contemplado como indicador de calidad, en el Decreto 3963 de 2009.

La siguiente figura 3 es un resumen del componente de la evaluación dentro del Sistema de Aseguramiento de la Calidad.



**Figura 3. Sistema de aseguramiento de la calidad.**

## La prueba genérica del examen Saber Pro

El Icfes establece que “el Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, Saber Pro, es un instrumento para la evaluación del desempeño de los egresados de los programas de pregrado y dicha evaluación es útil para valorar la calidad de la educación superior. Forma parte, con otros procesos y acciones, de un conjunto de instrumentos que el Estado ha venido disponiendo para evaluar la calidad del servicio público educativo y ejercer su inspección y vigilancia” (Icfes, 2013a).

El examen está conformado por dos tipos de pruebas. Unas evalúan las competencias genéricas profesionales. En ellas participan todos los programas profesionales y algunos técnicos y tecnológicos y permiten comparar el desempeño de los estudiantes de diferentes profesiones, así como evaluar aprendizajes al tomar como referente la prueba Saber 11. La segunda prueba aborda competencias específicas para grupos de profesiones cuando el tamaño de la población justifica el desarrollo de una prueba de este tipo (Icfes, 2010).

Según lo establecido en el Decreto 3963 de 2009 (MEN, 2009), serán objeto de evaluación de los exámenes Saber Pro:

- Las competencias genéricas necesarias para el adecuado desempeño profesional, independientemente del programa cursado.
- Las competencias específicas de los estudiantes que están próximos a culminar los programas de pregrado, en la medida en que éstas puedan ser valoradas a través de exámenes externos de carácter masivo.

A continuación se presenta la información de cada uno de los módulos que componen la prueba genérica, con su respectiva descripción, niveles de desempeño, procesos o dimensiones. La información presentada fue tomada de la página institucional del Icfes.

### **Módulo de comunicación escrita**

El Icfes establece en este módulo la evaluación de la competencia para comunicar ideas por escrito referidas a un tema dado (Icfes, 2013c).

Los temas sobre los que se pide escribir son de dominio público, no requieren conocimientos especializados, de modo que todos los estudiantes tienen la misma oportunidad de producir un texto sobre ellos. De todas formas, el modo como se desarrolla el tema propuesto permite detectar distintos niveles de la competencia para comunicarse por escrito.

En los escritos se evalúa la manera como se estructuran, organizan y comunican las ideas; en particular, se tienen en cuenta la organización en la exposición de las ideas, la conexión entre los tópicos, la selección del lenguaje más apropiado, el dominio de las reglas de la expresión escrita y la claridad con que se perfila la relación con el lector. Se analiza panorámicamente si las estrategias del autor fueron adecuadas para su propósito, independientemente de si el texto tiene un formato determinado. Para la calificación se utiliza una escala acumulativa, es decir, acceder a un nivel de desempeño implica la superación de los criterios del nivel anterior. Si no se contesta o el escrito es ilegible, la prueba no se califica. Para mayor información sobre la escala consultar Icfes (2013c)

### **Módulo de razonamiento cuantitativo**

De acuerdo con el Icfes (2013c), este módulo evalúa competencias relacionadas con las habilidades en la comprensión de conceptos básicos de las matemáticas para analizar, modelar y resolver problemas aplicando métodos y procedimientos cuantitativos basados en las propiedades de los números y en las operaciones de las matemáticas.

En el módulo se abordan procesos relacionados con:

- Interpretación
- Diseño y ejecución
- Argumentación

En Icfes (2013g) se pueden consultar detalles.

### **Módulo de lectura crítica**

El Icfes<sup>11</sup> establece que este módulo evalúa la competencia relacionada con la capacidad del lector para dar cuenta de las relaciones entre los discursos y las prácticas socioculturales que las involucran y condicionan, lo cual significa que debe reconstruir el sentido profundo de un texto en el marco del reconocimiento del contexto en el que se produce y de las condiciones discursivas (ideológicas, textuales, sociales) en las que se emite. Las dimensiones que configuran la competencia en lectura crítica son:

- Dimensión textual evidente
- Dimensión relacional intertextual
- Dimensión enunciativa
- Dimensión valorativa
- Dimensión sociocultural

Para mayor información sobre las anteriores dimensiones se puede consultar Icfes (2013f).

### **Competencias ciudadanas**

Esta prueba, según el Icfes (2013c), evalúa la capacidad de los estudiantes para participar, en su calidad de ciudadanos, de manera constructiva y activa en la sociedad.

La prueba de competencias ciudadanas forma parte del conjunto de pruebas de competencias genéricas del examen Saber Pro. La formación en competencias genéricas, en particular las ciudadanas, se desarrolla a lo largo de todo el ciclo educativo. Comienza en la etapa preescolar y continúa en todas las etapas subsiguientes. En esta medida, la prueba de competencias ciudadanas en Saber Pro responde a los mismos estándares que aplican a la educación básica y media (MEN, 2006).



Para mayor información, consultar Icfes(2013d)

## Inglés

Este módulo evalúa la competencia para comunicarse efectivamente en inglés (Icfes, 2013c). Esta competencia, alineada con el Marco Común Europeo, permite clasificar a los examinados en cuatro niveles de desempeño: A1, A2, B1, B2.

Para información detallada sobre los niveles de desempeño consultar Icfes (2013e).

## Algunos resultados de la prueba de competencias genéricas

Para efectos de ilustrar los resultados obtenidos por los estudiantes en cada módulo de la prueba genérica y observar en particular los obtenidos por los estudiantes de ingeniería frente a otros programas, se presentarán los resultados para su posterior análisis, de la siguiente forma:

Los resultados individuales de estudiantes en los módulos competencias ciudadanas, razonamiento cuantitativo y lectura crítica, se presentarán por quintiles.

Según el Icfes (2013b), el quintil corresponde al grupo que resulta de dividir en cinco partes el total de los estudiantes del grupo de referencia que presentó cada módulo. En el quintil I se ubican los estudiantes con los puntajes más bajos en el módulo y en el quintil V la proporción con los puntajes más altos. Cada quintil comprende aproximadamente el 20 % del total de evaluados en un módulo y en cada grupo de referencia.

De acuerdo con el Icfes (2013b), el nivel de desempeño es una descripción cualitativa de las competencias de los estudiantes en cada módulo. Se espera que una persona ubicada en un determinado nivel demuestre las competencias de éste y de los niveles inferiores. Se reportan niveles de desempeño únicamente para las pruebas de inglés y comunicación escrita.

Para el módulo de inglés, se clasifica a los estudiantes en los cuatro niveles de desempeño antes mencionados: A1, A2, B1, B2.

Para el módulo de comunicación escrita se clasifican los estudiantes de acuerdo con los ocho niveles de desempeño descritos.

## Resultados generales

Se presentan los resultados generales y por módulos en forma detallada, para la población total de universidades que presentaron la prueba y para aquellas que tienen acreditación institucional.

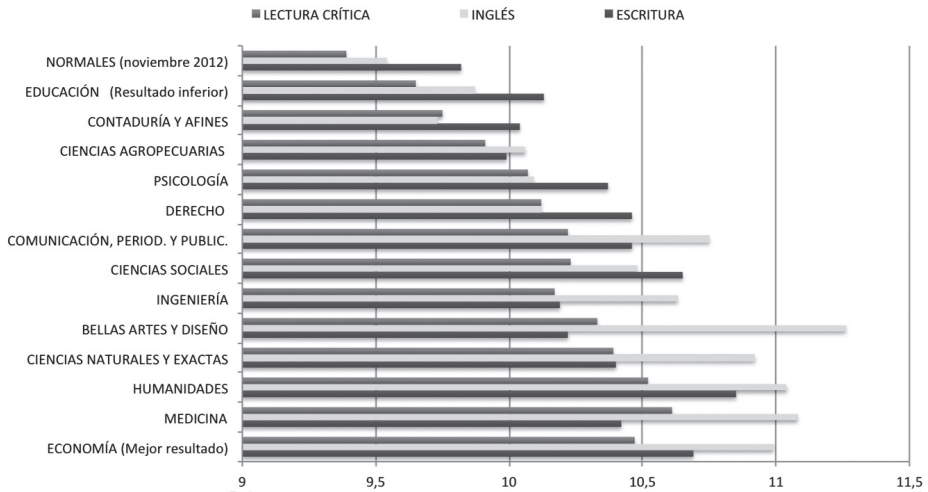
En primera instancia, se establece una comparación entre el área de ingeniería (todas las disciplinas de ingeniería de todas las universidades) con las restantes áreas del conocimiento, con el objeto de observar los resultados de los estudiantes de ingeniería frente a las demás áreas tanto en promedio general como por promedio de módulos evaluados.

También se establece un comparativo, en términos de promedio obtenido y por módulos de competencias, entre todas las áreas de conocimiento evaluadas, de las universidades que tienen acreditación institucional. Esto con el objeto de establecer si existen diferencias en los resultados cuando se toman sólo las universidades acreditadas.

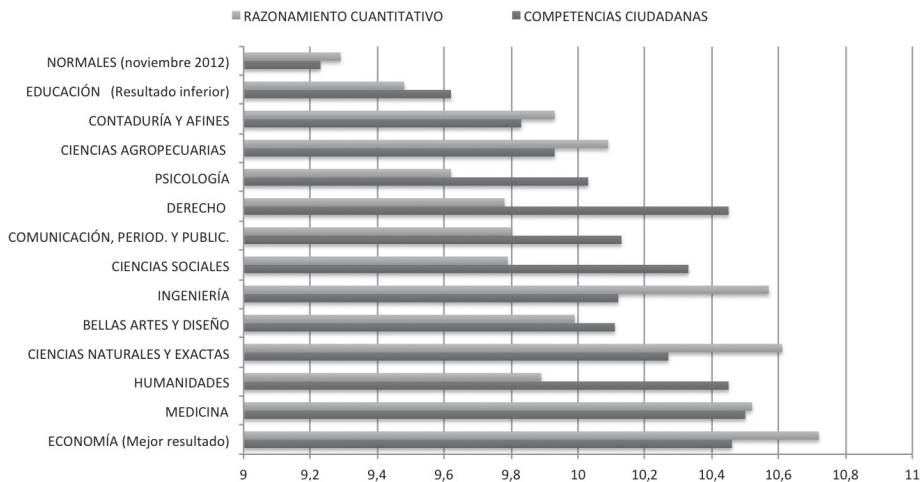
Se realiza un comparativo entre las disciplinas de ingeniería que presentaron la prueba, observando tanto el promedio general como el promedio por módulo; posteriormente se hace el mismo comparativo pero tomando sólo las disciplinas de ingeniería pertenecientes a universidades acreditadas; se trata de observar si existe influencia sobre los resultados de la prueba por el hecho de estar o no acreditada institucionalmente la universidad.

Posteriormente, tomando la población total que presentó la prueba, se exponen los resultados por módulo para cada área de conocimiento, de acuerdo con los parámetros establecidos en cada módulo, por ejemplo: quintiles, niveles, etc., y se establecen comparativos de los resultados del área de ingeniería frente a las restantes áreas del conocimiento evaluadas.

Las gráficas 4 y 5 presentan los resultados generales por módulo y por disciplina evaluada en la prueba de competencias genéricas.



**Gráfica 4. Resultados promedio por módulos (lectura crítica, inglés, escritura) en cada área de conocimiento Saber Pro 2012.**



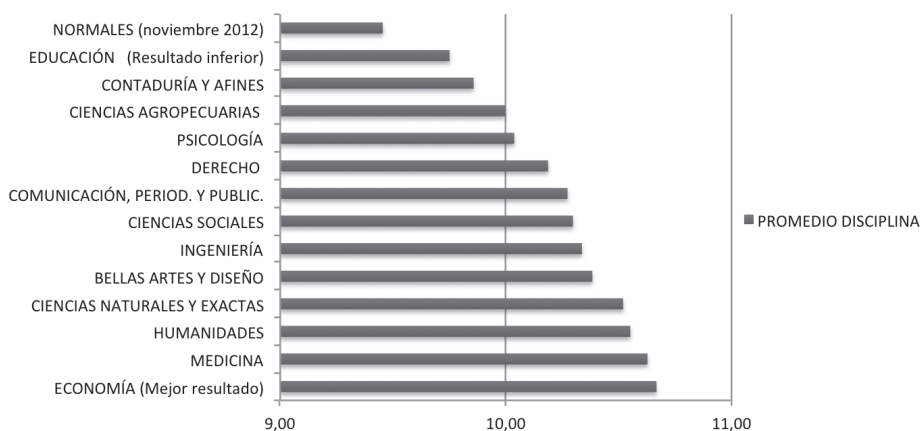
**Gráfica 5. Resultados promedio por módulos (razonamiento cuantitativo, ciudadanas) en cada área de conocimiento Saber Pro 2012.**

Considerando sólo las disciplinas del área de ingeniería, como se puede apreciar en la gráfica 5, los módulos en los que se obtuvieron mejores resultados corresponden a inglés y razonamiento cuantitativo. En general, en las áreas de conocimiento que en promedio ocupan los seis primeros lugares, como se puede ver en la gráfica 4 y gráfica 5, el de inglés fue el módulo con mejores resultados. Comparando los resultados del

módulo de razonamiento cuantitativo de ingeniería, éste ocupa el tercer lugar después de Economía y Ciencias naturales y exactas lo cual se podría esperar dado el énfasis que se le da a esta área en los programas que ocupan los dos primeros lugares. El resultado más bajo que se obtuvo en ingeniería fue el de competencias ciudadanas, que, aunque está por encima de 10, (10,12) se encuentra en la mitad inferior de los resultados de las áreas de conocimiento evaluadas.

El módulo de lectura crítica (10,17) y escritura (10,19) también obtuvieron resultados bajos con respecto a las demás áreas evaluadas. En particular, en lectura crítica el puntaje promedio obtenido es el octavo (8.º) entre catorce (14) áreas evaluadas y en escritura el puntaje promedio fue el décimo (10.º) entre las catorce áreas evaluadas; el resultado más bajo obtenido en ingeniería corresponde a competencias ciudadanas (10,12), que ocupó el octavo lugar (8.º) entre las áreas evaluadas. Llamam la atención estos resultados como motivo de análisis y reflexión en las facultades de ingeniería.

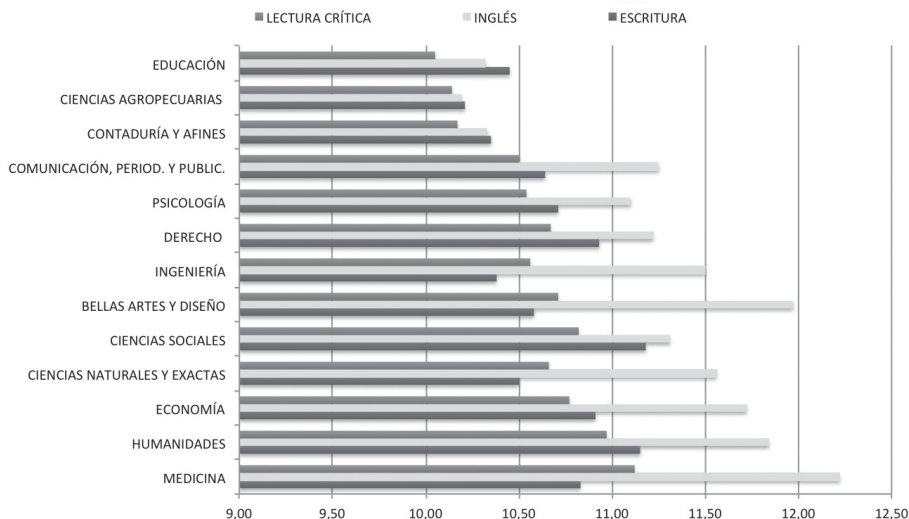
Los mejores resultados por módulos, obtenidos en las áreas de conocimiento evaluadas, fueron: medicina en competencias ciudadanas (10,5), humanidades en escritura (10,85), bellas artes y diseño en inglés (1,26), medicina en lectura crítica (10,61), economía en razonamiento cuantitativo (10,72). En relación con los resultados más bajos por módulo, fueron los siguientes: educación en competencias ciudadanas (9,62), ciencias agropecuarias en escritura (9,99), contaduría y afines en inglés (9,73), educación en lectura crítica (9,65) y educación en razonamiento cuantitativo (9,48).



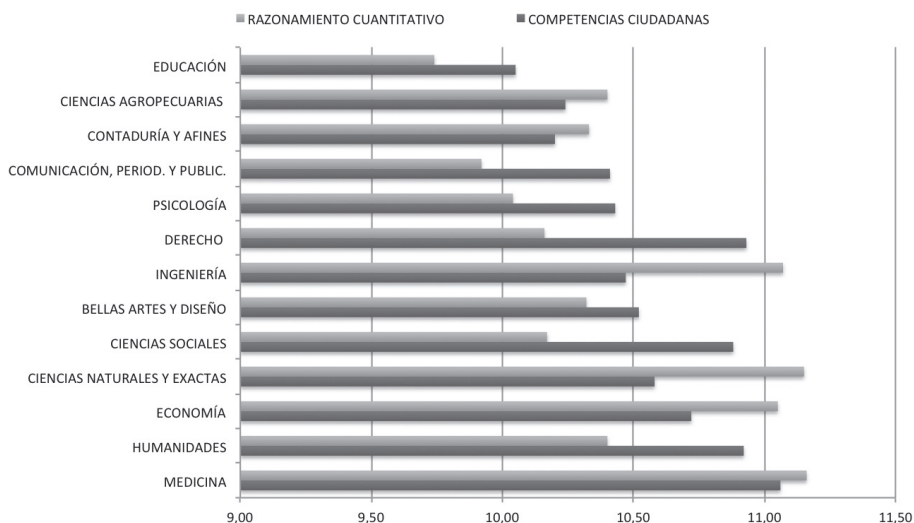
**Gráfica 6. Resultados promedio por área de conocimiento Saber Pro 2012.**

En relación con los puntajes promedio por área de conocimiento, según la gráfica 6 ingeniería ocupa el sexto (6.º) lugar entre las catorce presentadas. Los resultados que más afectaron el promedio de ingeniería, en términos de menor valor, fueron en su orden competencias ciudadanas, lectura crítica y escritura.

En las gráficas 7 y 8, se observan los resultados promedio por módulos de las áreas seleccionadas en las universidades que tienen acreditación institucional.

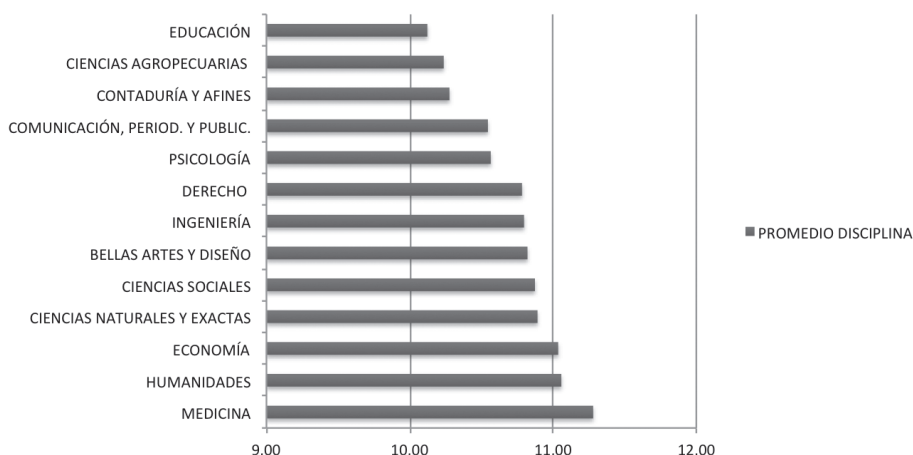


**Gráfica 7. Resultados promedio por módulo (lectura, inglés, escritura) y por área de conocimiento (universidades acreditadas) Saber Pro 2012.**



**Gráfica 8. Resultados promedio por módulo (razonamiento, ciudadanas) y por área de conocimiento (universidades acreditadas) Saber Pro 2012.**

Los resultados más altos por módulo, para todas las áreas de conocimiento evaluadas, exceptuando ciencias agropecuarias, corresponden con los de inglés, siendo medicina (12,22) y bellas artes (11,97) quienes lograron mejores resultados. En particular en ingeniería, le sigue a inglés (11,50), razonamiento cuantitativo (11,07) como segundo mejor resultado y ocupa el tercer lugar dentro de las trece (13) áreas evaluadas de universidades con acreditación institucional. Los módulos con mejores resultados fueron, en su orden: medicina en inglés (12,22), ciencias sociales en escritura (11,18), medicina en razonamiento cuantitativo (11,16), medicina en lectura crítica (11,12) y medicina en competencias ciudadanas (11,06). Los resultados más bajos por módulo fueron: educación en razonamiento cuantitativo (9,74), educación en lectura crítica y competencias ciudadanas (10,05) en ambos módulos, ciencias agropecuarias en inglés (10,19) y en escritura (10,21).



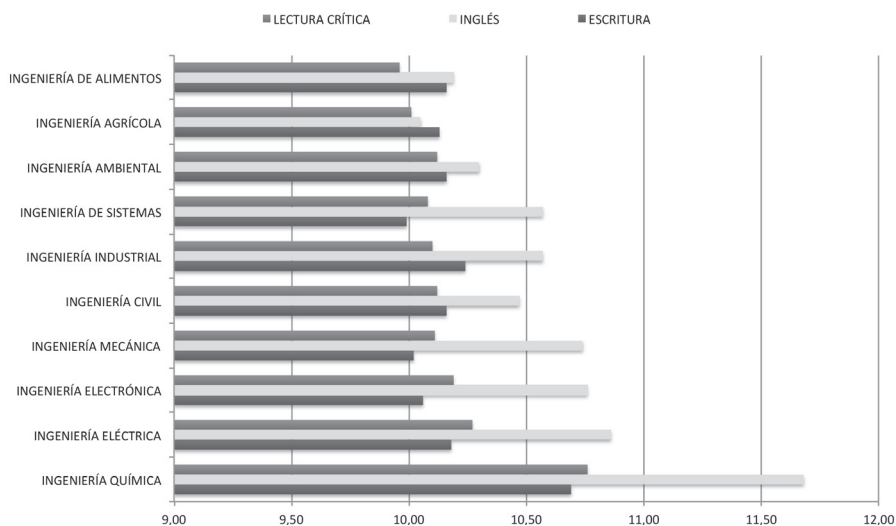
**Gráfica 9. Resultados promedio por área de conocimiento (universidades acreditadas) Saber Pro 2012.**

Se puede observar en la gráfica 9 que las áreas de medicina, humanidades y economía siguieron ocupando los tres primeros lugares como en el caso presentado en la gráfica 1 (población de todas las universidades), con variación en el lugar de economía que dentro de las universidades acreditadas pasa a ocupar el tercer lugar y suben medicina y humanidades, respectivamente, a los lugares primero y segundo. Ingeniería, en tanto, pasó del sexto al séptimo lugar. Una de las áreas de conocimiento que mejoró sus resultados fue ciencias sociales (10,87) superando a ingeniería. El área de educación continuó en el último lugar, aunque mejoró sus resultados (10,12).

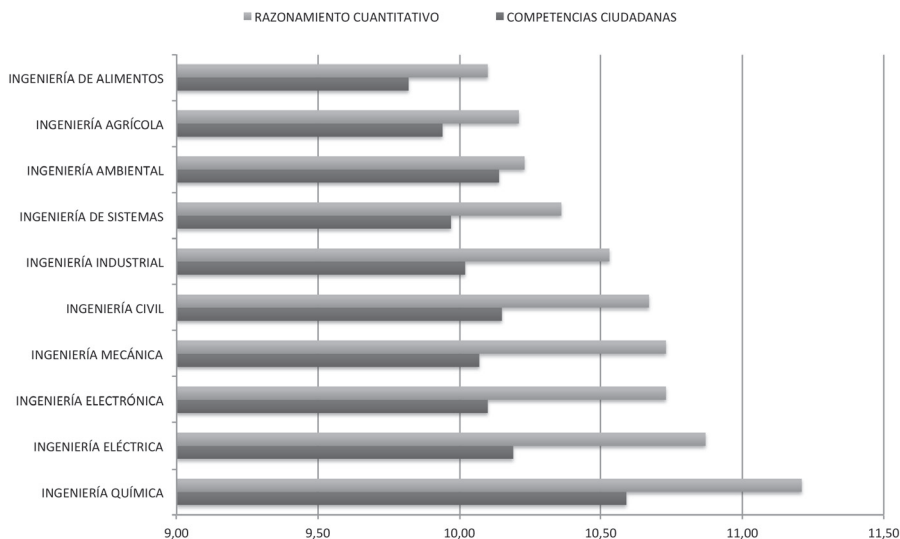
Los resultados promedio se incrementaron para todas las áreas y el mejor promedio fue el de medicina (11,28) sobrepasando a economía (11,06).

A continuación se presentan los resultados discriminados para ingeniería por disciplina profesional.

Las gráficas 10 y 11 muestran los resultados promedio por módulos para cada especialidad de ingeniería que presentó la prueba.



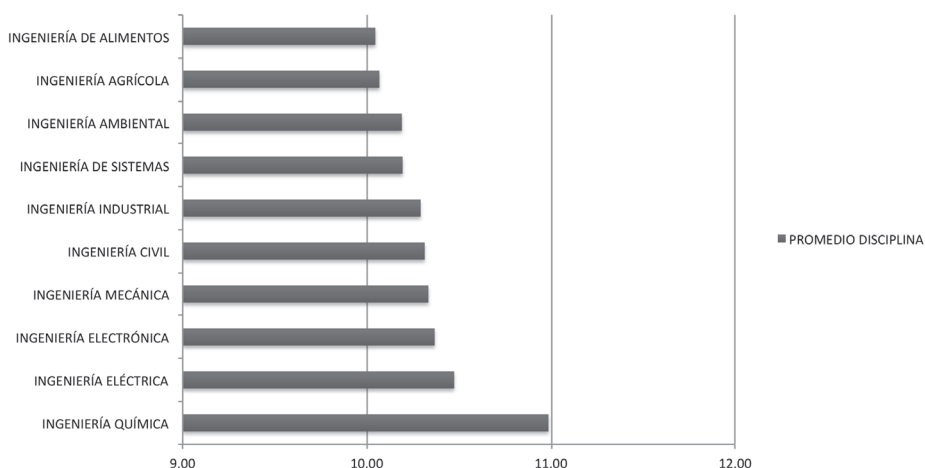
**Gráfica 10. Resultados promedio por módulo (lectura, inglés, escritura) en las disciplinas de ingeniería Saber Pro 2012.**



**Gráfica 11. Resultados promedio por módulo (razonamiento, ciudadanas) en las disciplinas de ingeniería Saber Pro 2012.**

El módulo en el cual la mayoría de disciplinas obtuvo el puntaje promedio más alto, fue el de inglés, con excepción de ingeniería civil e ingeniería agrícola. En la mayoría de los programas, exceptuando ingeniería de alimentos, el módulo que obtuvo el segundo mejor puntaje fue el de razonamiento cuantitativo. El módulo con menor puntaje en todos los programas, con excepción de ingeniería ambiental, fue el de competencias ciudadanas. Los puntajes promedio más bajos por módulo fueron, en su orden: ingeniería de alimentos en competencias ciudadanas (9,82), ingeniería de alimentos en lectura crítica (9,96), ingeniería de sistemas en escritura (9,99), ingeniería agrícola en inglés (10,05) e ingeniería de alimentos en razonamiento cuantitativo (10,10).

La gráfica 12 muestra resultados promedios por disciplina de ingeniería.



**Gráfica 12. Resultados promedio por disciplinas de ingeniería Saber Pro 2012.**

Se puede ver que ingeniería química obtuvo el mejor resultado con un promedio de 10,99, el mayor puntaje promedio en todos los módulos evaluados. Ingeniería eléctrica e ingeniería electrónica le siguen con puntajes de 10,47 y 10,37, respectivamente. Ingeniería de alimentos obtuvo el promedio más bajo (10,05).

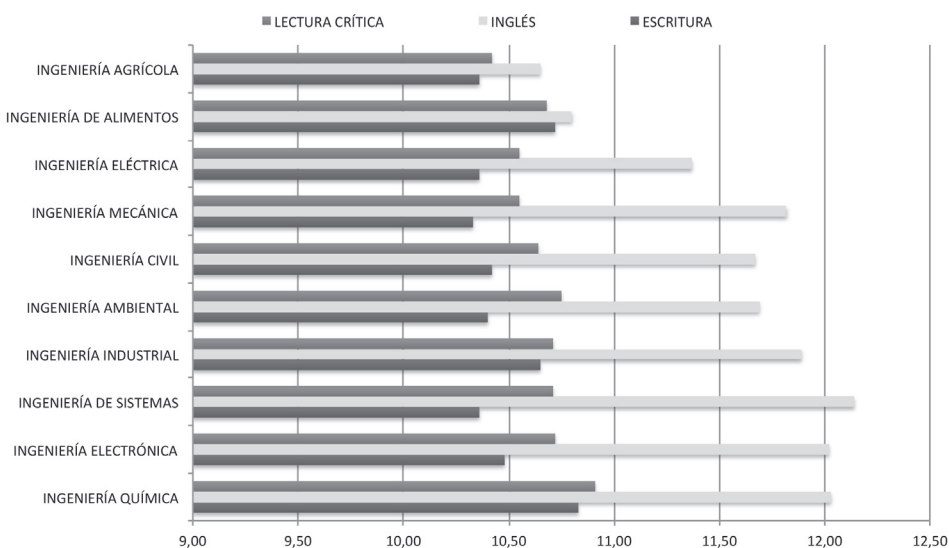
Los resultados que se obtuvieron están en el promedio pero ninguna ingeniería alcanzó a obtener puntaje de 11 dentro de la población total de las evaluadas.

Tomando en cuenta sólo los resultados de las disciplinas de ingeniería de las universidades acreditadas institucionalmente, se puede observar una mejora en sus

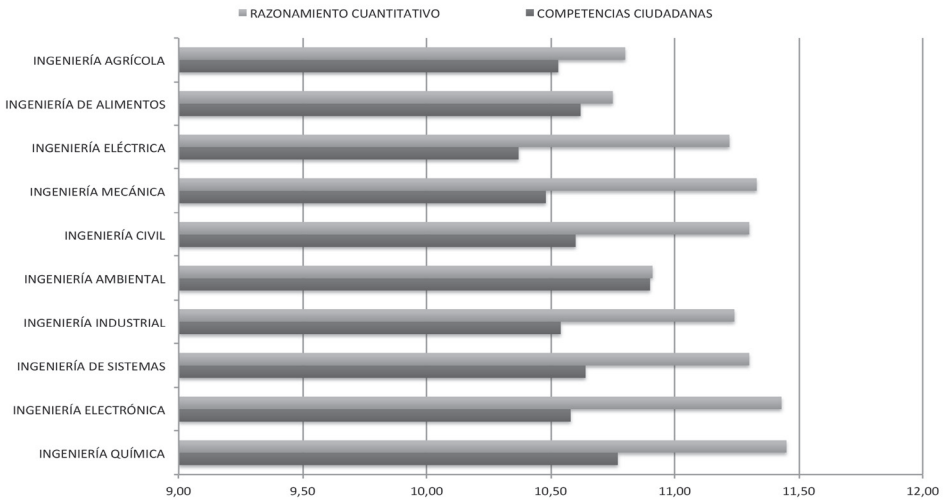


resultados, en general, en relación con los puntajes obtenidos cuando se observa la población total de acreditadas y no acreditadas institucionalmente.

Según las gráficas 13 y 14, en promedio, el módulo de mejor desempeño para todas las disciplinas, fue el de inglés, seguido por razonamiento cuantitativo. Para algunas disciplinas el módulo de promedio más bajo fue el de competencias ciudadanas y para otras, el de escritura. Ingeniería química obtuvo los mejores promedios en los módulos de escritura (10,83), lectura crítica (10,91) y razonamiento cuantitativo (11,45). En competencias ciudadanas el mejor promedio fue el de ingeniería ambiental (10,90) y el mejor promedio de inglés lo obtuvo ingeniería de sistemas. Los promedios más bajos por módulos fueron: en competencias ciudadanas, ingeniería eléctrica (10,37); en escritura, ingeniería mecánica (10,33); en inglés, ingeniería agrícola (10,65); en lectura crítica, ingeniería agrícola (10,42), y en razonamiento cuantitativo, ingeniería de alimentos (10,75).

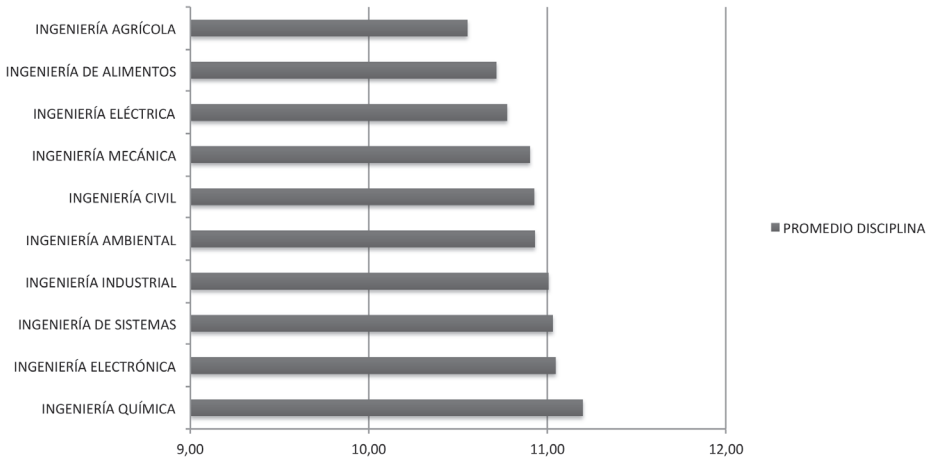


**Gráfica 13. Resultados promedio por módulo (lectura, inglés, escritura) en las disciplinas de ingeniería (universidades acreditadas) Saber Pro 2012.**



**Gráfica 14. Resultados promedio por módulo (razonamiento, ciudadanas) en las disciplinas de ingeniería (universidades acreditadas) Saber Pro 2012.**

La gráfica 15 muestra los resultados promedio por disciplina de ingeniería tomando sólo las universidades con acreditación institucional.



**Gráfica 15. Resultados promedio por disciplinas de ingeniería (universidades acreditadas) Saber Pro 2012.**

El primer lugar vuelve a ocuparlo ingeniería química (11,20) y el último, ingeniería agrícola, que ocupaba el penúltimo lugar dentro del total de la población considerada. Llama la atención que ingeniería de sistemas pasó de ocupar el séptimo lugar en la población total al tercero dentro de los programas de universidades acreditadas institucionalmente, mientras hubo un descenso para ingeniería eléctrica, que pasó del segundo al octavo lugar dentro de las acreditadas. Caso similar sucede con ingeniería mecánica, que pasa del cuarto al séptimo lugar en la población de universidades acreditadas.

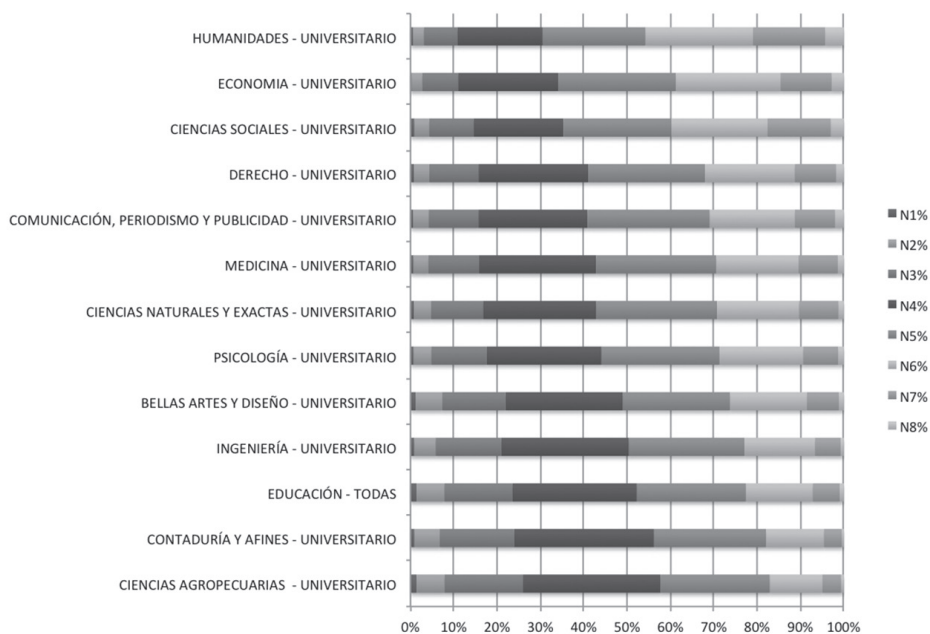
En general, se puede observar que hay un mejoramiento importante en los puntajes de promedios bien sea por módulos o en general, cuando se toman en cuenta las disciplinas de ingeniería de las universidades que cuentan con acreditación institucional.

A continuación se presentan los resultados por módulos evaluados. Para éstos, se han tomado en cuenta tanto las áreas de conocimiento de universidades con acreditación institucional como las de aquellas que no la tienen.

## Algunos resultados por módulos

### Escritura

En este módulo, la población de ingeniería obtuvo un puntaje promedio de 10,19 con una desviación de 1,15 y ocupó el décimo lugar entre 13 áreas de conocimiento evaluadas. Como se puede ver, hay mucha variabilidad entre los diferentes niveles de evaluación. Al observar la gráfica 16, se puede apreciar que los datos siguen una distribución normal, siendo los niveles de desempeño 4 y 5, aquellos en los cuales hay más cantidad de estudiantes, mientras que en los niveles de desempeño 1 y 8 el porcentaje de estudiantes es muy bajo. Al observar los datos de las áreas con mejores resultados, se puede ver que si bien se observa una distribución normal esta tiene la característica de correrse hacia la derecha porque allí se ubica una cantidad apreciable de estudiantes en los niveles 4, 5 y 6, y empieza a disminuir en el 7 y a ser muy bajo en el nivel 8. Esto explica los buenos resultados de los programas de humanidades, economía, ciencias sociales, derecho, etc.



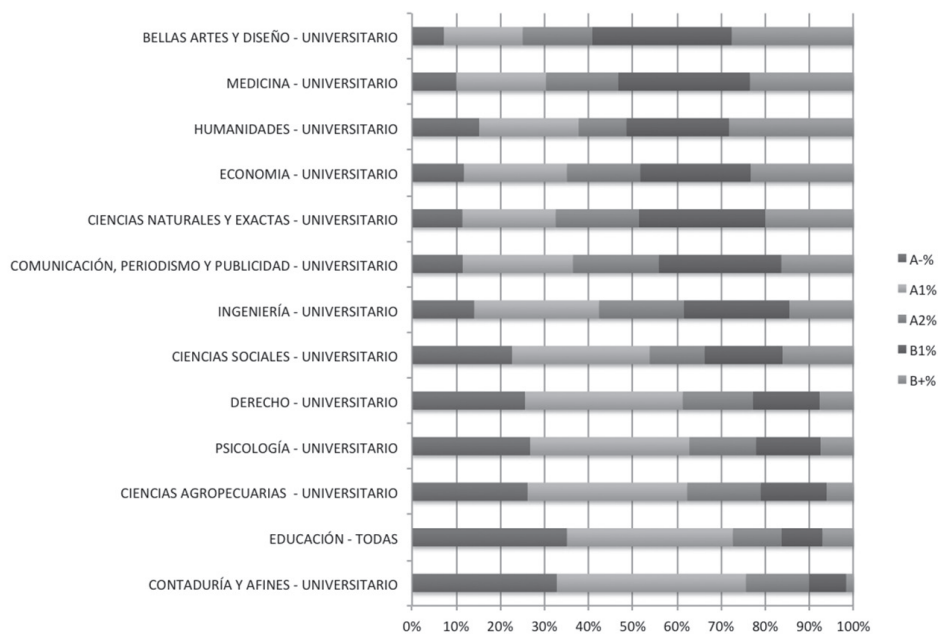
**Gráfica 16. Resultados promedio por porcentaje del módulo escritura en cada una de las áreas de conocimiento.**

## Inglés

En éste módulo, ingeniería obtuvo el puesto séptimo entre 13 áreas de conocimiento evaluadas, con un promedio de 10,63 y una desviación de 1,42, resultado relativamente bajo con respecto a las otras áreas (gráfica 17). El mayor porcentaje de estudiantes obtuvo calificaciones de A1, la segunda calificación más baja. En los programas que obtuvieron mejores resultados los estudiantes se ubicaron en mayor número en los niveles B1 y B+.

El primer lugar lo ocupó el área de bellas artes y diseño con un promedio de 11,26 y desviación estándar de 1,57, y el resultado más bajo lo obtuvo contaduría y afines con un promedio de 9,73 y una desviación estándar de 0,97.

SECCIÓN DOS: El desempeño de los estudiantes de ingeniería en las pruebas nacionales en Colombia



**Gráfica 17. Resultados promedio por porcentaje del módulo inglés en cada una de las áreas de conocimiento.**

### Características de las prácticas de aula

A partir de las percepciones de profesores y estudiantes, en esta sección se hace una caracterización de las prácticas de aula que se llevan a cabo en algunas facultades/ escuelas de ingeniería en Colombia. El propósito es tratar de inferir los tipos de enseñanza que se están promoviendo en el aula de clase, y formular, a partir de dicha caracterización, hipótesis sobre los tipos de aprendizaje que ellas están generando en los estudiantes. Aunque es difícil aseverar que existe una relación causal entre enseñanza y aprendizaje –es imposible obviar la incidencia que tiene el capital social de origen de los estudiantes en su proceso de escolarización o el contexto de las instituciones educativas, por ejemplo (Duque, Celis, & Camacho, 2011)– hay altas probabilidades de comprender por qué los estudiantes están desarrollando ciertos aprendizajes y no otros: algunos tipos de enseñanza están orientados a desarrollar la capacidad de memoria de los estudiantes mientras que otros desarrollan capacidades para comprender, apropiar y utilizar el conocimiento.

Esta caracterización sobre las prácticas de aula es relevante para las facultades de ingeniería en particular y la educación superior en general. Varias razones se pueden revelar al respecto:

1. Permite comprender de qué manera los profesores de ingeniería se aproximan a la enseñanza. Esta aproximación, como se mencionó previamente, depende en gran parte de las experiencias acumuladas por los profesores durante su proceso de formación como estudiantes y en sus primeros años de ejercicio docente. De ahí que sea fundamental indagar sobre dichas aproximaciones para comprender qué tipo de aprendizajes terminan por desarrollar en los estudiantes.
2. Facilita conocer de qué manera los estudiantes de ingeniería perciben la organización del tiempo y de las actividades que se realizan durante la clase.

Esta percepción se puede contrastar con la aproximación argüida por los profesores para saber qué tan cercanas o alejadas están unas de otras. Al ser los profesores y los estudiantes agentes entendidos (capacidad para explicar sus acciones), no implica que aquellas razones que esgrimen los profesores sobre los aprendizajes esperados de los estudiantes sean las mismas que expongan los estudiantes (Celis & Guatame, 2003).

3. Se acumula conocimiento para saber qué tanto las prácticas de aula contribuyen a responder a las nuevas demandas que la sociedad está haciendo a los futuros profesionales de la ingeniería. Igualmente, este conocimiento es útil para entender hasta qué punto la enseñanza está apuntando a promover las competencias genéricas que se están evaluando en las pruebas Saber Pro, y que son consideradas esenciales para que los egresados de ingeniería puedan seguir aprendiendo a lo largo de vida.
4. Se crea un área de estudio sobre las prácticas de aula que tiene como finalidad mejorar los aprendizajes de los estudiantes. Esta área resulta también de primer orden para otras profesiones que requieren de la didáctica de las disciplinas para fortalecer las capacidades de enseñanza de sus profesores y lograr el desarrollo de los aprendizajes esperados en los estudiantes.

## Metodología de estudio

Para la caracterización de las prácticas de aula se optó por aplicar una encuesta con preguntas cerradas a profesores y una a estudiantes de algunas facultades de ingeniería en Colombia. Aunque existen otras aproximaciones para conocer, por ejemplo el empleo del tiempo en el aula (MEN & Banco Mundial, 2012), en este trabajo se consideró que las encuestas son un instrumento idóneo para tener un conocimiento sobre las percepciones de profesores y estudiantes sobre las prácticas de aula. En trabajos posteriores se pueden utilizar instrumentos que impliquen el uso de observación en el aula.

Las encuestas se administraron utilizando el aplicativo Survey Monkey. Se enviaron mensajes por correo electrónico a profesores y estudiantes para invitarlos a diligenciar la encuesta. La encuesta a profesores estuvo abierta durante dos semanas (del 19 de junio al 5 de julio) y la de estudiantes durante una semana (del 11 al 18 de julio).

En la tabla 3 se muestra el porcentaje de respuesta para cada una de las encuestas.

Encuesta	Número de encuestas iniciadas	Número de encuestas efectivamente diligenciadas	Porcentaje de respuesta
Encuesta a profesores	845	729	86.3 %
Encuesta a estudiantes	228	197	86.4 %

**Tabla 3. Porcentaje de respuesta de las encuestas a profesores y estudiantes.**

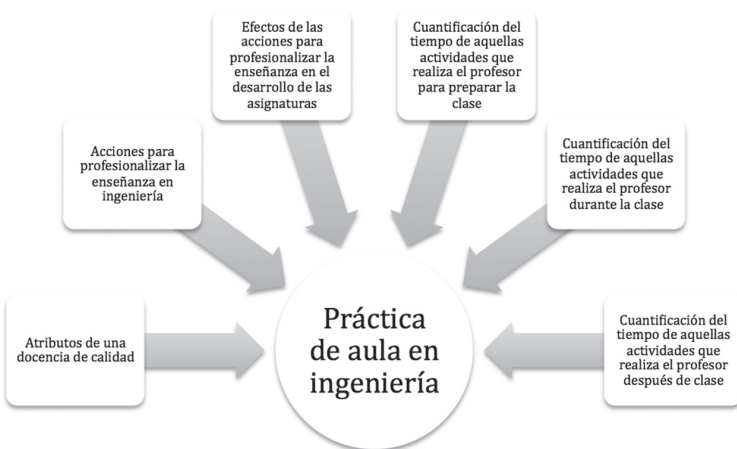
En la tabla 4 se presentan algunos datos demográficos de los profesores y estudiantes que diligenciaron efectivamente la encuesta:

Encuesta	Sexo		Institución	
	Hombre	Mujer	Pública	Privada
Encuesta a profesores	74 %	26 %	35 %	65 %
Encuesta a estudiantes	57 %	43 %	44 %	56 %

**Tabla 4. Datos demográficos de las encuestas a profesores y estudiantes.**

## Descripción de la encuesta a profesores

La encuesta a profesores se estructuró alrededor de seis temas todos ellos relacionados con la práctica de aula (figura 4):



**Figura 4. Temas abordados en la encuesta a profesores.**



Algunas de las preguntas fueron adaptadas de una encuesta aplicada en EE. UU. a principios de la década pasada para conocer las percepciones de los profesores sobre ciertos atributos de la enseñanza de calidad, los sistemas de estímulos a la enseñanza de calidad y la manera en que los profesores organizaban el trabajo y el tiempo en el aula (Brawner, Felder, Allen, & Brent, 2011). De igual manera, se consideraron los resultados obtenidos en un trabajo reciente sobre el desarrollo profesional docente en algunas facultades de ingeniería en Colombia (Duque, Celis, & Celis, 2011) para terminar de perfilar algunos de los temas y las preguntas.

En la tabla 5 se muestra el número de preguntas que fueron formuladas para los cinco temas antes mencionados.

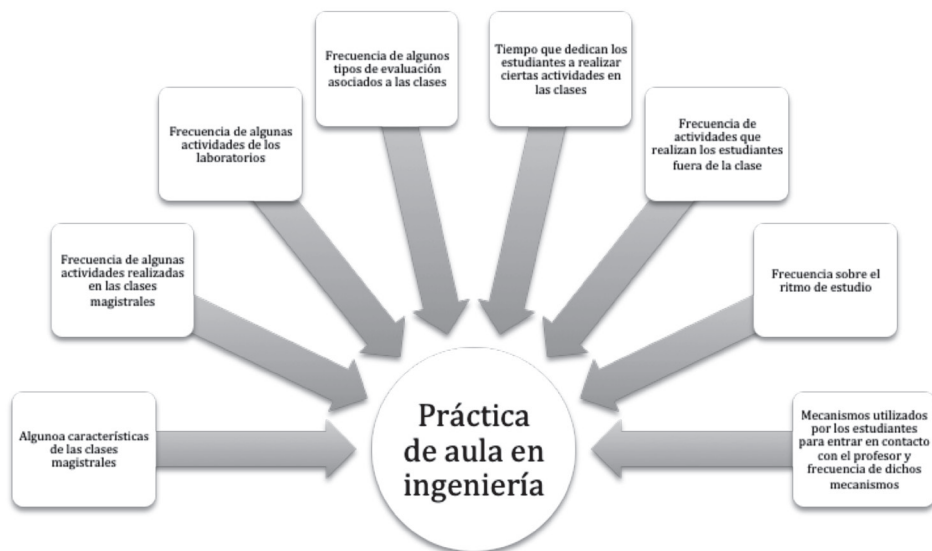
Tema	Número de preguntas
Atributos de una docencia de calidad	23
Acciones para profesionalizar la enseñanza de ingeniería	9
Efectos de las acciones para profesionalizar la enseñanza en el desarrollo de las asignaturas	7
Cuantificación del tiempo de aquellas actividades que realiza el profesor para preparar la clase	6
Cuantificación del tiempo de aquellas actividades que realiza el profesor durante la clase	6
Cuantificación del tiempo de aquellas actividades que realiza el profesor después de clase	4
Total preguntas	55

**Tabla 5. Número de preguntas por temas de la encuesta a profesores.**

En los apartados posteriores se mostrarán en detalle las preguntas que fueron formuladas para cada uno de los temas antes mencionados y las escalas de valoración empleadas para conocer las percepciones de los profesores (Las prácticas de aula según los profesores, página 73).

## Descripción de la encuesta a estudiantes

La encuesta a estudiantes se estructuró alrededor de ocho temas, todos ellos relacionados con la práctica de aula (figura 5).



**Figura 5. Temas abordados en la encuesta a estudiantes.**

En la tabla 6 se muestra el número de preguntas que fueron formuladas para los siete temas antes mencionados.

Tema	Número de preguntas
Algunas características de las clases magistrales	5
Frecuencia de algunas actividades realizadas en las clases nominadas como magistrales o de teoría	8
Frecuencia de algunas actividades de los laboratorios	9
Frecuencia de algunos tipos de evaluación asociados a las clases	7
Tiempo que dedican los estudiantes a realizar ciertas actividades en las clases	10
Frecuencia de actividades que realizan los estudiantes fuera de la clase	9
Frecuencia sobre el ritmo de estudio	2
Mecanismos utilizados por los estudiantes para entrar en contacto con el profesor y frecuencia de dichos mecanismos	6
Total preguntas	56

**Tabla 6. Número de preguntas por tema de la encuesta a estudiantes.**

En los apartados posteriores se mostrarán en detalle las preguntas formuladas para cada uno de los temas antes mencionados y las escalas de valoración empleadas para conocer las percepciones de los estudiantes (Las prácticas de aula según los estudiantes, página 90).

## Las prácticas de aula según los profesores

En este apartado se hace una descripción de las percepciones que tienen los profesores sobre las prácticas de aula, a partir de los resultados obtenidos en la encuesta a profesores. El apartado está organizado según los temas que fueron abordados en ella (figura 4).

### Atributos de una docencia de calidad

Con el fin de indagar sobre las percepciones que tienen los profesores acerca de una docencia de calidad, se seleccionaron los siguientes aspectos:

1. Profesores
2. Estudiantes
3. Infraestructura
4. Evaluación e indicadores

Para cada aspecto se seleccionó un conjunto de atributos y para los distintos atributos los profesores debían hacer una valoración con miras a saber si los consideraban indispensables para alcanzar una docencia de calidad o no contribuían en lo absoluto. La escala de valoración contenía cinco posibilidades, a saber: absolutamente indispensable, contribuye sustancialmente, contribuye en algo, contribuye marginalmente y no contribuye.

### Atributos para una docencia de calidad relacionados con los profesores

En la tabla 7 se muestran los atributos para una docencia de calidad relacionados con los profesores.

Atributo	
<b>Contar con profesores</b>	con título de doctorado en el área de ingeniería
	con posgrados, cursos, talleres o seminarios relacionados con educación
	que publican en revistas arbitradas de su especialidad en ingeniería
	que publican sus resultados en enseñanza de ingeniería, en artículos y libros de texto
	que participan en redes nacionales o internacionales para investigar e intercambiar experiencias sobre cómo mejorar los aprendizajes de los estudiantes
	que diseñan permanentemente actividades de aprendizaje y las evalúan
	que tienen amplia experiencia y alto reconocimiento profesional, con capacidad para enseñar en el contexto real de la práctica profesional

**Tabla 7. Atributos para una docencia de calidad relacionados con los profesores.**

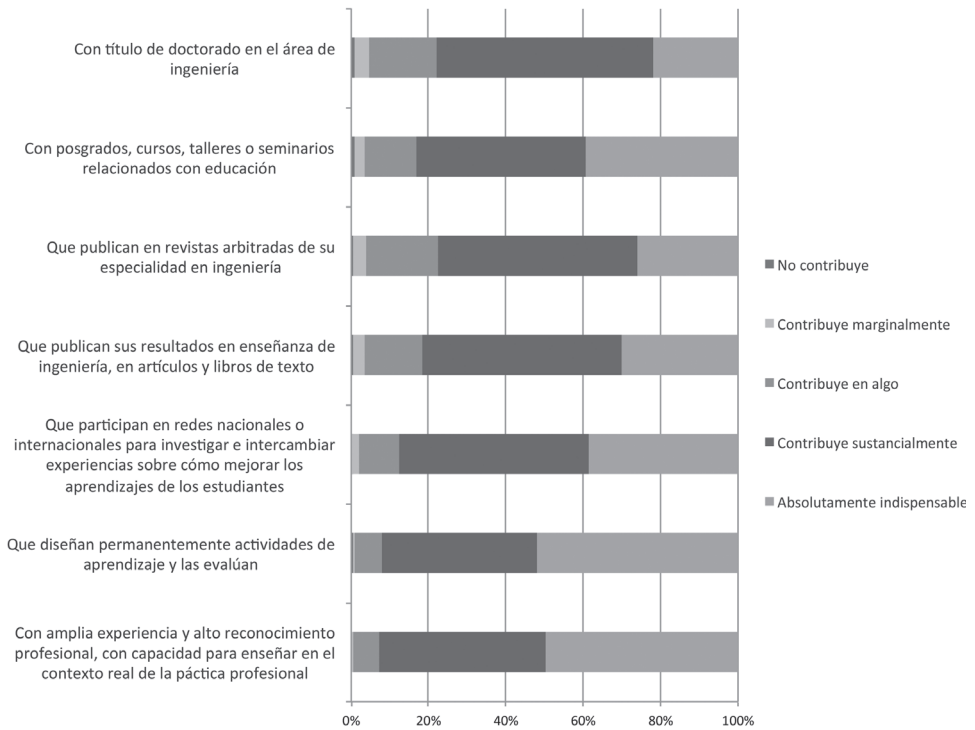
Al analizar los resultados consignados en la gráfica 18 se encuentra que en el atributo “Contar con profesores que diseñan permanentemente actividades de aprendizaje y las evalúan” 52,1 % de los profesores lo consideró absolutamente indispensable en contrapartida con el atributo “Contar con profesores con título de doctorado en el área de ingeniería”, en el cual solamente el 21,8 % de los profesores lo catalogó como absolutamente indispensable, muy por debajo del 39,4 % que obtuvo el atributo “Contar con posgrados, cursos, talleres o seminarios relacionados con educación”. A primera vista se podría afirmar, en concordancia con los hallazgos reportados en la revisión de literatura (sección uno) que los profesores consideran que un atributo central de un profesor de ingeniería es diseñar y evaluar actividades de aprendizaje y la misma tiene una centralidad para alcanzar una docencia de calidad.

---

**Una docencia de calidad es aquella en la cual los profesores diseñan actividades y evalúan los aprendizajes de los estudiantes, cuentan con amplia experiencia y reconocimiento profesional y tienen capacidad para enseñar en el contexto real de la práctica profesional de la ingeniería.**

---

### Contar con profesores:



**Gráfica 18. Resultados reportados por los profesores sobre atributos para una docencia de calidad relacionados con ellos.**

Llama la atención la importancia que también fue dada al atributo “Contar con profesores con amplia experiencia y alto reconocimiento profesional, con capacidad para enseñar en el contexto real de la práctica profesional”, porque en esta categoría el 49,6 % de los profesores la consideró absolutamente indispensable. Siendo la ingeniería una profesión en la que la experiencia profesional tiene un alto peso, es apenas entendible esta percepción. Lo que resulta interesante es saber si los profesores de las facultades de ingeniería sí cumplen con este atributo.

En cuanto a los atributos que se consideró que contribuyen sustancialmente a una docencia de calidad, el de “Contar con profesores con título de doctorado en el

área de ingeniería” fue el que tuvo mayor valoración (56,2 %). Este dato tiene varias interpretaciones:

1. Los profesores consideran que tener un entrenamiento en investigación en ingeniería al más alto nivel puede asegurar en cierta medida una docencia de calidad. La cuestión es qué tanto un entrenamiento de tipo disciplinar pueda ser transferible a una actividad como la docencia. Lo que sí es cierto es que la mejora de los aprendizajes pasa por una investigación en la didáctica de la ingeniería, y como tal un profesor debe contar con el entrenamiento en investigación suficiente para realizar una que haga avanzar el conocimiento de la didáctica en ingeniería. La pregunta que surge al respecto es si un doctorado disciplinar en ingeniería es suficiente para la investigación en didáctica o definitivamente un profesor requiere cursar un doctorado orientado a la investigación en didáctica en ingeniería, como es el caso de los doctorados en enseñanza en esta disciplina, ausentes en Colombia.
2. Los profesores consideran que la investigación disciplinar es fundamental en una docencia de calidad y es apenas natural que para que ello sea posible deban contar con título de doctorado. Por esta razón, el 51,3 % de los profesores considera que el atributo “Contar con profesores que publican en revistas arbitradas de su especialidad en ingeniería” contribuye sustancialmente a una docencia de calidad. Esta interpretación puede ser relativa si se observa que la categoría que se consideró que contribuye en algo a la docencia fue la relacionada con las publicaciones en revistas asociadas a las especialidades en ingeniería (19 %).

La experiencia internacional muestra que los mecanismos de difusión de los resultados de investigaciones adelantadas en el aula son fundamentales para el desarrollo y fortalecimiento de la didáctica de las disciplinas. Podría decirse que los profesores se acercan a esta premisa considerablemente, porque las categorías “Contar con profesores que publican sus resultados en enseñanza de ingeniería, en artículos y libros de texto” y “Que participan en redes nacionales o internacionales para investigar e intercambiar experiencias sobre cómo mejorar los aprendizajes de los estudiantes” fueron dos atributos catalogados como que contribuyen sustancialmente a una docencia de calidad: el 51,6 % y 49,2 % respectivamente.

## Atributos para una docencia de calidad relacionados con los estudiantes

En la tabla 8 se muestran los atributos para una docencia de calidad relacionados con los profesores y estudiantes.

	Atributo
<b>Contar con estudiantes</b>	que obtienen buenos resultados en pruebas estandarizadas internas
	que repiten cursos con poca frecuencia
	que obtienen buenos resultados en pruebas estandarizadas externas (por ejemplo, Saber Pro)
	seleccionados con altos puntajes en las pruebas de admisión
	de posgrado, entrenados apropiadamente para ayudar a los estudiantes de pregrado en sus dificultades académicas por medio de sesiones de monitoría individuales o grupales

**Tabla 8. Atributos para una docencia de calidad relacionados con los estudiantes.**

En la gráfica 19 se encuentra que el atributo relacionado con los estudiantes que es absolutamente indispensable para una docencia de calidad es “Contar con estudiantes de posgrado entrenados apropiadamente para ayudar a los de pregrado en sus dificultades académicas por medio de sesiones de monitoría individuales o grupales” (19,6 %). Este fue el único atributo que no tenía relación directa con las capacidades académicas de los estudiantes (buenos puntajes de entrada y de salida, permanencia en los cursos), pero fue considerado básico para que los estudiantes superen sus dificultades académicas. En cambio la categoría “Contar con estudiantes que repiten cursos con poca frecuencia” solamente

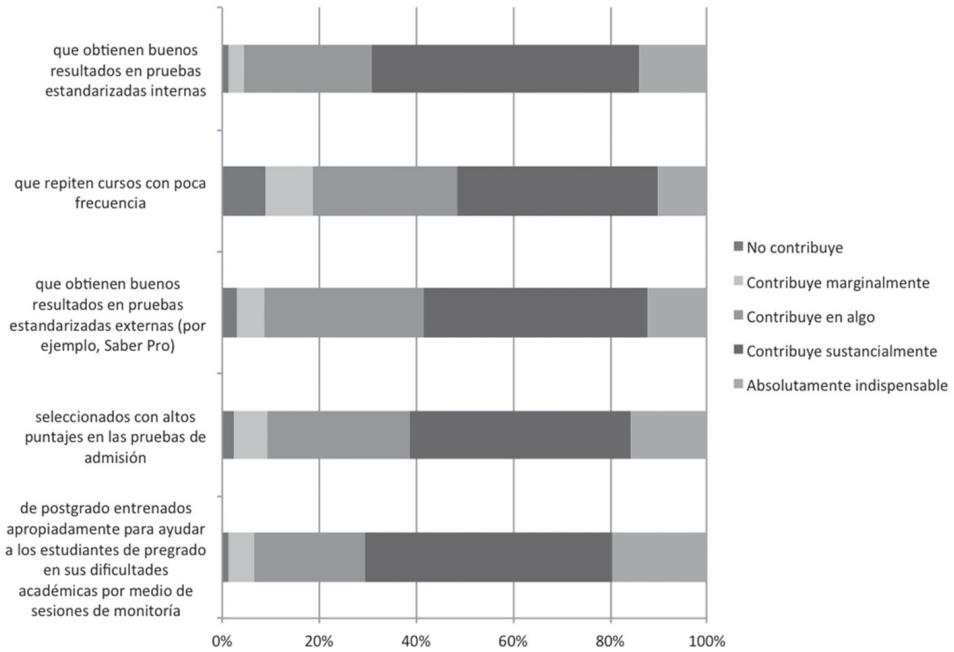
---

**Una docencia de calidad es aquella en la cual los estudiantes de posgrado cuentan con un entrenamiento apropiado para ayudar a los de pregrado en sus dificultades académicas por medio de sesiones de monitoría individuales o grupales.**

---

el 10 % de los profesores consideraron que es absolutamente indispensable, lo cual sirve para mostrar que la repitencia ya no es considerada como indicador de una docencia de calidad; podría más bien estar indicando problemas con la enseñanza impartida por los profesores.

**Contar con estudiantes:**



**Gráfica 19. Resultados reportados por los profesores sobre atributos para una docencia de calidad relacionados con los estudiantes.**

**Atributos para una docencia de calidad relacionados con la infraestructura**

En la tabla 9 se muestran los atributos para una docencia de calidad relacionados con la infraestructura.



Atributo	
<b>Contar con</b>	laboratorios actualizados tecnológicamente para realizar investigación en la disciplina
	laboratorios reales o virtuales para docencia que les permitan a los estudiantes verificar lo visto en la teoría
	laboratorios reales o virtuales para docencia en los que los estudiantes puedan diseñar y desarrollar experimentos para responder a preguntas de investigación de diferente tipo
	una biblioteca con buen número de textos actualizados y acceso a bases de datos

**Tabla 9. Atributos para una docencia de calidad relacionados con la infraestructura.**

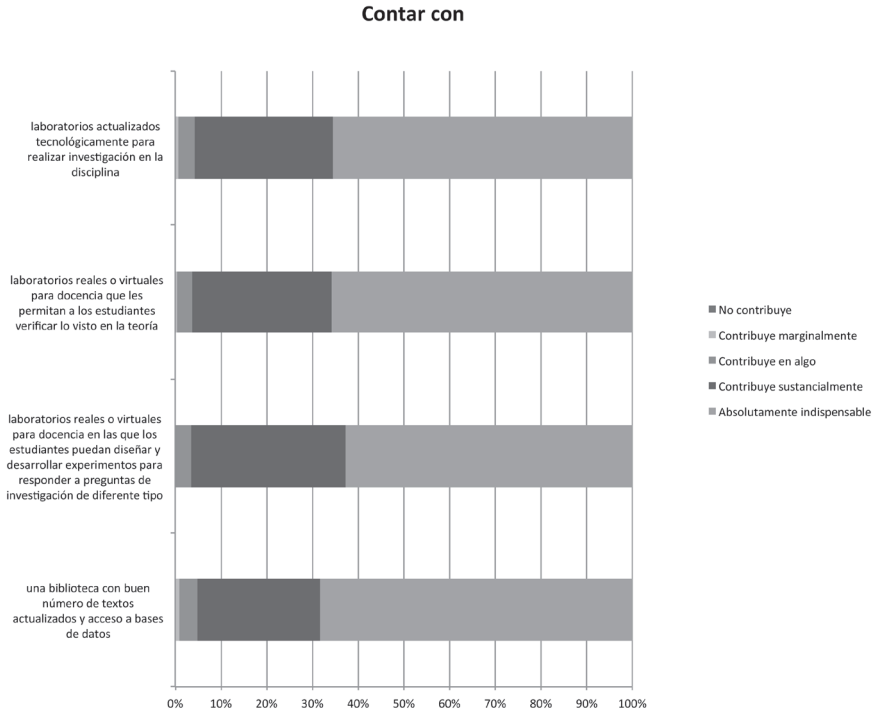
A diferencia de los dos atributos anteriores (profesores y estudiantes), los profesores perciben en más de un 60 % que cada uno de los atributos relacionados con la infraestructura (laboratorios y biblioteca) juegan un papel absolutamente indispensable en la calidad de la docencia en ingeniería (gráfica 20). Si se comparan estos porcentajes con los más altos otorgados a profesores (diseño de actividades y evaluación de aprendizajes) y estudiantes (estudiantes de posgrado), ninguno de estos atributos recibió una valoración tan alta, por una parte, y por otra, tampoco se registró un consenso como con los atributos asociados a la infraestructura. Lo anterior lleva a pensar que para los profesores es más importante la infraestructura que la capacidad que tengan ellos mismos para promover el aprendizaje y el papel que juegan los estudiantes de posgrado en la formación de los de pregrado.

---

**Una docencia de calidad es aquella en la cual existe una infraestructura de laboratorios y bibliotecas adecuados para realizar investigación en la disciplina y los estudiantes puedan experimentar lo aprendido en el aula.**

---

Por otra parte, el atributo “Contar con una biblioteca con buen número de texto actualizados y acceso a bases de datos” fue el atributo en el cual el 68,3 % de los profesores consideraron absolutamente indispensable en contraste con los laboratorios. Aunque la diferencia no fue sustancial, menos de tres puntos porcentuales, se esperaría de partida que los laboratorios hubiesen recibido una valoración mucho mayor, porque la práctica y experimentación son elementos característicos de una profesión como la ingeniería. También se puede interpretar que la biblioteca es tan importante como los laboratorios a la hora de analizar aquellos aspectos que influyen en una docencia de calidad.



**Gráfica 20. Resultados reportados por los profesores sobre atributos para una docencia de calidad relacionados con la infraestructura.**

### Atributos para una docencia de calidad relacionados con la evaluación e indicadores

En la tabla 10 se muestran los atributos para una docencia de calidad relacionados con la evaluación y los indicadores.

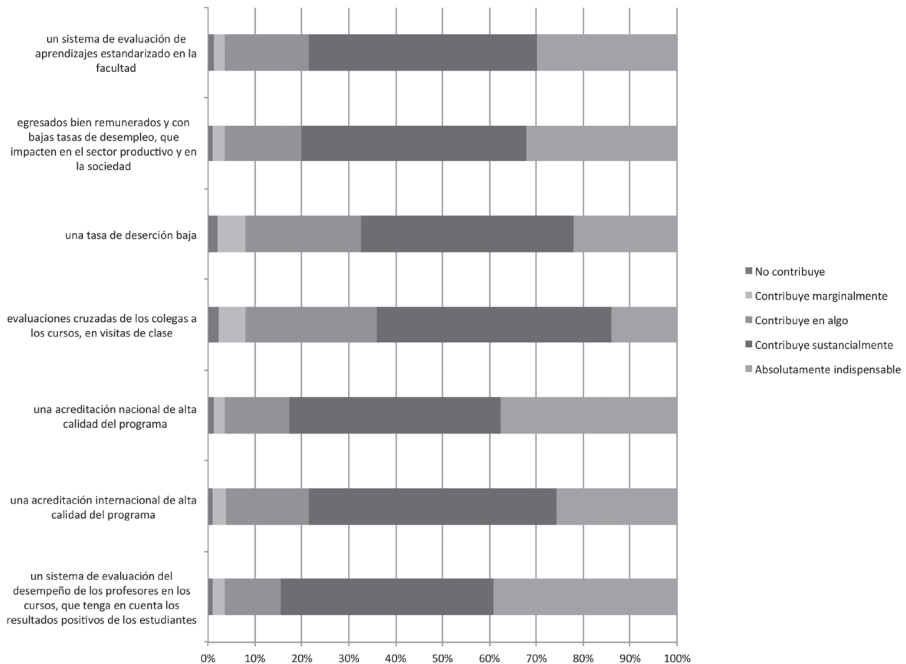
Atributo	
<b>En relación con la evaluación y los indicadores, contar con</b>	un sistema de evaluación de aprendizajes estandarizado en la facultad egresados que son bien remunerados y con bajas tasas de desempleo, que impacten en el sector productivo y en la sociedad
	una tasa de deserción baja
	evaluaciones cruzadas de los colegas a los cursos, en visitas de clases
	una acreditación nacional de alta calidad del programa
	una acreditación internacional de alta calidad del programa
	un sistema de evaluación del desempeño de los profesores en los cursos, que tenga en cuenta los resultados positivos de los estudiantes

**Tabla 10. Atributos para una docencia de calidad relacionados con la evaluación e indicadores.**

En cuanto a los atributos relacionados con la evaluación y los indicadores, el atributo “Contar con un sistema de evaluación del desempeño de los profesores en los cursos, que tenga en cuenta los resultados positivos de los estudiantes” fue valorado por el 39,1 % de los profesores como absolutamente indispensable para una docencia de calidad (gráfica 21) mientras que “Contar con evaluaciones cruzadas de los colegas a los cursos, en visitas de clases” fue considerado tan sólo por el 14 % como absolutamente indispensable. Si se tiene en cuenta que para este último atributo, el 28 % lo valoró como que contribuye en algo a la docencia de la calidad, es factible afirmar que la docencia sigue siendo un aspecto individual y que no depende del trabajo que se adelante con los colegas. Esta visión puede explicarse si se tiene en cuenta que algunos no consideran la docencia como una profesión que se regula por buenas prácticas y que como tal debe ser observada por los demás.

**Una docencia de calidad es aquella en la cual se cuenta con un sistema de evaluación del desempeño de los profesores en los cursos y como parte del sistema se contemplan los resultados positivos de los estudiantes.**

**En relación con la evaluación y los indicadores, contar con:**



**Gráfica 21. Resultados reportados por los profesores sobre atributos relacionados con la evaluación e indicadores.**

Es interesante observar que los profesores otorgaron mayor importancia a la acreditación tanto nacional como internacional que a contar con una tasa de deserción baja a la hora de identificar aquellos atributos absolutamente indispensables para una docencia de calidad. Aunque la acreditación y la deserción son indicadores indirectos para valorar los aprendizajes de los estudiantes (Shavelson, 2010), la acreditación nacional, vista como un reconocimiento que hace la sociedad a la calidad de los programas, ha venido imponiéndose como un aspecto de una docencia de calidad. Al respecto, algunos estudios han señalado que la acreditación en Colombia no está enfocada en el aprendizaje como tal sino que da más preponderancia a la investigación medida en número de artículos; la mayoría de las veces la docencia pasa inadvertida en la acreditación (Celis, 2011).

Previamente se mencionó que contar con profesores que diseñan actividades y evalúan el aprendizaje es el atributo que caracteriza un profesor a la hora de hablar de una docencia de calidad (Atributos para una docencia de calidad relacionados con los profesores, página 73). Sin embargo, solamente el 29,8 % de los profesores consideró que “Contar con un sistema de evaluación de aprendizajes estandarizado en la facultad” es absolutamente indispensable para una docencia de calidad (gráfica 21). Algunos podrían argumentar que, si bien los profesores deben tener capacidad para diseñar actividades y evaluar aprendizajes, no es condición contar con un sistema de evaluación de aprendizajes estandarizados, reforzando así la idea de que la docencia y la capacidad de enseñar de los profesores es una cuestión de cada profesor.

## Acciones para profesionalizar la enseñanza en ingeniería

En cuanto a las acciones para profesionalizar la enseñanza de ingeniería, se definieron las siguientes:

1. Talleres, seminarios y congresos sobre pedagogía en general.
2. Talleres, seminarios y congresos sobre didácticas y metodologías para enseñar ingeniería.
3. Acompañamiento/tutoría por parte de un experto en educación.
4. Acompañamiento/tutoría por parte de un experto en enseñanza en ingeniería.
5. Consulta de libros/artículos relacionados con temas generales de pedagogía.
6. Consulta de libros/artículos relacionados con la enseñanza de la ingeniería.
7. Investigación sobre su actividad de enseñanza en ingeniería.
8. Existencia de espacios para compartir con colegas metodologías de enseñanza en ingeniería y resultados obtenidos.

9. El sistema de evaluación de desempeño y la promoción de categorías dentro de la carrera profesoral contempla de forma clara y central la enseñanza de calidad, para lo cual existen mecanismos para evaluar y reconocer una docencia de calidad.

Para conocer si estas actividades se estaban llevando a cabo y habían sido útiles para los profesores, se elaboró una escala con cuatro posibilidades, a saber:

1. Existen, los he utilizado y me han servido.
2. Existen, los he utilizado pero ayudan poco.
3. Existen pero no los he utilizado.
4. No existen.

Según la gráfica 22 se muestra que los talleres, seminarios y congresos sobre pedagogía en general son las actividades que el 61,2 % de los profesores consideran que les ha servido para profesionalizar la enseñanza en ingeniería, mucho más que los talleres, seminarios y congresos dedicados a las didácticas y metodologías para enseñar ingeniería, en los que solamente un 48,9 % manifestó que ha sido útil en la profesionalización en la enseñanza en ingeniería. Estos datos están en contravía de los hallazgos reportados en la revisión de literatura, en la que se encontró que los cursos genéricos en educación casi no aportan a la profesionalización en la enseñanza de las disciplinas (sección dos). Esta percepción puede deberse, entre otras

---

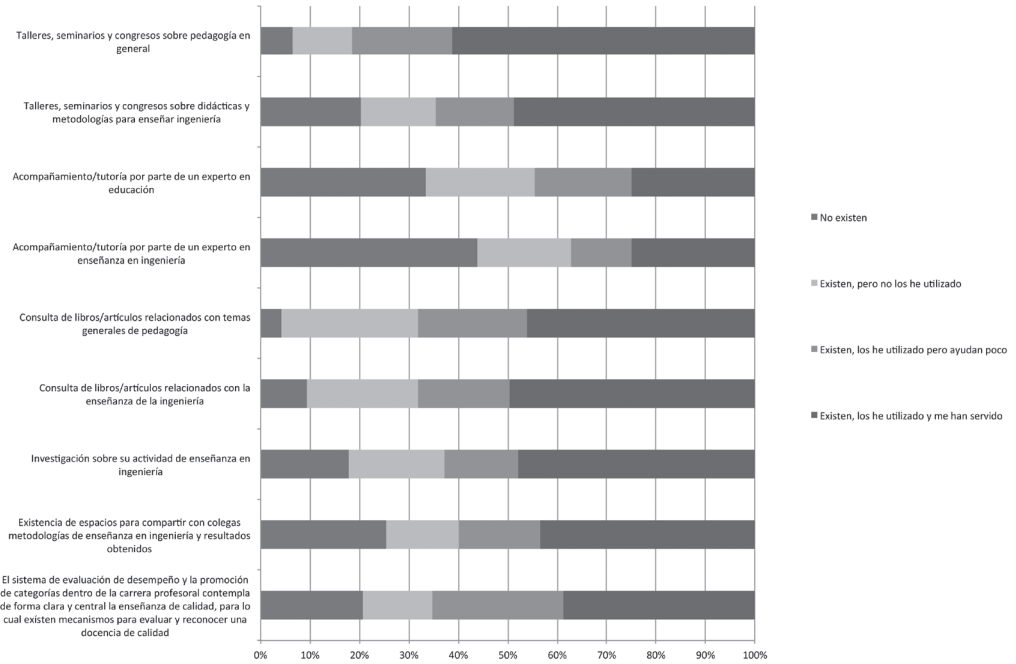
**Las principales actividades llevadas a cabo para profesionalizar la enseñanza en ingeniería, que un porcentaje importante de profesores ha utilizado y considera útiles, son los talleres, seminarios y congresos sobre pedagogía en general.**

---

cosas, a que aún no se reconoce la didáctica de la ingeniería como un campo de investigación que aporta a la profesionalización de los profesores, y esta ausencia de reconocimiento está siendo cooptada por los cursos genéricos en educación. Sin embargo, en un estudio sobre la profesionalización en algunas facultades de ingeniería en Colombia, mostró que la tendencia es abandonar los cursos genéricos en educación y más bien trabajar en la profesionalización desde el marco que impone la enseñanza en la ingeniería (Duque, Celis, & Celis, 2011).

Más adelante se mostrará que la mayoría de actividades que realizan los profesores asociadas a la preparación de las asignaturas no son resultado de las dirigidas a profesionalizar en la enseñanza sino de la tradición o del trabajo del profesor (Frecuencia de algunas actividades asociadas a la preparación de las asignaturas).

**Actividades para la profesionalización de los profesores**



**Gráfica 22. Resultados reportados por los profesores sobre las actividades para profesionalizar la enseñanza en ingeniería.**

Un dato que llama la atención es que si bien un 38,8 % de los profesores manifestó que existe un “sistema de evaluación de desempeño y la promoción de categorías dentro de la carrera profesional contempla de forma clara y central la enseñanza de calidad, para lo cual existen mecanismos para evaluar y reconocer una docencia de calidad”, un 20,7 % afirmó que dicho sistema no existe.

## Quantificación del tiempo de las actividades de enseñanza y apoyo a los estudiantes

Como parte de la caracterización de la práctica de aula, se consideró básico conocer el tiempo que dedican los profesores a ciertas actividades asociadas a la preparación de las asignaturas, así como a la realización de actividades durante la clase y a aquellas que se realizan posterior a éstas.

## Frecuencia de algunas actividades asociadas a la preparación de las asignaturas y su relación con las capacitaciones

Se contemplaron las siguientes actividades asociadas a la preparación de las asignaturas por parte de los profesores:

1. Definir objetivos educacionales como competencias, metas de comprensión, de aprendizaje o de desempeño.
2. Realizar actividades de enseñanza basadas en experimentos, problemas o proyectos para trabajar en grupos.
3. Identificar dificultades de los estudiantes sobre temáticas particulares y diseñar estrategias para ayudarles.
4. Hacer evaluaciones frecuentes que no tienen impacto en la calificación para apoyar a los estudiantes en su aprendizaje.
5. Utilizar criterios públicos para evaluación por medio de matrices de criterios (rúbricas).
6. Utilizar medios virtuales para interactuar con los estudiantes.

---

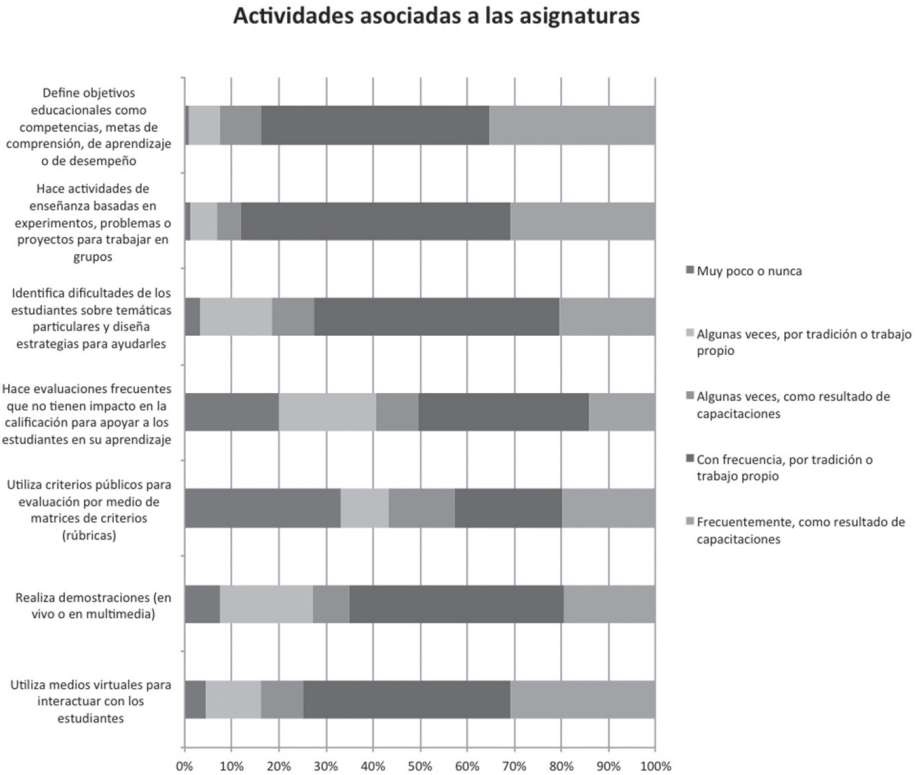
**Las actividades que realizan frecuentemente los profesores para preparar las asignaturas son aquellas relacionadas con la definición de objetivos educacionales, de enseñanza basada en la experimentación y de estrategias para ayudar a los estudiantes con temas en los cuales han presentado dificultades. Sin embargo, la experiencia para el desarrollo de estas actividades ha sido resultado de la tradición o el trabajo propio del profesor.**

---

Con el interés de conocer qué tan frecuentemente los profesores realizaban las actividades y si las mismas eran adelantadas como parte de la profesionalización de la enseñanza en ingeniería, se establecieron cinco opciones:

1. Frecuentemente, como resultado de capacitaciones.
2. Con frecuencia, por tradición o trabajo propio.
3. Algunas veces, como resultado de capacitaciones.
4. Algunas veces, por tradición o trabajo propio.
5. Muy pocas veces o nunca.

La actividad que más se realiza frecuentemente como resultado de las capacitaciones es “Definir objetivos educacionales como competencias, metas de comprensión, de aprendizaje o de desempeño” (35,3 %) en contraste con hacer evaluaciones frecuentes que no tienen impacto en la calificación para apoyar a los estudiantes en su aprendizaje (14,1 %) (gráfica 23).



**Gráfica 23. Frecuencia de actividades asociadas a la preparación de las asignaturas.**

Es interesante observar que los profesores realizan con mayor frecuencia actividades que son resultado de la tradición o del propio de trabajo y no de las capacitaciones. Esta percepción cuestiona aquella expresada previamente por los profesores según la cual los talleres, seminarios y congresos sobre pedagogía general han sido útiles para profesionalizar la enseñanza, porque la tradición y la propia experiencia tienen más peso a la hora de realizar una actividad relacionada con la preparación de la asignatura.

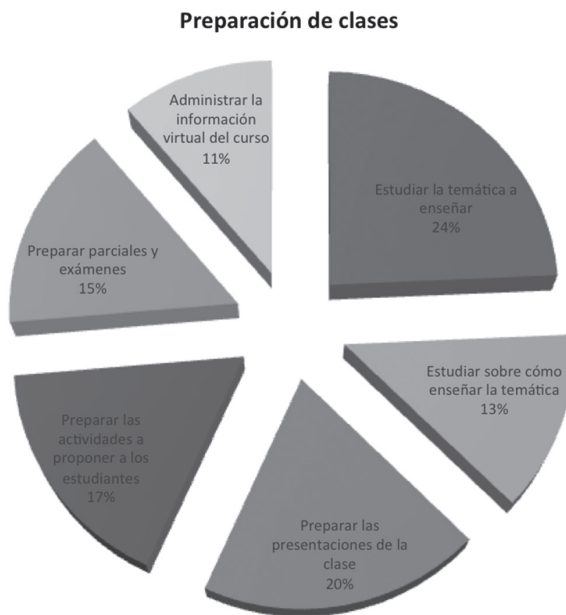


### Porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades asociadas a la preparación de clases

Se les preguntó a los profesores sobre el porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades asociadas a la preparación de clases. En ningún caso el porcentaje de respuesta debía ser superior al 100 %. Las actividades fueron:

1. Administrar la información virtual del curso
2. Estudiar sobre cómo enseñar el tema
3. Preparar parciales y exámenes
4. Preparar las actividades para proponérselas a los estudiantes
5. Preparar las presentaciones de la clase
6. Estudiar el tema por enseñar

Como se puede observar en la gráfica 24, casi la cuarta parte del tiempo está dedicado a estudiar la temática por enseñar, mientras que el 11,17 % del tiempo se destina a administrar la información virtual del curso.



**Gráfica 24. Porcentaje de tiempo dedicado a las actividades asociadas a la preparación de clases.**

Los profesores tan sólo dedican un 13,1 % del tiempo a estudiar sobre cómo enseñar la temática, lo cual supone que este aspecto no es tan relevante o puede

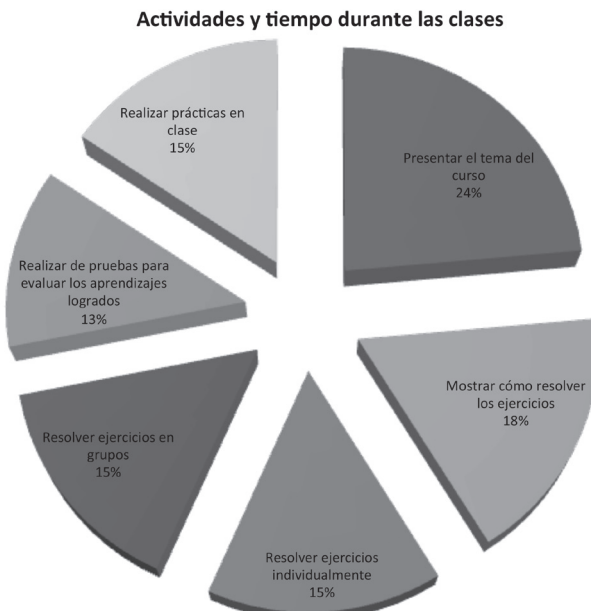
existir falta de interés o conocimiento sobre los desarrollos alcanzados en la didáctica de la ingeniería.

### Porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades durante la clase

Se les preguntó a los profesores sobre el porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades durante la clase, excluyendo aquellas que se realizan en los laboratorios o monitorías. En ningún caso el porcentaje de respuesta debía ser superior al 100 %. Las actividades fueron:

1. Realizar pruebas para evaluar los aprendizajes logrados
2. Resolver ejercicios en grupos
3. Resolver ejercicios individualmente
4. Realizar prácticas de clase
5. Mostrar cómo resolver los ejercicios
6. Presentar el tema del curso

El 23,73 % del tiempo total de la clase está dedicado a la presentación del tema del curso mientras que el 12,64 % está orientado a la realización de pruebas para evaluar los aprendizajes logrados.



**Gráfica 25. Porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades durante la clase.**

Estos resultados contrastan con el atributo “Capacidad de diseñar actividades y evaluar los aprendizajes de los estudiantes” (gráfica 18), porque efectivamente el tiempo que dedican los profesores a la evaluación de los aprendizajes durante la clase es bastante reducido. Sin embargo, este aspecto de la evaluación tiende ser un asunto que se aborda en las actividades que realiza un profesor después de la clase, como se mostrará posteriormente.

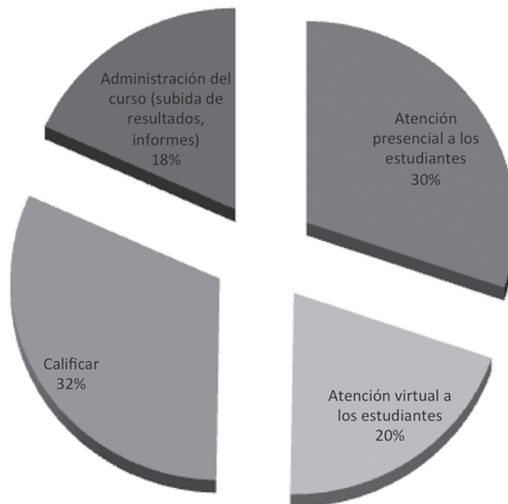
### Porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades después de la clase

Se les preguntó a los profesores sobre el porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades después de la clase. En ningún caso el porcentaje de respuesta debía ser superior al 100 %. Las actividades fueron:

1. Administración del curso (publicación de resultados, informes)
2. Atención virtual a los estudiantes
3. Atención presencial a los estudiantes
4. Calificación

De acuerdo con la gráfica 26, el 31,59 % del tiempo dedicado por los profesores después de la clase es para calificar mientras que el 18,29 % es para administración del curso (publicación de resultados, informes). Sin embargo, al observar la atención a estudiantes, sea virtual o presencial, representa casi el 51 % del tiempo del profesor.

**Actividades después de clase**



**Gráfica 26. Porcentaje de tiempo dedicado a ciertas actividades después de la clase.**

## Las prácticas de aula según los estudiantes

En este apartado se describen las percepciones que tienen los estudiantes sobre las prácticas de aula a partir de los resultados obtenidos en la encuesta a estudiantes.

El apartado está organizado según los temas que fueron abordados en la encuesta a profesores (figura 5).

En la mayoría de preguntas se adoptó una escala para conocer la frecuencia con que se presentaban ciertas características o estrategias asociadas a las prácticas de aula que se evidenciaban tanto en las clases magistrales como en los laboratorios. Los estudiantes tenían cinco opciones para seleccionar y así dar cuenta de la frecuencia:

1. Muy frecuentemente (80 % a 100 %).
2. Frecuentemente (60 % a 80 %).
3. La mitad (40 % a 60 %).
4. Algunas veces (20 % a 40 %).
5. Rara vez o nunca (0 a 20 %).

### Algunas características de las clases magistrales

Se les preguntó a los estudiantes sobre los tipos de clases magistrales con miras a caracterizarlas. Se construyeron cinco tipos, a saber:

1. La clase está sustentada en la presentación de los temas por parte del profesor seguido de alguna demostración de solución y luego de ejercicios realizados por los estudiantes individualmente, en clase o como tarea.
2. La clase está sustentada en la presentación de los temas por parte del profesor, seguida de alguna demostración de solución y luego de ejercicios realizados por los estudiantes en grupo, en clase o como tarea.

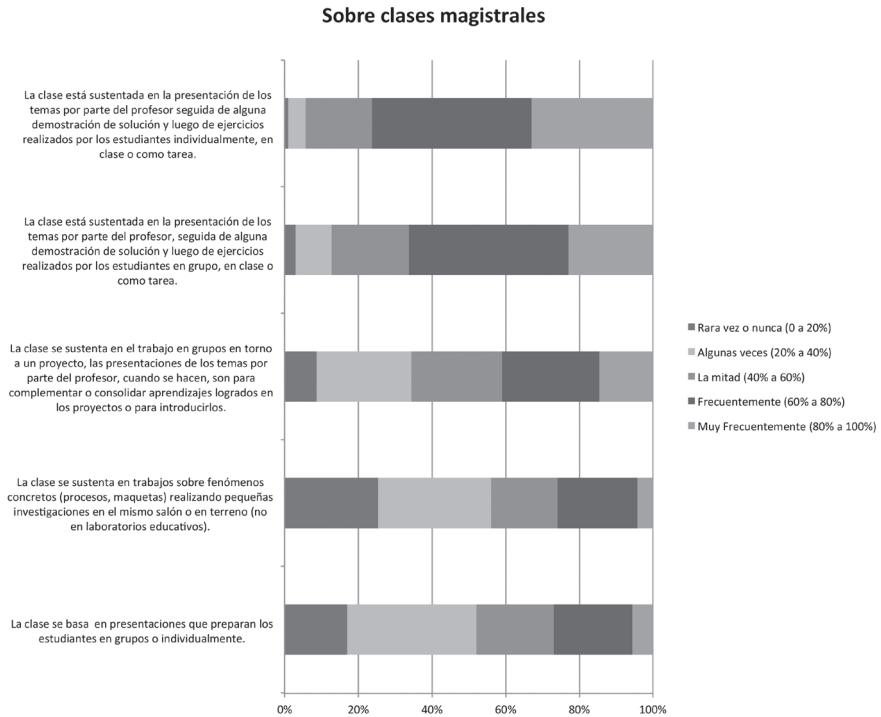
---

En una clase magistral típica en ingeniería, por lo general se hace una presentación de los temas por parte del profesor seguido de alguna demostración de solución y luego de ejercicios realizados por los estudiantes individualmente, en clase o como tarea. Por el contrario, es poco frecuente que contemplen el trabajo sobre fenómenos concretos y en grupo.

---

3. La clase se sustenta en el trabajo en grupos en torno a un proyecto. Las presentaciones de los temas por parte del profesor, cuando se realizan, son para complementar o consolidar aprendizajes logrados en los proyectos o introducir los proyectos.
4. La clase se sustenta en trabajos sobre fenómenos concretos (procesos, maquetas) realizando pequeñas investigaciones en el mismo salón o en terreno (no en laboratorios educativos).
5. La clase se basa en presentaciones que preparan los estudiantes en grupos o individualmente.

El tipo de clase que parece ser característico de una clase magistral en ingeniería es aquel en el cual un profesor hace una presentación de los temas seguida de alguna demostración de solución y luego de ejercicios realizados por los estudiantes individualmente, en clase o como tarea. Este tipo de clase fue considerada por el 32,8 % de los estudiantes como la característica que muy frecuentemente se presenta en una clase magistral mientras que las que contemplan el trabajo sobre fenómenos concretos y en grupo tan sólo fueron mencionadas 4 % y 5,6 % respectivamente, por los estudiantes como muy frecuentemente (gráfica 27).



**Gráfica 27. Frecuencia de algunas actividades de las clases magistrales.**

Al observar la frecuencia relacionada correspondiente a rara vez o nunca, se encuentra que una clase magistral sustentada en trabajo sobre fenómenos concretos y en grupo fueron mencionadas por el 25,3 % y el 17,2 % de los estudiantes. Estos datos permiten entender por qué tan pocos estudiantes mencionaron que este tipo de trabajos aparecen muy frecuentemente en las clases magistrales. Sin embargo, al indagar por el tipo de actividades que se realizan en una clase magistral el trabajo en grupo parece ser el más frecuente, como se mostrará a continuación.

## Frecuencia de algunas actividades en las clases magistrales

Con miras a indagar a sobre el tipo de actividades que se llevan a cabo en una clase magistral, se presentaron ocho, a saber:

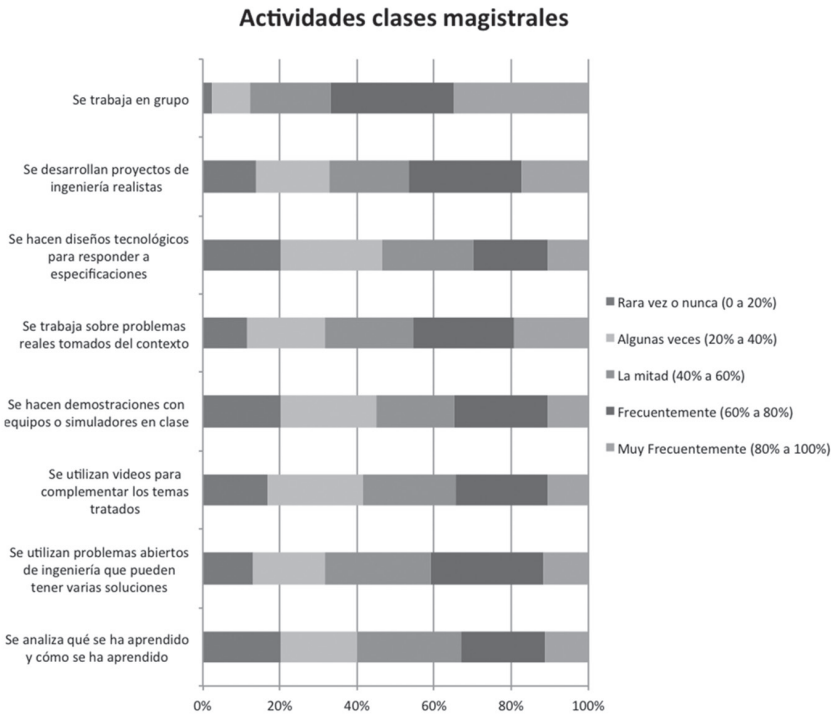
1. Se trabaja en grupo
2. Se desarrollan proyectos de ingeniería realistas
3. Se hacen diseños tecnológicos para responder a especificaciones
4. Se trabaja sobre problemas reales tomados del contexto
5. Se hacen demostraciones con equipos o simuladores en clase
6. Se utilizan videos para complementar los temas tratados
7. Se utilizan problemas abiertos de ingeniería que pueden tener varias soluciones
8. Se analiza qué se ha aprendido y cómo

De acuerdo con la gráfica 28, se encuentra que el 34,8 % de los estudiantes reportó que trabajar en grupo es la actividad que se realiza muy frecuentemente en una clase magistral mientras que hacer demostraciones con equipos o simuladores en clase y diseños tecnológicos para responder a especificaciones son las que menos porcentaje reportan en la opción “muy frecuentemente”: 10,6 % para cada una de estas actividades.

---

**La actividad que más se realiza en una clase magistral es el trabajo en grupo mientras que hacer demostraciones con equipos o simuladores y diseños tecnológicos para responder a especificaciones son las que menos se llevan a cabo.**

---



**Gráfica 28. Frecuencia de algunas actividades de las clases magistrales.**

Hacer demostraciones con equipos o simuladores en clase, realizar diseños tecnológicos para responder a especificaciones y analizar qué y cómo se ha aprendido son las actividades que la mayoría de estudiantes consideraron que se realizan rara vez o nunca en una clase magistral: 20 % para cada una de ellas.

## Frecuencia de algunas actividades en los laboratorios

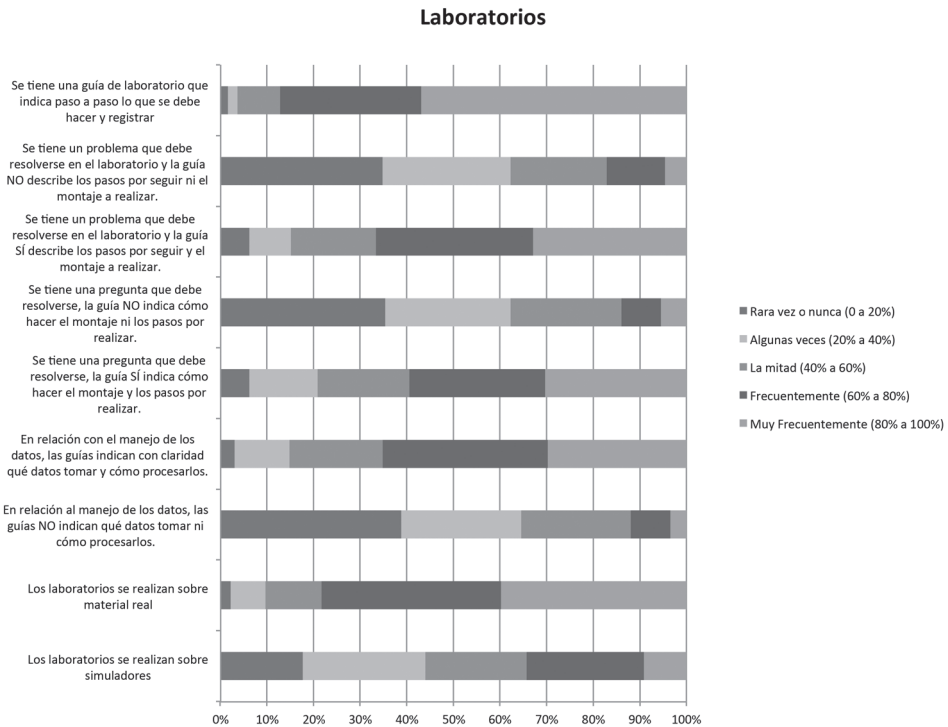
Con miras a indagar a sobre el tipo de actividades que se llevan a cabo en los laboratorios, se presentaron nueve, a saber:

1. Se tiene una guía de laboratorio que indica paso a paso lo que se debe hacer y registrar
2. Se tiene un problema que debe resolverse en el laboratorio y la guía NO describe los pasos por seguir ni el montaje por realizar
3. Se tiene un problema que debe resolverse en el laboratorio y la guía SÍ describe los pasos por seguir y el montaje por realizar
4. Se tiene una pregunta que debe resolverse, la guía NO indica cómo hacerlo ni los pasos por realizar

5. Se tiene una pregunta que debe resolverse, la guía SÍ indica cómo hacer el montaje y los pasos por realizar
6. En relación con el manejo de los datos, las guías indican con claridad cuáles tomar y cómo procesarlos
7. En relación con el manejo de los datos, las guías NO indican cuáles tomar ni cómo procesarlos
8. Los laboratorios se realizan sobre material real
9. Los laboratorios se realizan sobre simuladores

La actividad que más se realiza en un laboratorio es utilizar una guía de laboratorio que indica paso a paso lo que se debe hacer y registrar mientras que la que menos se lleva a cabo es aquella en la cuales las guías NO indican qué datos tomar ni cómo procesarlos.

En un laboratorio la actividad que muy frecuentemente adelantan los estudiante es aquella en la cual se utiliza una guía de laboratorio que indica paso a paso lo que se debe hacer y registrar (57,1 %) según lo reportado en la gráfica 29.



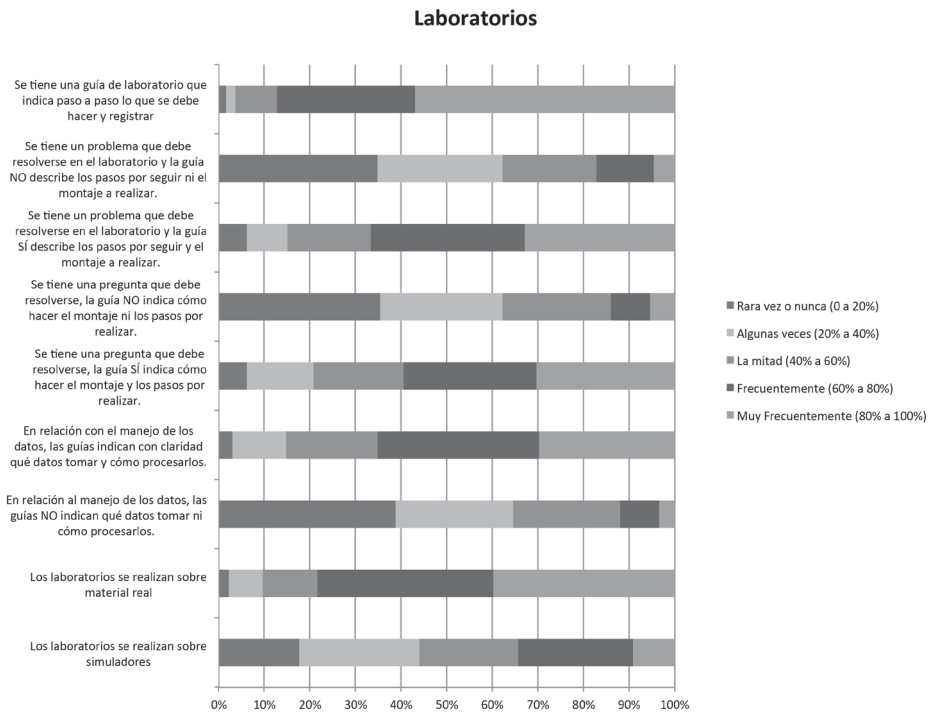
**Gráfica 29. Frecuencia de algunas actividades de los laboratorios.**



Las actividades que menos se realizan en un laboratorio son aquellas en las cuales: 1) se tiene un problema que debe resolverse en el laboratorio y la guía Sí describe los pasos por seguir y el montaje por realizar; 2) se tiene una pregunta que debe resolverse, la guía Sí indica cómo hacer el montaje y los pasos por realizar, y 3) en relación con el manejo de los datos, las guías NO indican qué datos tomar ni cómo procesarlos.

### Frecuencia de algunos tipos de evaluación asociados a las clases

La siguiente gráfica evidencia en la práctica una aproximación bastante tradicional a la evaluación, porque en la mayoría de los casos ésta es sumativa (cuenta para la nota) y desde el comienzo se conocen en detalle las reglas de juego. En contraste, otros tipos de evaluación más cercanos a una evaluación formativa se emplean mucho menos. Es importante tener en cuenta que una evaluación de tipo formativo potencia los aprendizajes.



**Gráfica 30. Frecuencia de algunos tipos de evaluación asociados a las clases.**

## Porcentaje de tiempo dedicado a la realización de ciertas actividades durante la clase

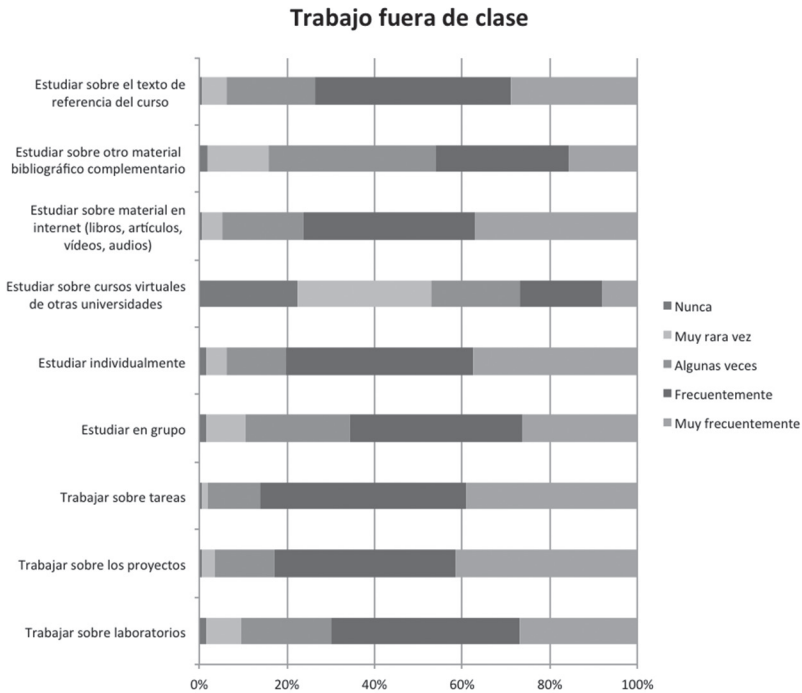
Se indagó sobre el porcentaje del tiempo que dedican los estudiantes a ciertas actividades durante las clases y se encontró que la mayor parte está dedicada a escuchar las presentaciones magistrales por parte del profesor (56,3 %) (gráfica 31).



**Gráfica 31. Porcentaje de tiempo dedicado a la realización de ciertas actividades durante la clase.**

## Tiempo destinado a ciertas actividades después de la clase

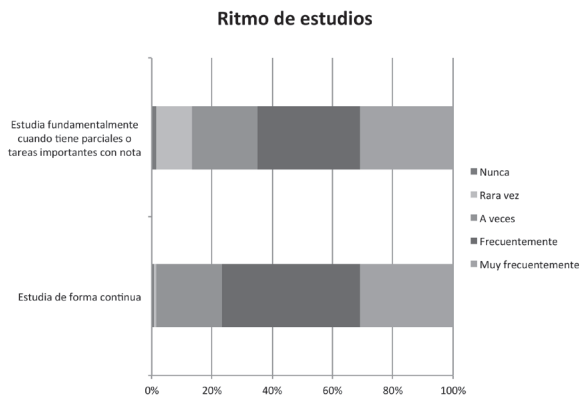
La actividad que muy frecuentemente realizan los estudiantes fuera de la clase es trabajar sobre proyectos (41,6 %) y sobre tareas (39,1 %) (gráfica 32) lo cual supone que los estudiantes dedican gran parte de su tiempo a trabajar en compromisos derivados de las clases.



**Gráfica 32. Frecuencia de tiempo destinado a ciertas actividades después de la clase.**

## Frecuencia sobre el ritmo de aprendizaje de los estudiantes

Con respecto al ritmo, de trabajo se encuentra una respuesta contradictoria: mientras el 76,7% indica que estudia de forma continua entre muy frecuentemente y frecuentemente, ante la pregunta opuesta se encuentra que el 65% estudia fundamentalmente para los parciales o tareas importantes. En cualquier caso, es importante el número de estudiantes que sólo estudia para parciales y tareas importantes.



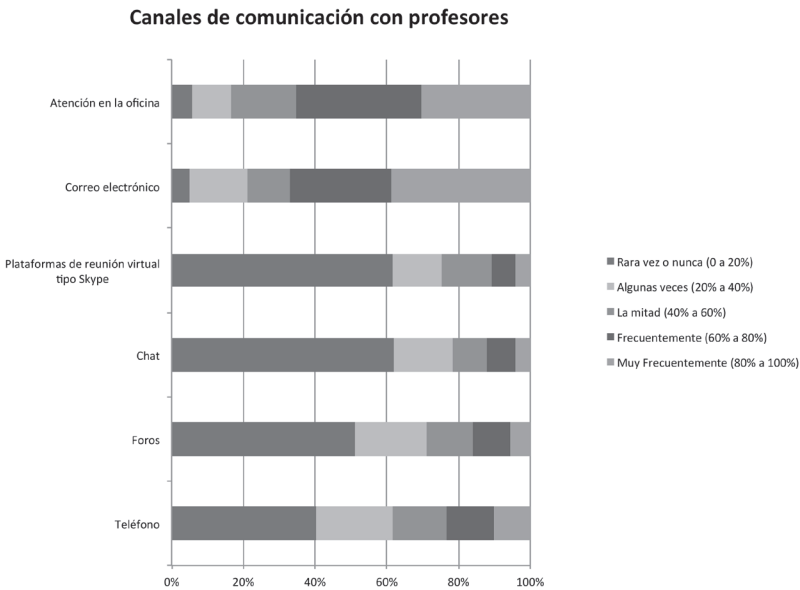
**Gráfica 33. Frecuencia sobre el ritmo de aprendizaje de los estudiantes.**

## Mecanismos utilizados por los estudiantes para interactuar con los profesores

Se indagó sobre los mecanismos de los estudiantes para interactuar con los profesores y la frecuencia con que hacían uso de ellos. Los mecanismos por los cuales se indagaron fueron:

1. Atención en la oficina
2. Por medio del correo electrónico
3. Por medio de plataformas de reunión virtual tipo Skype
4. Por chat
5. Por foros
6. Por teléfono

De acuerdo con la gráfica 34, el mecanismo que más frecuentemente utilizan los estudiantes para comunicarse con los profesores es el correo electrónico (38,9 %) mientras que solamente el 4 % reportó usar el chat.



**Gráfica 34. Mecanismos utilizados por los estudiantes para interactuar con los profesores.**

Es interesante notar que los dos mecanismos más utilizados para comunicarse con los profesores son la atención en la oficina y el correo electrónico, lo cual coincide con lo manifestado por los profesores en cuanto a que la mayor parte del tiempo

que dedican fuera de la clase es a la atención de los estudiantes (Tiempo dedicado a ciertas actividades después de la clase).

## Similitudes y diferencias entre profesores y estudiantes

1. Los profesores y los estudiantes coinciden en que gran parte del tiempo de la clase está dedicado a la presentación que hace el profesor de los temas. Podría decirse que una clase en ingeniería es tradicional por cuanto los profesores hacen una exposición y los estudiantes están dedicados a escuchar.
2. Aunque los profesores consideran que una docencia de calidad debe acercar a los estudiantes a aprender sobre el contexto en el cual acontece la profesión, los estudiantes señalan que las clases rara vez están sustentadas en fenómenos concretos. Es probable, aunque no se hizo una indagación al respecto, que el perfil del profesor de ingeniería sea de corte académico y la experiencia en el campo profesional de la ingeniería esté más bien ausente en la mayoría de ellos.
3. La mayoría del tiempo que dedican los profesores después de clase es atender a los estudiantes y esta actividad también es reconocida por éstos. Podría pensarse que, si bien los profesores no dedican dentro de las actividades que acontecen dentro de las clases a evaluar o hacer seguimiento a los aprendizajes de los estudiantes, el tiempo que destinan después a la clase es aquel en el cual se examinan los aprendizajes.
4. Los profesores reconocieron que los laboratorios son un aspecto central a la hora de hablar de una docencia de calidad; fue el único atributo en el cual se registró un alto consenso con respecto a otros. Pero los laboratorios son utilizados la mayoría de la veces para que los estudiantes sigan una guía mediante la cual desarrollan unas actividades y las registran. Los laboratorios no son para resolver problemas y mucho menos podrían ser de interés para los estudiantes.
5. Si bien los profesores mencionan que un atributo de la docencia de la calidad es que los profesores diseñen actividades y se realicen evaluaciones sobre el aprendizaje de los estudiantes, éstas, según los estudiantes, apuntan a la obtención de una nota final. No hay evaluaciones formativas ni tampoco autoevaluación por parte de los estudiantes. Es probable que los profesores tengan interés en la evaluación, pero su preparación y los recursos institucionales no les permitan llevar a cabo un tipo de evaluación en la cual realmente se examine el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

## SECCIÓN CUATRO

---

# Las prácticas de aula y los procesos de reforma en ingeniería

“Como nuestra educación nos ha enseñado a separar, a parcelar, a aislar y no a conectar los conocimientos, el conjunto de éstos constituye un rompecabezas ininteligible”. Edgar Morin

## Introducción a partir de cuatro máximas conocidas

*“ No vemos las cosas como son, las vemos como somos”. Anais Nan*

*“Los hombres inteligentes quieren aprender; los demás enseñar”. Anton Chejov.*

*“Aquel que puede, hace. Aquel que no puede, enseña”. George Bernard*

*“ Cuando enseñes, enseña a dudar de lo que enseñas”. Ortega y Gasset*

Estas frases fácilmente se pueden interpretar de forma negativa. La primera podría estar insinuando que somos ciegos funcionales, la segunda que los profesores pertenecemos a la parte no inteligente de la sociedad y la tercera que lo que se enseña está errado.

Sin embargo, pueden tener una interpretación más apropiada si se examinan desde los resultados de investigación sobre cómo los seres humanos aprendemos, desde el rol de un profesor y desde lo que es el conocimiento.

Es posible una mejor interpretación sustentada en estudios:

1. La primera frase puede interpretarse desde la evidencia científica que indica que todo aprendizaje se encuentra intermediado por nuestras creencias (Pajares, 1992). Esto es, no podemos ver las cosas desde un punto de vista

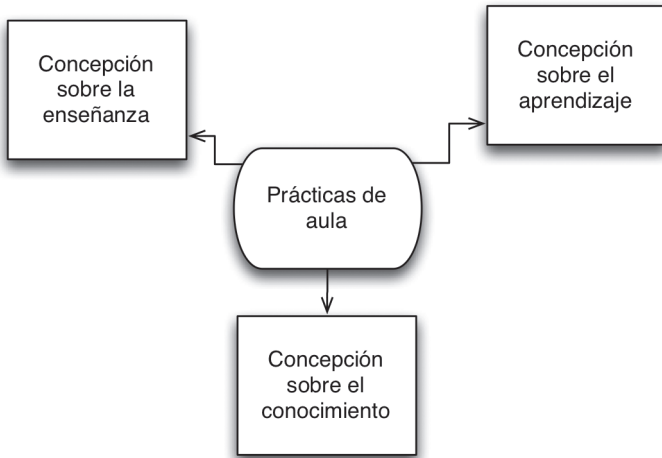
diferente a aquel que nos permiten nuestras creencias, nuestros conocimientos y nuestras habilidades. Este hecho tiene consecuencias cruciales en el proceso de enseñanza-aprendizaje y desconocerlo sería como ignorar el efecto de la gravedad en el diseño de un puente.

2. La segunda frase recuerda que quien aprende es el estudiante, pero ante todo, todas las personas pueden enseñar, lo cual no implica que lo hagan de forma efectiva y profesional, para lo que se requiere sin duda bastante más que pararse frente a unos estudiantes a presentar temas. No es posible transmitir conocimiento o experiencia, sólo se puede transmitir información que quien la recibe, a través de cinco imperfectos sentidos, debe decodificar y utilizar en la reestructuración de su propia red neuronal. Además, por canales imperfectos de comunicación en los que el codificador no comparte los mismos códigos que el decodificador (¡vaya problema de ingeniería!). En consecuencia, pretender que enseñar<sup>5</sup> es transmitir conocimiento y que alguien aprende simplemente como consecuencia de la enseñanza sin involucrarse activamente, no es una actitud inteligente si se tiene en cuenta la abundante literatura sobre el tema. En resumen, decir que enseñar es presentar los temas, asignar algunos ejercicios de aplicación y poner exámenes, no es efectivo (Sheppard, Macatangay, Colby, Sullivan, & Shulman, 2008; Stigler & Hiebert, 1999).
3. Finalmente, la tercera frase debe verse desde una perspectiva epistemológica: el conocimiento no es un conjunto de enunciados y hechos perfectos, inamovibles, sin errores, sino el producto de seres humanos que en un marco de grandes limitaciones y enfrentados a un entorno infinitamente complejo e incierto tratan de encontrar sentido y patrones a lo que los rodea para explicarlo o predecirlo. El conocimiento científico y tecnológico definitivamente no es una verdad absoluta ni logra jamás capturar la complejidad de lo que nos rodea. Ni siquiera las matemáticas, mal llamadas ciencias exactas, parecen serlo en opinión de algunas escuelas, porque reposan sobre unos postulados que se asumen como ciertos. En consecuencia, vivimos entre el error y la ilusión (Delors, 1996; Morin, 2000).

Vistos desde la perspectiva de lo que sucede en el salón de clases, estas frases ilustran muy bien tres concepciones que son centrales en lo que allí sucede y que se ilustran en la figura 6.

---

<sup>5</sup> Entre las varias interpretaciones del término indicadas por la Real Academia Española, la más cercana es: instruir, doctrinar, amaestrar con reglas o preceptos.



**Figura 6. Concepciones que afectan las prácticas de aula.**

El primer aspecto para recordar es la importancia que tienen las creencias y las concepciones sobre como se enseña, cómo se aprende y qué es el conocimiento, en lo que finalmente hace un profesor (Pajares, 1992). Incluso los intentos de mejorar la enseñanza, sin modificar estas concepciones, pueden dar como resultado prácticas menos efectivas que las actuales (Stigler & Hiebert, 1999). Este es, en efecto, el primer principio que debe ser tenido en cuenta:

1

Las concepciones que tenemos, sean éstas conocimiento apropiado, racionalmente sustentado o creencias sin mayor fundamento, tienen un impacto central en el proceso de aprendizaje. En particular, las creencias cambian muy difícilmente aun en contextos en que éstas no funcionan (Pajares, 1992). Reconocer los aprendizajes previos, las concepciones previas que se relacionan con el objeto de estudio es fundamental en todo proceso de aprendizaje. Todo estudiante tiene conocimientos previos sobre la mayoría de cosas que se le pretenden enseñar, no son cajas vacías (*tabula rasa*) que vamos a rellenar con conocimientos.

El mismo principio se aplica al profesor. Lo que hacemos en el aula de clases responde a nuestras propias creencias y toda nueva propuesta o alternativa la interpretamos y a partir de ellas. Cambiar lo que hacemos en el aula no implica simplemente cambiar el discurso que tenemos, es trabajar nuestras propias creencias hasta el punto de convencernos de que algunas de ellas tienen problemas y deben ser ajustadas o modificadas con conocimiento racional y sustentado.



## Enseñanza eficaz, aprendizaje eficaz

*“Todo conocimiento debe contextualizar su objeto para ser pertinente”.*

**Edgar Morin**

Resulta frecuente que las universidades se limiten a proponer talleres y conferencias como estrategia de desarrollo profesional o académico de los profesores. En algunos casos menos numerosos, se propone incluso algún nivel de acompañamiento. En ambas situaciones, sin embargo, es común que los responsables de realizar la capacitación o el acompañamiento sean profesionales de disciplinas diferentes con el supuesto de que la acción pedagógica es genérica y que el conocimiento, el objeto de estudio, es secundario en este acompañamiento, porque el profesor universitario ya lo tiene.

Si bien son aún pocas las investigaciones en educación superior sobre la materia (Duque, Celis, & Celis, 2011; Nicholls, 2002; The royal Academy of engineering, 2012), un creciente número de publicaciones presenta este tema, particularmente en el marco del denominado “scholarship of teaching and learning” (Hutchings et al., 2011; Kreber & Klampfleitner, 2013). Adicionalmente, la amplia literatura en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas parece confirmar que el problema educativo debe tratarse en el marco de la disciplina que se enseña.

A continuación se presentan elementos para abordar la temática desde una posición racional y menos sustentada en mitos y creencias.

Esta sección girará en torno a tres preguntas:

1. ¿Enseñar es natural?, ¿es intuitivo?, ¿se requiere formación para enseñar?
2. Si la respuesta a la última pregunta es afirmativa, ¿qué se requiere aprender?
3. ¿Cómo se aprende lo que se necesita?

### ¿Enseñar es natural?

En relación con la primera pregunta, la investigación sugiere con bastante contundencia una respuesta afirmativa. El mito de que un buen investigador o un buen profesional es un buen docente es, en efecto un mito (Prince, Felder, & Brent, 2007). En Ball & Forzani (2009) se muestra que la enseñanza como actividad profesional no es una habilidad natural, y se propone una importante separación entre enseñar en el cotidiano (a nuestros hijos, a nuestros conocidos, a los compañeros de trabajo), y enseñar profesionalmente en el marco de programas formales, estructurados en un plan de estudios, o mejor aún, en un currículo.

Por otra parte, como se anotó en la introducción, el tipo de enseñanza está asociado y fuertemente determinado sobre nuestras creencias en acunto a lo que es enseñar, aprender y conocimiento. Verificar la validez de estas creencias para remplazarlas por conocimiento racional, es una tarea compleja (Pajares, 1992).

## 2

La enseñanza estructurada en una salón de clases, en el marco de un currículo, no es una actividad natural para la cual estamos preparados y para la cual actividades de enseñanza del cotidiano brindan pocos elementos. De hecho, la enseñanza es una actividad contraintuitiva por ser contraria a muchas de las creencias que construimos a lo largo de nuestro propio aprendizaje.

### ¿Qué se requiere aprender para enseñar?

Partiendo del reconocimiento de que enseñar es una actividad profesional, pasemos a caracterizar qué se requiere para el ejercicio de esta profesión.

Literatura reciente, resultado de investigación en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas, parece indicar que el desarrollo profesional docente debe darse en varios componentes (Abell, Rogers, Deborah, & Gagnon, 2009; Gosling, 2009; Hill, Rowan, & Ball, 2005; Loewenberg, Hoover, & Phelps, 2008; Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Sheppard et al., 2008; Shulman, 1986; Stigler & Hiebert, 1999). Un examen de estos trabajos no parece indicar que en la educación en ingeniería la situación pueda ser sustancialmente diferente como para no contemplar las siguientes dimensiones que proponen:

1. Conocimiento disciplinar sobre lo que se enseña
2. Conocimiento disciplinar complementario necesario para enseñar
3. Conocimiento pedagógico-didáctico de la disciplina
4. Conocimiento curricular y de la práctica profesional

Un aspecto que puede parecer curioso y contrario a lo que sucede ahora en esta lista es la no inclusión del conocimiento pedagógico general que a menudo sirve de centro en la formación de los profesores cuando ésta existe. En Shulman (1986) se muestra la evolución histórica en la concepción del desarrollo profesional de los profesores en ciencias, desde se pasó de un acento casi exclusivo en contenidos en la primera parte del siglo XIX hasta una aproximación fundamentalmente centrada en las competencias pedagógicas genéricas de la primera parte del siglo XX, para finalmente aterrizar en lo que este autor propone como la comprensión de la

pedagogía de la disciplina (PCK), concepto que luego se amplía en trabajos como el de Abell et al. (2009) que dan cuenta final de la lista antes presentada.

Pasemos a examinar en detalle los cuatro elementos indicados.

**Conocimiento disciplinar sobre lo que se enseña:** representa finalmente el objeto de estudio que se pretende que los estudiantes aprehendan, construyan en torno a un conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y procesos de pensamiento de alto nivel. Es claro que resulta complicado y seguramente muy limitado pretender enseñar lo que no se comprende suficientemente bien.

**Conocimiento disciplinar complementario para enseñar:** para enseñar un objeto de estudio, no sólo se debe conocerlo desde la perspectiva de las necesidades de una práctica profesional, sino desde la de la enseñanza. Esto incluye conocer diferentes formas de hacer algo, de presentarlo, de conectarlo holísticamente. Implica saber de su desarrollo histórico y de la conexión con otras disciplinas. Significa comprender las limitaciones de un conocimiento en particular. Se trata de tener una visión más amplia y profunda de lo que se va a enseñar.

**Conocimiento pedagógico de la disciplina:** adicionalmente, para enseñar algo es necesario conocer las dificultades que el estudiante tiene para aprender, las creencia y concepciones que hay por tener en cuenta, las analogías, los materiales, las didácticas, los ejemplos, los casos, las actividades, los problemas, los proyectos y las estrategias que pueden ayudarle al estudiante a construir el conocimiento y desarrollar las habilidades que se buscan. No se trata de pedagogía genérica, sino de estrategias concretas. Se trata de conocer sobre la didáctica de la disciplina, entre otros aspectos.

**Conocimiento curricular y de la práctica profesional:** finalmente, en un currículo en ingeniería, muchas de las destrezas, habilidades y procesos de pensamiento de alto nivel no se desarrollan en curso sino a lo largo de todo un proyecto curricular. Conocer las necesidades de formación para una práctica en ingeniería y cómo se pueden construir estas competencias transversales de alto nivel es una necesidad. La educación tradicional se ha centrado en contenidos, cursos y planes de estudio y poco acento se da a las competencias necesarias para el ejercicio profesional (Sheppard et al., 2008). A menudo, en ingeniería se confunden objetivos de aprendizaje con contenidos y currículos con planes de estudio y poco y ningún esfuerzo explícito y real se hace para construir competencias de alto nivel a lo largo de un proyecto curricular.

Estos elementos ofrecen una visión sobre lo que debería contener una estrategia de desarrollo profesional.

### 3

Aprender a enseñar involucra al menos cuatro dimensiones de competencias:

1. Saber la disciplina que se enseña
2. Saber sobre aspectos complementarios de la disciplina para enseñarla
3. Saber sobre cómo se enseña y se aprende la disciplina
4. Saber sobre el currículo y la práctica profesional en que se enmarca la disciplina que se enseña

## ¿Cómo se aprende lo que se requiere para enseñar?

La nueva visión sobre el desarrollo profesional no solamente toca los objetivos sino las modalidades. Las estrategias de desarrollo profesional que parecen ser razonablemente efectivas han abandonado la idea de ofrecer unos seminarios o talleres que luego deberían ser seguidos por la aplicación de lo aprendido en el marco de los diseños y el desarrollo de los cursos realizados por quien participa en estas capacitaciones. Trabajos como los de Putman & Borko (2000), Sherin & Van-Es (2009), Wilson & Berne (1999) muestran que una estrategia de desarrollo profesional eficaz debe situarse en su objetivo: la práctica de aula. Igualmente, otra alternativa corriente que parece razonable es separar la fundamentación de las estrategias prácticas. Como es usual, las cosas a menudo son diferentes. Trabajos como el de Grossman, Hammerness, & McDonald (2009) muestran los grandes inconvenientes de esta separación y proponen, desde este análisis, una estrategia de desarrollo profesional integral, centrada en la práctica de aula, que sin estas particiones artificiales entre teoría y práctica puede ser más eficaz. Esta conclusión es incluso válida para enseñar ingeniería (Sheppard et al., 2008).

Igualmente, la investigación ha mostrado que las estrategias más efectivas se centran en torno a comunidades de aprendizaje centradas en lo que sucede en el aula. En Lewis & Tsuchida (1998) se presenta una práctica muy interesante en Japón denominada casos de clase.

Es en torno a la práctica de aula que se pueden desarrollar estrategias de desarrollo profesional con posibilidades razonables de mejorar procesos de enseñanza-aprendizaje en las cuales se abordan de forma integrada componentes de práctica con fundamentación.

Los esquemas clásicos centrados en cursos, seminarios o talleres, en los que a la fundamentación la sigue la práctica, definitivamente no son una buena alternativa.

En el día a día, frente a la necesidad de actuar, son las creencias las que dominan las decisiones. Esto explica lo efectivas que resultan estas estrategias clásicas para modificar el discurso racional, pero lo poco efectivas que son para transformar las prácticas de aula, que son finalmente el objetivo.

De estos estudios igualmente se desprende que quienes forman a otros profesionales para enseñar la disciplina deben también comprender las cuatro dimensiones que se mencionaron. Al menos en la enseñanza de las ciencias, en Lawler et al. (2005) se muestra que para enseñar a otros a enseñar una disciplina se debe saber enseñar tal disciplina. Desde esta perspectiva, es clara la conveniencia de que quienes forman tengan la profesión de quienes están formando y, en consecuencia, en ingeniería lo apropiado es que sean ingenieros, profesores de ingeniería, quienes estén a cargo de las estrategias de desarrollo profesional o profesionales que han tenido una amplia participación en temas cercanos a la educación en ingeniería. Infortunadamente, las corrientes pedagógicas generalistas de la segunda parte del siglo XX han causado, por desconocimiento, un gran daño en la educación de las disciplinas.

4

Una enseñanza que separa los fundamentos de la práctica profesional resulta poco efectiva, poco genuina y poco significativa. Se aprende a enseñar una disciplina enseñándola y reflexionando sobre su enseñanza concreta.

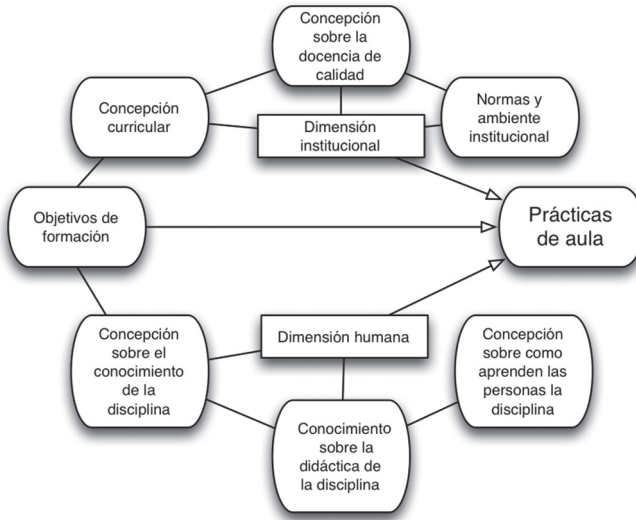
El profesional más apropiado para enseñarle a otro profesional cómo enseñar la disciplina es un profesional de la disciplina que ha tenido una formación no sólo en cómo se enseña ésta, sino en cómo se enseña a otros profesores vinculados a ella.

## No sólo el profesor define la práctica de aula

*“La parcelación de los saberes hace imposible comprender lo que ha sido tejido conjuntamente”.*

**Edgar Morin**

Afirmar que en lo que sucede en la práctica de aula sólo tienen impacto las concepciones del profesor, sería una simplificación ingenua. A pesar de lo complejo que pueda verse lo anotado, la realidad es considerablemente más compleja. El responsable académico de un programa o del desarrollo profesional en docencia de los profesores de ingeniería no puede olvidar otras.



**Figura 7. Factores que intervienen en las prácticas de aula.**

De este diagrama se desprende la necesidad de abordar los procesos de transformación de prácticas de aula desde una perspectiva institucional.

Sin embargo, debe anotarse que este gráfico está incompleto, porque solamente se centra en una visión desde la institución y el profesor. El estudiante es un actor activo en la práctica de aula. Sus experiencias, y sus conocimientos previos, su motivación, influyen en lo que finalmente sucede.

Desde una perspectiva de aseguramiento de la calidad, es necesario igualmente preocuparse por la cadena de formación anterior. Ello explica el creciente interés de las universidades en la educación básica y media. La investigación también muestra que muchas de las habilidades, actitudes y creencias se forman a tempranas edades y que posteriormente es muy poco lo que se puede hacer (Pajares, 1992). De hecho, el creciente desinterés por carreras científicas y tecnológicas parece tener su origen en procesos inadecuados de enseñanza y aprendizaje anteriores a la universidad. Por ello cada vez es más común encontrar programas en las universidades que se proyecten sobre la educación básica y media para fortalecer y mejorar la educación previa y así poder contar con más y mejores candidatos en las escuelas de ingeniería.

## 5

Las prácticas de aula, esto es, lo que sucede en ella, depende de muchos factores, entre los que se pueden citar las creencias y actividades del profesor, los intereses, motivaciones y actividades de los estudiantes, la concepción curricular de la institución, lo que la ésta reconoce como docencia de calidad y lo que hace para identificarla, promoverla y valorarla. Adicionalmente, estas prácticas de aula son un factor central en los fenómenos de deserción y retención (Braxton, 2008).

Pretender cambiar de forma desconectada y aislada algunas prácticas no resulta sostenible, porque el ambiente mismo y la cultura organizacional son el primer obstáculo. Una universidad que no busca el mejoramiento, en un ambiente proclive a la innovación de los espacios de aprendizaje, desde una perspectiva curricular más amplia que una simple colección de cursos en un plan de estudios, termina por lograr poco en la práctica mientras desgasta a la comunidad, y conduce en muchos casos a una actitud negativa a todo discurso educativo.

Diferentes estudios muestran que sin un proceso institucional en el que se involucra tanto la alta dirección como el profesorado, en general no se producen cambios y cuando lo hacen, no son sostenibles (Stigler & Hiebert, 1999; The royal Academy of engineering, 2012) y si bien la actividad de algunos profesores que trabajan aisladamente puede ser interesante y muy meritoria, en este tema parece aplicarse igualmente la conocida frase de que “una golondrina no hace verano”.

## ¿En el siglo XXI se requieren los mismos ingenieros del siglo XX?

*“Así, para bien o para mal, cada humano, rico o pobre, del sur o del norte, del este o del oeste, lleva consigo, sin saberlo, el planeta entero”.*

**Edgar Morin**

Aún es frecuente encontrar opiniones contrarias a los procesos de reforma actuales que indican que los sistemas de educación de ingenieros están bien y que no existe razón para modificar lo que ha funcionado a pesar de las crecientes evidencias que indican lo contrario.

A título anecdótico, un experto en direcciones académicas indicaba que en el mundo académico, si se quería triunfar, o no morir en el intento, era importante seguir tres preciosas reglas:

1. Si algo funciona aceptablemente, no lo toque.
2. Si por azar algo está funcionando mal, examine la posibilidad de dejarlo para el siguiente director/decano. El costo político de intervenir lo afectará por muchos años.
3. Si, finalmente, la situación no da espera, haga un intento de solución, pero abandone a la primera dificultad, porque de todos modos no logrará arreglarlo y pagará políticamente al tratar de intervenir.

El mundo está cambiando, el “mercado” de la educación se globaliza, se mueve rápidamente y se transforma apoyado en las tecnologías de la información y las comunicaciones desarrolladas por los propios ingenieros. Si las instituciones de educación superior no se vuelven flexibles y se adaptan, podrán encontrarse con grandes dificultades (Education, 2003; Marginson & Considine, 2000; Mignot Gerard, 2003), ninguna ley natural garantiza su subsistencia. Si no logran estar a la altura de las necesidades de la sociedad, serán remplazadas.

## 6

Las tecnologías, invento de la misma ingeniería y los procesos de globalización, en buena parte producto de ellas, terminarán por cambiar de forma profunda la “empresa” de la educación.

## Cambios en el contexto de la práctica de la ingeniería

*“Si bien la educación en ingeniería es sólida en impartir algunas clases de conocimientos, no es muy efectiva en la preparación de estudiantes para que puedan integrar su conocimiento, habilidades e identidad como profesionales en desarrollo”.*

**Sheri Sheppard**

En particular, estas mismas fuerzas de cambio, en buena parte promovidas por los productos de los ingenieros, han modificado y vuelto compleja la misma práctica de la ingeniería. Los cambios en el ejercicio de la ingeniería son notorios<sup>6</sup>:

---

<sup>6</sup> Grinter report, ASEE, 1955; Engineering education coalition, NSF, 1990.



	Siglo XX	Siglo XXI
<b>Económico</b>	Economías locales, concentradas, con larga vida. Estado: un gran empleador.	Economía global, con mercados fragmentados, distribuidos y de corta vida. Aldea global. Estado: un empleador limitado.
<b>Tecnológico</b>	Gran número de problemas se solucionaban sin una participación profunda de la tecnología. Tecnologías que afectaron visiblemente la faz visible de la tierra (puentes, carreteras, edificios,...).	Presencia de la ingeniería y la tecnología en la solución de prácticamente todos los problemas centrales de la sociedad: salud, comunicación, alimentos, energía, educación, transporte. Tecnología que afecta a la humanidad sutil y profundamente: nuevos materiales, información, micromáquinas, biotecnología.
<b>Social y cultural</b>	Poco o ningún acento en el impacto social, cultural y ambiental de las soluciones en ingeniería.	El impacto social, cultural y ambiental de las soluciones en ingeniería ha llegado a ser crucial. T.I. Ha modificado la cultura de la sociedad.
<b>Información</b>	Disponibilidad restringida y limitada en libros, manuales, normas, revistas y notas del profesor. Disciplinaria. Conocimiento de la ciencia.	Abundancia de información de toda calidad en diferentes medios, muchos de ellos virtuales. Poderosos buscadores. Interdisciplinaria. Tecnologías de la información. Comprensión de la ciencia.
<b>Habilidades</b>	Algún acento en procedimientos y protocolos. Trabajo en ejercicios.	Fuerte acento en desarrollo de habilidades y estrategias, particularmente en la solución de problemas mal definidos y complejos con múltiples soluciones. Pensamiento crítico y creativo.
<b>Actitudes</b>	Aspecto complementario en el perfil de un ingeniero.	Aspecto central en el perfil de un ingeniero (sentido social y ambiental) Espíritu emprendedor.
<b>Interpersonales</b>	Algún acento en comunicación e interdisciplinaridad.	Fuerte acento en comunicación, interacción con otras disciplinas, pensamiento sistémico, aprendizaje a lo largo de la vida, trabajo en equipo.

	Siglo XX	Siglo XXI
<b>Característica de los currículos</b>	Fundamentado en un estudio profundo de las ciencias, ciencias en ingeniería y matemáticas, basado en un trabajo fundamentalmente analítico y teórico, de carácter deductivo.	Fundamentado en un estudio profundo de las ciencias, ciencias en ingeniería y matemáticas, basado en didácticas <i>hands on</i> y proyectos en una aproximación inductiva.
<b>Característica de los profesores</b>	Investigadores con poca conexión con la labor del ingeniero en la sociedad y la industria. Ser buen investigador es suficiente para ser buen profesor.	Investigadores con mayor conexión con la labor del ingeniero en la sociedad y la industria. Preocupados por los procesos de aprendizaje de los estudiantes, con formación en docencia, en pedagogía de la disciplina.
<b>Cadena de formación</b>	Centrada sobre los años específicos de formación, con gran especialización.	Interés en la cadena en aval (0-11). Interés en las pasarelas, en la educación continuada, en varios perfiles, incluido el de ingeniero generalista.
<b>Paradigma educativo</b>	Transmisión del conocimiento. Aprendizaje poco significativo <i>just in case</i> . Centrado en la información. Acento en los resultados. Basado en ejercicios. Visión desde la disciplina. Investigación e interdisciplinariedad formal.	Construcción del conocimiento. Aprendizaje significativo. <i>Just in time</i> . Centrado en la utilización de la información. Acento en el proceso. Basado en problemas. Visión desde los problemas. Investigación e interdisciplinariedad real.
<b>Laboratorios</b>	Destinados a mostrar que la teoría funciona. De la teoría a la práctica. De lo abstracto a lo concreto.	Destinados a desarrollar observación, indagación, creatividad. De la práctica a la teoría. De lo concreto a lo abstracto.
<b>Mundo</b>	Determinístico, local. Enfoque fragmentado.	Incierto, global, cambiante. Enfoque sistémico. Sociedad tecnológica.

**Tabla 11. La ingeniería en el siglo XX y en el siglo XXI.**

A pesar de algunos de los cambios resumidos en la tabla anterior, muchos profesores continúan con la creencia de que la educación del siglo XX podrá funcionar sin mayores ajustes en el siglo XXI. Este tipo de respuesta es normal, porque desde la perspectiva de muchas convicciones todo está bien y cuando el asunto no funciona se puede explicar por otras razones como la falta de estudio o interés del estudiante o la ausencia de bases previas. Como ya se indicó, las creencias subsisten a las pruebas contrarias a ellas. Sin embargo, en ingeniería este argumento puede ser un tanto contradictorio. En la práctica de la ingeniería se desarrollan a menudo procesos que llevan a innovaciones, que no se dan simplemente porque algo no funcione bien sino porque se quiere mejorarlo, hacerlo más eficaz, incorporar conocimiento que ofrece nuevas oportunidades. Si esta forma de trabajar en ingeniería se aplicara a la educación en ingeniería, estaríamos a la vanguardia en educación. Por diversas razones esto no es así, no pensamos como ingenieros cuando nos enfrentamos a un curso, pensamos con nuestras creencias que son cercanas a las de los profesores de otras disciplinas, aun en educación.

Pero ¿de dónde vienen las prácticas de aula que tenemos?

Un regreso al siglo antepasado puede darnos elementos para analizar la situación. En los siglos anteriores, el profesor era la fuente principal de la información, de los contenidos. El acceso al libro era limitado y las fuentes de información como internet, inexistentes. Buena parte del tiempo de clase se orientaba a la lectura comentada por parte de las notas del profesor. Ello explica el nombre de “lecture” que se da en algunos países a la clase magistral. Poco ha cambiado en muchas aulas de clase, salvo que ahora existen múltiples fuentes de información. La actividad de lectura de contenidos sigue siendo común, salpicada en muchos casos de ejercicios de aplicación.

Este tipo de espacios de aprendizaje se centra en los contenidos y en la trasmisión del conocimiento. Trabajos recientes muestran la inconveniencia de esta aproximación, pues además de sustentarse en falsas concepciones, se encuentra fuertemente desalineada de la práctica profesional (Sheppard et al., 2008).

**7**

El cambiante mundo impone competencias más complejas en el desempeño de los ingenieros. Estos nuevos desempeños imponen objetivos educativos más complejos que los que se podrían proponer en el siglo XX. Las estrategias de enseñanza del siglo XX resultan cada vez más lejanas de las necesidades del siglo XXI. Abordar el problema curricular desde un plan de estudios no permite lograr el desarrollo de habilidades, destrezas y procesos de pensamiento de nivel superior que se requieren.

Paralelo a la dificultad de cambiar lo que sucede en el aula, aún en Instituciones que tienen discursos nuevos, los cambios en los objetivos internacionalmente definidos en la formación de los ingenieros son evidentes cuando se observan por ejemplo los criterios de ABET (2012), o múltiples publicaciones recientes (National Academy of Engineering, 2003; NRC & Board of Engineering Education, 1995; NRC & Committee on Engineer of 2020, 2005; Sheppard et al., 2008).

En los criterios ABET, presentados en la primera sección de este libro, se habla intensamente de habilidades, de comprensión y en uno sólo de ellos de conocer algo. En esta nueva visión los contenidos son los necesarios y suficientes para poder tener las habilidades indicadas. Desde esta perspectiva, el objetivo se expresa en lo que se debe poder hacer.

## Concepciones sobre el conocimiento

*“Un conocimiento no es un espejo de las cosas o del mundo exterior. Todas las percepciones son a la vez traducciones y reconstrucciones cerebrales producidas por los estímulos o señales captados y codificados por nuestros sentidos”.*

**Edgar Morin**

Esta sección no pretende entrar en una discusión filosófica o epistemológica sobre el conocimiento, sino buscar una presentación más funcional desde la perspectiva del trabajo de aula realizado por el experto en su disciplina en ingeniería.

Según la RAE, algunas de las acepciones de la palabra son:

- Acción y efecto de conocer
- Entendimiento, inteligencia, razón natural.
- Cada una de las facultades sensoriales del hombre en la medida en que están activas.
- Noción, ciencia, sabiduría.

Un elemento común a todas ellas es que el concepto cobra sentido en la persona. De hecho la última definición, que podría sonar a contenidos, tampoco lo es. La sabiduría es un atributo de las personas y la ciencia no son sus resultados, que son los que se encuentran en los libros, sino un conjunto de procesos, explicaciones, ideas, leyes, métodos y conceptos. No son los resultados los que caracterizan a la ciencia y al pensamiento científico, sino la forma en que se aproximan al mundo natural.

Desde esta perspectiva, el conocimiento no se puede reducir a los contenidos ni a lo que está escrito en los libros.

Desde una perspectiva pragmática y funcional, de todo este discurso sobre el conocimiento, sobre el que sin duda existe abundante literatura y muchas posiciones, lo que nos interesa finalmente en la educación superior es alinear el concepto de conocimiento a lo que el profesional debe poder hacer en su práctica a lo largo de su vida. Este enfoque es, por ejemplo, el que asume ABET (2012) cuando afirma que los profesionales en ingeniería deben cumplir con los criterios mínimos presentados en la sección anterior.

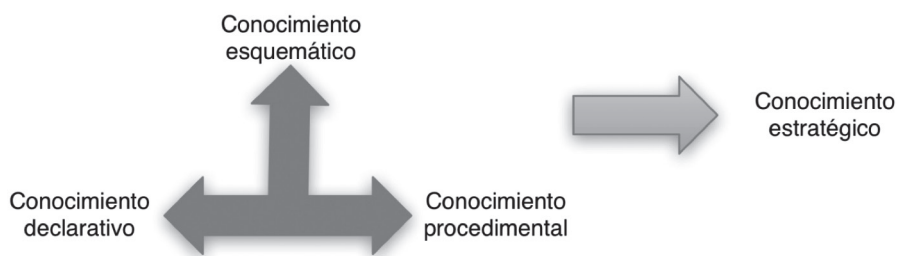
El cambio en los objetivos de aprendizaje en ingeniería puede obedecer a varios factores que intervienen conjuntamente:

- El cambio en la concepción de lo que significa el conocimiento en ingeniería. Existe un avance importante que lentamente va borrando los enfoques por contenidos que predominaron por más de un siglo y que aún en la práctica siguen siendo el centro de los planes de estudio. Basta observar el parecido existente entre un programa de un curso y el índice del libro de texto.
- Una mejor comprensión de lo que implica la práctica de la ingeniería, en un proceso de acercamiento entre el mundo académico y el del ejercicio profesional. Trabajos como el europeo denominado Tuning y otros (Sheppard et al., 2008), mostraron la falta de alineación entre las prioridades del mundo académico y la laboral, del ejercicio profesional.
- Retos más complejos para los ingenieros en una sociedad cada vez más tecnológica y más compleja. Trabajos como el que se presenta en Morin (2000), National Academy of Engineering (2003), NRC & Board of Engineering Education (1995), son ilustradores de una sociedad cada vez más compleja y más incierta en su devenir.

Estos factores han impulsado un cambio de la definición desde los contenidos hacia estructuras más complejas que reconocen de una manera más apropiada el conocimiento, de hecho más adaptadas a una perspectiva de evaluación.

## Una taxonomía para evaluar

Una taxonomía reciente propuesta por Shavelson, Ruiz-Primo, Li, & Cuauhtemoc (2003), Ruiz-Primo (2007), Hoepfl & Lindstrom (2007), Lawson (1994), Shavelson (2009), que se describe en la figura 8.



**Figura 8. Tipos de conocimiento que se pueden evaluar.**

**Conocimiento declarativo:** hace referencia a la información que se enuncia, como las definiciones, leyes o incluso explicaciones aprendidas de memoria. Se trata de información que responde a la pregunta qué. En relación con Bloom, corresponde a conocer y comprender. Desde la perspectiva de competencia, es claramente el componente “saber”.

**Conocimiento procedimental:** se refiere a saber cómo hacer algo. La descripción de un procedimiento es conocimiento declarativo, pero saberlo ejecutar efectivamente corresponde al conocimiento procedimental. Esta categoría se relaciona principalmente con la de aplicar de Bloom. Sin embargo, la relación es menor, porque igualmente en análisis, síntesis y evaluación se pueden encontrar procedimientos. En relación con las competencias, se trata en buena parte de su segundo componente, saber hacer.

**Conocimiento esquemático:** implica saber el porqué de algo. El estudiante que domina este conocimiento puede explicar, y justificar sus argumentos. Es capaz de producir explicaciones basadas en evidencia y sacar conclusiones a partir de un conjunto de información. El dominio de esta dimensión implica una visión holística de los conceptos y de sus conexiones, así como una comprensión de las relaciones causa-efecto que permiten predecir, estimar, explicar e interpretar. Ello le permite aplicar conocimiento en situaciones no rutinarias.

**Conocimiento estratégico:** como se observa en el diagrama, involucra los tres componentes anteriores. Implica ser capaz de plantear una estrategia para abordar una situación novedosa. Se refiere a saber responder a las preguntas cuándo, dónde, cómo. Desde la perspectiva de la enseñanza para la comprensión (Stone et al., 1998), es la demostración de la comprensión en el marco de desempeños flexibles.

Una particularidad de esta taxonomía es que se relaciona de forma más directa con el tipo de “carga” cognitiva que implica: recordar; hacer siguiendo un procedimiento; conectar, inferir, explicar, y diseñar estrategias en situaciones novedosas.

No se trata de una taxonomía estrictamente jerárquica, porque un tipo de conocimiento puede no contener todos los anteriores, por lo que mal se podrían llamar niveles.

Desde una perspectiva de la definición de competencias (saber, saber hacer, saber ser), responde claramente a los dos primeros componentes sin entrar en el tema de actitudes, el cual resulta mucho más complejo de evaluar, salvo en situaciones reales.

Una ventaja clara de esta última taxonomía es una alineación más fácil con la evaluación. Este tipo de taxonomía, que no es nueva, tiene un uso cada vez más amplio para describir objetos de conocimiento en especificaciones para las evaluaciones.

8

Una forma apropiada de organizar los objetivos de aprendizaje en ingeniería es la utilización de los conceptos de conocimiento declarativo, conocimiento procedimental, conocimiento esquemático y conocimiento estratégico. Esta taxonomía es cercana a las actividades de evaluación y, en consecuencia, puede resultar más funcional en la elaboración de instrumentos de evaluación.

## La máquina biológica que aprende

*“El aprendizaje se relaciona con la biología”.*

**Jamez Zull**

El aprendizaje humano se sustenta en la modificación de la red neuronal que conforma el cerebro humano. Cuando aprendemos algo se pueden producir al menos dos fenómenos:

- Se generan nuevas conexiones entre las neuronas
- Se cambian las características de estas conexiones

El aprendizaje, entonces, parece reposar en las conexiones entre neuronas y sus características de respuesta, así como en la topología general. Estas conexiones y sus características se establecen en forma duradera cuando son utilizadas frecuentemente y desaparecen cuando no.

Las redes neuronales artificiales han buscado emular el funcionamiento de una red neuronal biológica. En principio podría parecer que esta imitación se encuentra muy lejos de la realidad, pero algunos estudios parecen indicar lo contrario, de hecho diversas redes con diferentes esquemas de aprendizaje han mostrado ser buenos modelos tanto para predecir como para analizar ciertos aspectos del cerebro humano (Spitzer, 1999).

Veamos paso a paso algunas características de esa fantástica máquina biológica de pensamiento y algunas implicaciones que pueden inferirse para el aprendizaje.

## La complejidad

El cerebro humano cuenta con unas 20.000 millones de neuronas, cada una de ellas con posibilidad de conectarse a otras 10.000 neuronas lo cual hipotéticamente permitiría unas 200 teraconexiones (Spitzer, 1999). Si se quisiera almacenar la información de los pesos de ponderación entre neuronas, se requerirán más de 200 Tb, sin contar con la topología misma.

Las redes neuronales artificiales que empleamos hasta ahora para resolver problemas de ingeniería palidecen ante estos números. Mientras la red neuronal artificial desarrollada para leer textos en inglés (Spitzer, 1999) está conformada por 203 neuronas de entrada, 26 en la salida y 80 en la llamada capa escondida intermedia, nuestro cerebro cuenta con 20.000 millones de ellas. Esta red neuronal artificial es  $1,5 \times 10^{-4}$  % de nuestro cerebro en número de neuronas.

Quienes han pasado por el camino de aprender a leer correctamente en inglés saben que no se trata de una labor sencilla para dominar en poco tiempo y sin embargo una pequeña red que emula parcialmente el funcionamiento del cerebro lo logra. Por ello, parece que no sería de extrañarnos el nivel de complejidad que puede lograr el pensamiento humano.

Esta complejidad se sustenta en elementos con funcionalidad bastante sencilla. El conocimiento se codifica en la existencia de ciertas conexiones, en los pesos y en la función de activación. Aprender es generar conexiones con pesos determinados, cambiar la arquitectura entre los elementos (neuronas) que permanecen básicamente constantes, desde nuestro nacimiento.

## La flexibilidad

El cerebro humano no sólo es complejo en su estructura. Es el órgano más flexible que tenemos, por lo que se puede reconfigurar frente a ciertas situaciones. A diferencia de un computador, en el que por un lado tenemos el procesador, con operaciones básicas predefinidas, y por el otro el código y los datos que definen lo que éste puede hacer secuencialmente, el cerebro humano tiene una arquitectura que se adapta a las nuevas funcionalidades, se reconfigura según las tareas que debe ejecutar, es *software* y *hardware* a la vez, es información y proceso, es una máquina redundante de procesamiento paralelo. Mientras en un computador el daño en un solo bit puede



detener su operación, el cerebro humano sigue funcionando a pesar de que estamos perdiendo neuronas día a día. De hecho a los 70 años hemos perdido apenas el 1,3 % de éstas. Aun debido a esta pérdida, nuestras capacidades se mantienen funcionando razonablemente bien, salvo en casos extremos en los cuales el cerebro incluso puede readaptarse transfiriendo funciones de un lugar al otro.

## El funcionamiento: PC vs. red

Algunas veces se tiende a pensar en el cerebro como un computador, y se describen las tareas que ejecuta en términos de pasos y seguimiento de reglas.

Sin embargo, el funcionamiento del cerebro dista del de un computador y al procesar información no sigue reglas como sí lo hace la máquina, si bien algunas veces se describen a posteriori las funciones mentales en términos de reglas (Spitzer, 1999; Zull, 2002).

El lenguaje presenta un buen ejemplo de esto: cuando hablamos seguimos implícitamente reglas, pero si reflexionamos, no estamos pensando en ellas, simplemente sabemos cómo hacerlo. La regla no representa otra cosa que la explicitación de un fenómeno que sucede. El cerebro no produce el habla siguiendo reglas, al menos en la lengua materna. La regla, la norma, representa una muleta poco útil como bien lo muestra el aprendizaje de los niños que no las usan y las dificultades que tienen los aprendices mayores de una segunda lengua cuando tratan de hacerlo. La regla es una descripción externa de lo que el cerebro hace sin necesidad de seguirla. Simplemente la habilidad está impresa en el cerebro, en sus conexiones. Sería como describir con reglas lo que hace una especie animal en su interacción en su grupo y luego pretender que esos animales sigan explícitamente esas reglas. En estos casos las reglas son descriptivas, no prescriptivas.

Por ello, altos niveles de habilidad no incluyen la utilización de reglas. En el pensamiento del experto esto es evidente frente a un problema; mientras el novato sigue un conjunto de reglas y heurísticos, el experto casi inmediatamente puede encontrar la solución sin haber seguido reglas secuenciales. Su cerebro trabaja en paralelo, identifica en fracciones de segundo patrones y presenta una posible solución. Recordemos que el cerebro trabaja en paralelo y es una máquina poderosa de identificación de patrones, no de procesamiento de reglas (Tammer, 2009).

Un ejemplo interesante es el de la detección de caras. En un computador es necesario utilizar poderosas técnicas de análisis, representadas en algoritmos, reglas y fórmulas matemáticas. El cerebro simplemente reconoce la cara de miles de personas

en fracciones de segundo sin seguir ninguna regla, sin utilizar ningún cálculo, sin aplicar ningún algoritmo. El computador y el cerebro son máquinas sustancialmente diferentes.

## La funcionalidad central, la detección de patrones

Un examen de las aplicaciones en ingeniería de las redes neuronales revela que éstas se desempeñan muy bien cuando de detectar patrones se trata. Desde la identificación de números hasta labores de identificación e interpretación de gráficas con signos vitales de un paciente en la sección de cuidados intensivos de un hospital. Estas habilidades, en general, no pueden ser codificadas en términos de procedimientos algorítmicos, o cuando se hace resultan en grandes códigos con poca flexibilidad frente a situaciones novedosas. El objetivo de una red neuronal artificial es la identificación de patrones y la generación de señales específicas cuando se detecta un determinado patrón.

El cerebro humano es también una máquina de detección de patrones, habilidad que ha sido indispensable en la supervivencia de la especie.

Algunos ejemplos pueden ayudarnos a dimensionar esta característica:

Mientras para realizar una operación matemática nos puede tomar varios segundos, incluso minutos, por ejemplo de división por varios dígitos, que requiere seguir un procedimiento unido a tener en memoria cierta información (tablas de multiplicar), somos capaces de identificar miles de rostros conocidos en fracciones de segundo.

Comparando este mismo ejemplo con un computador, se encuentra la situación contraria: mientras la máquina puede realizar la división en fracciones de segundo, requiere de una capacidad de cálculo y tiempo para identificar rostros, con niveles de confiabilidad inferiores a los que logra el ser humano.

Mientras el computador es una máquina de ejecución de procedimientos, el cerebro humano es una máquina de detección de patrones y de procesamiento paralelo.

9

El aprendizaje es un fenómeno biológico que implica participación activa de quien aprende. Una visión constructivista sobre el aprendizaje humano está en sintonía con una visión biológica.

## El aprendizaje visto desde la ingeniería

En Spitzer (1999), el autor propone: práctica, no sermón. El aprendizaje requiere de estructura en el aprendizaje, lo peor que puede suceder es un conjunto de información aleatorio del cual no se puedan inferir patrones, encontrar regularidades, recibir realimentación a una acción, encontrar relaciones de causa efecto.

Igualmente, estrategias de enseñanza basadas en la transmisión del conocimiento estructurado del experto, tampoco parecen tener cabida, porque no son las más coherentes con el fenómeno mismo del aprendizaje. Es cierto, muchos aprenden en esta forma, pero ¿estamos seguros de que aprenden debido a la estrategia de enseñanza, o a pesar de ella?

- Cuando aprendemos, “captamos” información del medio que nos rodea. Esta información nos llega por nuestros sentidos, voz, imágenes, sensaciones táctiles (presión, temperatura,...), olores, sabores?
- Cuando alguien nos enseña, realmente genera estímulos para nuestros sentidos. Si se limita a hablarnos, fundamentalmente estamos recogiendo información de audio (las palabras del profesor) y de imagen (el movimiento de las manos, los ademanes corporales, ...). Pero toda esta información llega codificada. Lo que el profesor quiere transmitir, por ejemplo un concepto, lo codifica en término de palabras (variaciones de presión del aire).
- Esta información viaja en forma de luz, cambios de presión, por el medio, un canal de comunicación. Ningún canal es perfecto, diferentes fuentes de ruido contaminan la información.
- Toda esta información llega a nuestros sentidos, los cuales deben cambiar estas señales en impulsos eléctricos que viajan hacia nuestro cerebro.
- Utilizamos nuestros sentidos en el aprendizaje para recolectar la información que requieren estos procesos. Sin embargo, no todos los sentidos tienen el mismo impacto (Sousa, 2006).
- Finalmente, estos impulsos deben encontrar grupos de neuronas en capacidad de comprenderlos (reaccionar a estos estímulos), detectar patrones y decodificarlos. Esta decodificación no se puede hacer sino desde lo que se sabe, desde la programación impresa en nuestro cerebro, por ejemplo desde las creencias. Por ello la misma información puede ser comprendida de formas diferentes entre personas y en relación con la intención del profesor.

- Pero hasta este punto no ha habido aprendizaje. La simple decodificación de una información no implica aprender, al menos en forma duradera. El fenómeno del aprendizaje implica condiciones adecuadas que no resultan simplemente de estar en contacto con información. En general, el aprendizaje es una necesidad. Si la nueva información no dispara los mecanismos de aprendizaje, no servirá para construir nuevo conocimiento.
- Finalmente, en respuesta a la nueva información puede producirse un disparo del proceso de aprendizaje o una interacción con el mundo que a su vez vuelve a generar información que captan nuestros sentidos.

Desde esta perspectiva, varios conceptos centrales en educación adquieren un nuevo significado:

**Constructivismo:** efectivamente, el conocimiento no se transmite, cada persona debe construirlo, modificando su red neuronal. El conocimiento reposa en la cabeza de cada cual.

**Sentido:** la información que nos llega debe tener sentido, ser descifrable. Ello depende de los aprendizajes previos (Sousa, 2006).

**Significado:** además de tener sentido, debe tener significado, ser significativa, responder a las necesidades del individuo. Debe servir claramente para algo, conectarse.

En este marco, el reto de un profesor es generar ambientes de aprendizaje enriquecidos, en los que el estudiante no tenga otra oportunidad que aprender. El aprendizaje, si bien se potencia y es influenciado por la interacción con otras personas, es una experiencia profundamente personal. El aprendizaje no es una consecuencia natural de la enseñanza.

10

Para promover el aprendizaje, la información que captamos con nuestros cinco sentidos debe tener sentido (descifrable) y significado (integrable). El estudiante debe encontrar sentido y significado en lo que está aprendiendo.

## El contexto de aprendizaje

El contexto tiene un gran impacto sobre el aprendizaje. Por ejemplo, la realización de un número importante de ejercicios del mismo tipo, sobre un mismo contexto,

produce lo que se denomina sobre contextualización (NRC, 2000). En esta situación el estudiante tendrá dificultades adicionales para aplicar el conocimiento en contextos novedosos. Simplemente no tendrá información suficiente para generalizar lo aprendido.

Algo similar sucede cuando el contexto no es claro, cuando se busca que el estudiante aprenda algo sin contar con uno apropiado. Tendrá dificultad para encontrar significado, para realizar generalizaciones que le permitan transferir lo aprendido a otros contextos. La falta de éstos, como la sobrecontextualización tienen un efecto negativo en el aprendizaje.

11

El aprendizaje debe darse en contextos variados que le permitan al estudiante generalizar lo aprendido. Más que gran cantidad de ejercicios, contextos variados. No se busca entrenar a los estudiantes, sino generar comprensión y capacidad para utilizar el conocimiento flexiblemente en contextos novedosos.

## La práctica: autónoma pero guiada

Hemos visto que las demostraciones tienen poco impacto en el aprendizaje, mucho menor que el hacer por sí mismo la actividad. Esto podría llevar a pensar que es adecuado que los estudiantes desarrollen actividades autónomamente. Sin embargo, la investigación muestra que quien está aprendiendo requiere de una práctica guiada, en la cual el profesor lo puede apoyar, no indicándole lo que debe hacer sino formulándole preguntas que le permitan enfocarse en lo fundamental.

12

El estudiante debe aprender haciendo aquello que es objetivo mismo del aprendizaje, en el marco de actividades guiadas por el profesor al comienzo.

## La comprensión y la transferencia

No es fácil definir comprensión<sup>7</sup>, saber qué significa que alguien comprende algo. Una forma de responder es la dada por Perkins en Stone et al. (1998). Un conocimiento

<sup>7</sup> En la conocida taxonomía de Bloom, la comprensión se define de forma diferente: poder discutir, explicar, resumir, resaltar.

se comprende cuando el estudiante tiene la capacidad de utilizarlo en forma flexible, esto es, en contextos y problemáticas novedosos.

En otras palabras, Stone et al. (1998) relacionan comprensión con capacidad para transferir conocimiento. La transferencia de conocimiento hace referencia a utilizar lo aprendido en un contexto, en el marco de una problemática o contexto diferente [Sousa, 2006].

De lo mencionado antes, para un estudiante no es evidente lograr niveles de transferencia de conocimiento.

Un ejemplo corriente para ilustrar esta situación es la del curso de ecuaciones diferenciales. La mayoría de los estudiantes de ingeniería pasan por un curso de este tipo. Si lo han aprobado, la solución de una ecuación diferencial lineal de primer o segundo orden no debería ser un problema. En un curso posterior, en el desarrollo de un modelo matemático de un fenómeno físico, se llega a una ecuación diferencial. Los estudiantes tienen dificultad para trabajar con la ecuación, de hecho en reconocerla como tal o de solucionarla.

Esta situación puede deberse a un aprendizaje superficial. El estudiante seguramente hizo muchos ejercicios, pero finalmente se preparó sólo para pasar el examen, luego lo olvidó. Una segunda posibilidad es que el estudiante efectivamente trabajó el tema y lo recuerda, pero el contexto de aplicación es diferente, los problemas están planteados de otra forma.

13

Los procesos de transferencia de un conocimiento a contextos diferentes no son un fenómeno que se dé automáticamente, de hecho el poder hacerlo es una evidencia de comprensión importante. Para promover transferencia, el estudiante debe enfrentarse a contextos y problemáticas diferentes. En lugar de muchos ejercicios, pocos y en contextos diferentes, con una actividad de reflexión por parte del estudiante. Las lluvias de ideas sobre las posibilidades de aplicación del tema, el trabajo con analogías y la reflexión sobre lo que se está aprendiendo y cómo se está logrando, facilitan la transferencia.

## El aprendizaje deja huella

Cuando aprendemos no estamos llenando el cerebro de información como quien colma una biblioteca vacía o almacena información en la memoria de un computador. Ninguna de estas dos analogías, de uso no tan infrecuente, son buenas.

Una mejor analogía del cerebro son las redes neuronales artificiales (RNA), las cuales han resultado ser buenos modelos para predecir y comprender nuestro cerebro (Spitzer, 1999). De hecho se inspiraron en el funcionamiento de nuestro cerebro y la investigación científica las ha validado como modelos del mismo. Todo lo que aprendemos modifica nuestro cerebro, no sólo en las características y condiciones de la transmisión de una señal entre neuronas, como en el caso de las RNA, sino que además genera nuevas conexiones, modifica su topología. El aprendizaje no es una consecuencia natural de la enseñanza.

El fenómeno por el cual se produce fisiológicamente el aprendizaje no es simple y desborda la intención de este documento. Sin embargo, investigaciones han mostrado que NO toda actividad de enseñanza implica aprendizaje.

Actividades que involucran activamente a quien aprende, como discutir con otros, hacer, enseñar o aplicar, tienen una capacidad mayor de promover aprendizajes.

A menudo el profesor se limita a presentar un tema (habla y presenta), y a mostrarles a los estudiantes cómo resolver un ejercicio. Los estudiantes, por su parte, sustentan su actividad en leer (previamente) y en realizar algunos ejercicios. Podría mencionarse que esta última actividad sí debería producir resultados, pero normalmente el estudiante se enfrenta más a entrenarse en resolver ejercicios de libro, que en comprender los principios y conceptos que subyacen.

Como indica (Jensen, 2000): “Nuestro cerebro utiliza métodos de procesamiento paralelo. Lo que esto significa para el aprendizaje es que comprendemos tópicos complejos mejor cuando los experimentamos con entradas sensoriales ricas en oposición a simplemente escuchar o leer sobre el tema”.

14

Para que se produzca aprendizaje, esto es, modificación de nuestra red neuronal, el sujeto debe encontrarse suficientemente involucrado en la actividad propuesta y ésta debe ser relevante para el aprendizaje que se busca. Involucrar física, emocional e intelectualmente al estudiante en el objeto de estudio puede ser la clave.

## El paralelismo en el aprendizaje no existe

Si bien el cerebro funciona en paralelo y puede manejar muchas tareas simultáneamente, la investigación muestra que ello sólo es posible en tareas rutinarias que son bastante automáticas.

Cuando el cerebro se enfrenta a una tarea que requiere de su capacidad de procesamiento por no ser una actividad automática, el paralelismo no existe (Kahneman, 2013).

Por ello la idea de que las nuevas juventudes pueden aprender simultáneamente mientras juegan con los mensajes de texto, contestan correo, navegan, ven televisión, no tiene sustento en la evidencia empírica; todo lo contrario: las actividades que se llevan en paralelo con el aprendizaje y que no se relacionan con ésta, constituyen una fuerte interferencia al aprendizaje (Rosen, Lim, Carrier, & Cheever, 2011). Por ejemplo, las preocupaciones fundamentales como una situación económica o familiar problemática o el miedo a un profesor.

15

Un aprendizaje efectivo requiere del estudiante concentración y dedicación y no es compatible con otras actividades en paralelo como escribir, jugar con el celular, navegar por internet o trabajar en otras cosas sin relación con la actividad de aprendizaje.

Prohibir estas actividades en clase puede ser una tarea difícil y altamente impopular. Una mejor alternativa puede ser incluirlas.

## De lo simple a lo complejo, de lo fácil a lo difícil

El título de esta sección puede ser tomado como la regla de oro de todo profesor. Parece intuitivo proponer el aprendizaje de esta forma, pero nuevamente la intuición los engaña, al menos parcialmente.

Antes que nada es importante diferenciar complejo de difícil. Proponer actividades difíciles de realizar no implica abordar problemas complejos. En general, la realidad es compleja y el cerebro está diseñado para tratar con ella.

A menudo, el profesor descompone lo complejo en pequeños pedazos que trata secuencialmente. Luego, en cada uno de esos fragmentos aumenta progresivamente la dificultad. En esta estrategia, que suena de sentido común, el estudiante encuentra una gran dificultad para comprender lo que se quiere aprender y generar capacidad para transferir (Jensen, 2000). Adicionalmente, este enfoque resulta de poco significado para el estudiante que no logra ver el contexto global.

Una visualización de esta aproximación es una espiral, que navega desde el comienzo por el objeto de estudio complejo pero paulatinamente va subiendo en complejidad. Este camino difiere sustancialmente del descrito previamente.



Un examen de la propuesta de nuestro profesor de referencia parece indicar que igualmente cometería este error. Parece avanzar linealmente en el tema. Cada sección del texto la desarrolla proponiendo ejercicios desde los más fáciles a los más difíciles.

**16**

El aprendizaje se potencia cuando se confronta al estudiante desde el comienzo con el objeto de estudio que se quiere trabajar en toda su complejidad, comenzando con actividades fáciles hasta otras de mayor dificultad.

## Sin realimentación el aprendizaje no resulta

Tan importante como el diseño de las actividades de aprendizaje es el diseño de las actividades de evaluación. Evaluar no es simplemente calificar. Se podría afirmar incluso que no es calificar. Para aprender se requiere de realimentación.

Imaginarse una persona sin ningún tipo de realimentación o evaluación en un proceso de aprendizaje lleva rápidamente a la conclusión de que en estas condiciones es difícil aprender. El impacto de las evaluaciones en el aprendizaje ha sido estudiado en varios contextos. Una evaluación inadecuada produce efectos negativos, mientras que una apropiada potencia el aprendizaje (Assessment Reform Group, 2002; Harlen, 2002, 2004; National Research Council, 2003).

Igualmente, la evaluación es el currículo oculto. Para el estudiante finalmente lo que tiene valor es lo que se evalúa. Si la evaluación implica resolver ejercicios simplemente, eso aprenderá, a resolver ejercicios.

Por otro lado, cada evaluación debe contener pocos objetivos. Servir a múltiples objetivos con una prueba compromete el logro de todos (Pellegrino, Chudowsky, et al., 2001).

**17**

Para potenciar el aprendizaje el estudiante requiere saber cómo va con respecto a los objetivos. Necesita evaluarse. Las evaluaciones tienen que estar alineadas con los objetivos. Una evaluación del estudiante apoyada o guiada por el profesor responde a una evaluación formativa, la cual potencia el aprendizaje.

## Evaluando a menudo, calificando poco

Aún los profesores que han incorporado estrategias activas en su aula se pueden resistir a este principio: si no se califica el estudiante no trabaja. Una versión del siglo pasado de esta frase sería: la letra con sangre entra.

Esta afirmación se puede analizar desde dos perspectivas:

- Suponiendo que, efectivamente, recibimos estudiantes que sólo estudian bajo el garrote de la nota, ¿la solución es continuar motivando esta actitud inadecuada? ¿No se supone que estamos generando aprendices autónomos?
- ¿No será que tenemos que “obligar” con la nota a los estudiantes a realizar las tareas y trabajos, porque éstos no les son significativos? Es posible que los típicos ejercicios de entrenamiento no sean muy motivadores. ¿O lo son para nosotros más que un proyecto genuino en ingeniería?

La afirmación de que los estudiantes requieren una “motivación” con nota para que trabajen no deja de plantear grandes inquietudes.

18

Evaluar no implica calificar, calificar no implica evaluar. La evaluación llamada formativa debe ser frecuente. En cambio la evaluación con nota (o del aprendizaje) debe realizarse al final de un ciclo. Todo trabajo debe ser evaluado, no necesariamente calificado.

## Aprender a aprender o la metacognición

Es extraño que en clase nos detengamos para examinar con los estudiantes qué se ha aprendido y cómo por dos razones fundamentales:

- Para muchos profesores lo que se ha aprendido es lo que ellos han presentado. Si no lo saben en el parcial es que los estudiantes no estudiaron.
- Igualmente, para muchos profesores sobra la pregunta de cómo se ha aprendido, cuando éste ha definido qué aprender, cuándo aprenderlo y cómo. La libertad del estudiante para desarrollar estrategias de aprendizaje efectivas acordes con sus estilos de aprendizaje prácticamente no existe.

Cada vez se insiste más en la importancia de promover la metacognición. En palabras de (F. González, 1986):

Metacognición es un término que se usa para designar a una serie de operaciones, actividades y funciones cognoscitivas llevadas a cabo por una persona, mediante un conjunto interiorizado de mecanismos intelectuales que le permiten recabar, producir y evaluar información, a la vez que hacen posible que dicha persona pueda conocer, controlar y autorregular su propio funcionamiento intelectual.

En otras palabras, se trata de promover una reflexión explícita sobre lo que se ha aprendido y cómo se ha logrado.

En Campanario & Otero (2000), se presentan estrategias a utilizar en el aula para promover metacognición.

19

La metacognición, esto es, la reflexión sobre lo que se aprende y sobre cómo se aprende, debe ser una actividad recurrente promovida por el profesor.

## La educación virtual no es la solución a la calidad en la educación

A pesar de lo contrario e impopular que pueda parecer, la educación virtual, basada en las tecnologías de la información y las comunicaciones, no parece ser la solución a la educación de calidad, sino simplemente una herramienta más, poderosa pero herramienta, lo que no implica cambios de calidad, salvo que se haga un trabajo profundo en la didáctica de lo que se enseña, que tendría los mismos efectos sobre la calidad de una asignatura presencial o eventualmente mayores, debido a las oportunidades de interacción que brinda este formato. Después de un número importante de estudios, no se ha encontrado evidencia empírica que sustente que la modalidad virtual produce mejores aprendizajes que la presencial (Means, Toyama, Murphy, Bakia, & Jones, 2010).

20

Las herramientas ligadas a las tecnologías de la información y las comunicaciones no promueven necesariamente más aprendizajes. Lo que puede promover mayores aprendizajes es un diseño bien hecho, sea éste desarrollado en una asignatura presencial, virtual o mezclada.



## REFERENCIAS

---

- Abell, S., Rogers, M., Deborah, H., & Gagnon, M. (2009). Preparing the next generation of science teacher educators: a model for developing PCK for teaching science teachers. *Journal of Science Teacher Education - Springer*, 20.
- ABET. (2012). *Criteria for accrediting engineering programs*. Baltimore: ABET.
- Albert, B., Kenny, S., Booth, W., Glaser, M., Glassick, C., & Ikenberry, S. (2000). Reinventing undergraduate education: a blueprint for American's research universities: Boyer Commission.
- Altbach, P. (2007). Empires of knowledge and development. In P. Altbach & J. Balán (Eds.), *Transforming research universities in Asia and Latin America World Class Worldwide* (pp. 1-30). The United States of America: The Johns Hopkins University Press.
- Assessment Reform Group. (2002). *Assessment Beyond the black box: Assessment reform Group*.
- Aznar. (1995a). Didáctica-alecoop. From <http://www.monteria.gov.co/descargas/educacion/CAPITULOIII.pdf>.
- Aznar (producer). (1995b). Modelos de estudio de casos. Retrieved from <http://es.scribd.com/doc/3152275/ESTUDIO-DE-CASOS>.
- Ball, D., & Forzani, F. (2009). The work of teaching and the challenge for teacher education. *Journal of Teacher Education*, 60(5), 497-511.
- Bath, D., Smith, C., Stein, S., & Swann, R. (2004). Beyond mapping and embedding graduate attributes: Bringing together quality assurance and action learning to create a validated and living curriculum. *Higher Education Research and Development*, 23, 313-328.

- Beneitone, P., Esquetini, C., González, J., Marty, M., Siufi, G., & Wagenaar, R. (eds.). (2007). *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. Informe Final – Proyecto Tuning – América Latina 2004-2007*: Universidad de Deusto.
- Boyer, E. (1990). *Scholarship reconsidered: priorities of the professoriate*. New York: The Carnegie Foundation for the advancement of teaching.
- Brawner, C., Felder, R., Allen, R., & Brent, R. (2011). 1999-2000 SUCCEED Faculty Survey of Teaching Practices and Perceptions of Institutional Attitudes Toward Teaching: Succeed.
- Braxton, J. (2008). *The role of the classroom in college student persistence*. San Francisco: Jissey Bass.
- Brown, J., Collings, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Research*, 18(1), 32-42.
- Campanario, J. M., & Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(18), 155-169.
- Canada's Science Technology and Innovation System. (2011). *State of the Nation 2012*.
- Capllonch, M., & Castejón, F. (2007). La adquisición de competencias genéricas a través de una comunidad virtual de práctica y aprendizaje. In J. Rodríguez (ed.), *Comunidades virtuales de práctica y de aprendizaje. Revista Electrónica de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información* 8(3): Universidad de Salamanca.
- Celis, J. (2011). *Sistema de aseguramiento de la calidad de la educación superior: tendencias, retos y perspectivas*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Documento de circulación interna.
- Celis, J. (2013). *El futuro del sistema de aseguramiento de la calidad de la educación superior en Colombia: recomendaciones para su fortalecimiento*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

- Celis, J., & Guatame, P. (2003). La dinámica institucional, la sociabilidad y las prácticas escolares: un acercamiento metodológico desde la sociología. *Revista Colombiana de Sociología*, 21, 207-230.
- Chun, M. (2008). *Introducción a las pruebas de desempeño*. New York: Classroom Academy.
- CNA. (2006). *Autoevaluación con fines de acreditación de programas de pregrado*.
- CNA. (2013). *Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado*. Bogotá: CNA.
- Committee on Implementing Engineering Messages. (2013). *Messaging for engineering: from research to action*. Washington: National Academy of engineering of the National Academy.
- Committee on Public Understanding of Engineering Messages. (2008). *Changing the conversation: messages for improving public understanding of engineering*. National Academy of Engineering of the National Academies.
- Cottrell, S. A., & Jones, E. A. (2003). Researching the Scholarship of Teaching and Learning: An Analysis of Current Curriculum Practices. *Innovative Higher Education*, 27, 3, 169-181.
- Council of competitiveness. (2004). *Innovate America: Thriving in a World of Challenge and Change*, National Innovation Initiative.
- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. Unesco.
- DNP. (2011). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014*. Bogotá: DNP.
- Drummond, I., Nixon, I., & Wiltshire, J. (1998). Personal transferable skills in higher education: the problems of implementing good practice. *Quality Assurance in Education*, 6, 19-27.
- Duque, M., Celis, J., & Camacho, A. (2011). Cómo lograr alta calidad en la educación de los ingenieros: una visión sistémica. *Revista educación en ingeniería*, 6(12), 48-60.

Duque, M., Celis, J., & Celis, S. (2011). Desarrollo profesional docente de profesores de ingeniería: revisión y evolución de propuestas en algunas facultades de ingeniería en Colombia. In Montoya Juny, A.-M. Truscott & A. Mejía (eds.), *Educación para el siglo XXI: aportes del centro de investigación y formación en educación* (Vol. 2). Bogotá: CIFE, Universidad de los Andes.

Dwyer, C., Millett, C., & Payne, D. (2006). A Culture evidence: postsecondary assessment and learning outcomes: Educational Testing Service (ETS).

Education, C. f. e. i. H. (2003). Organisational learning and the future of higher education (Vol. Sheffield Hallam University).

González, F. (1986). Acerca de la metacognición. *Paradigma*, XIV.

González, J., & Wagenaar, R. (Eds.). (2006). *Tuning educational structures in Europe II*. Bilbao: Universidad de Deusto.

Gosling, D. (2009). Educational development in the UK: a complex and contradictory reality. *International Journal for Academic Development*, 14(1), 5-18.

Grossman, P., Hammerness, K., & McDonald, M. (2009). Redefining teaching, re-imagining teacher education. *Teachers and teaching: theory and practice*, 15(2), 273-289.

Harlen, W. (2002). *A systematic review of the impact of summative assessment and tests on students' motivation for learning* U. o. L. Institute of Education (ed.) Retrieved from [http://eppi.ioe.ac.uk/EPPIWeb/dl.aspx?Path=reel%5Creview\\_groups%5Cassessment%5Cass\\_rv1&FileName=ass\\_rv1](http://eppi.ioe.ac.uk/EPPIWeb/dl.aspx?Path=reel%5Creview_groups%5Cassessment%5Cass_rv1&FileName=ass_rv1).

Harlen, W. (2004). *A systematic review of the evidence of the impact on students, teachers and the curriculum of the process of using assessment by teachers for summative purposes* U. o. L. Institute of Education (Ed.) Retrieved from [http://eppi.ioe.ac.uk/EPPIWeb/dl.aspx?Path=reel/review\\_groups/assessment/ass\\_rv4&FileName=ass\\_rv4](http://eppi.ioe.ac.uk/EPPIWeb/dl.aspx?Path=reel/review_groups/assessment/ass_rv4&FileName=ass_rv4).

Hattie, J., & Marsch, H. (1996). The relationship between research and teaching: a meta-analysis. *Review of Educational*.

*Research in Science & Technological Education*, 66(4), 507-542.



- Herried, C. F. (1997). ¿What makes a good case? *Journal of College Science Teaching*.
- Hill, H., Rowan, B., & Ball, D. (2005). Effects of teacher' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research journal*, 42(2), 371-406.
- Hoepfl, M., & Lindstrom, M. (2007). *Assessment of Technology Education*. New York: Mac Graw Hill.
- Huber, M. T., & Hutchings, P. (2006). *The Advancement of Learning: Building the Teaching Commons*. California: The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.
- Hutchings, P., Huber, M. T., & Ciccone, A. (2011). *The Scholarship of Teaching and Learning Reconsidered: Institutional Integration and Impact*. California: The Carnegie Foundation of the Advancement of Teaching.
- Icfes. (2010). Colombia en PISA 2009. *Síntesis de resultados*. Bogotá: Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación.
- Icfes. (2013a). Estructura general del examen Saber Pro 2013, from <http://www.icfes.gov.co/examenes/saber-pro/informacion-general/estructura-general-del-examen>.
- Icfes. (2013b). Interpretación de los módulos 2012-2. 2013, from <http://www.icfesinteractivo.gov.co/resultadosSaberPro/individual/interpretacionModulos2012.htm>.
- Icfes. (2013c). *Módulo de comunicación escrita Saber Pro 2013-2* 2013
- Icfes. (2013d). *Módulo de competencias ciudadanas Saber Pro 2013-2*. Bogotá: Icfes.
- Icfes. (2013e). *Módulo de inglés Saber Pro 2013-2*. Bogotá: Icfes.
- Icfes. (2013f). *Módulo de lectura crítica Saber Pro 2013-2*. Bogotá: Icfes.
- Icfes. (2013g). *Módulo de razonamiento cuantitativo Saber Pro 2013-2*. Bogotá: Icfes.
- Jensen, E. (2000). *Brain-based learning: the new science of teaching & training*. Thousand Oaks: Corwin Press.
- Kahneman, D. (2013). *Thinking fast and slow*: Penguin Books.

- Koch, L. C., Holland, L. A., Price, D., González, L., Lieske, et al (2002). Engaging New Faculty in the Scholarship of Teaching. *Innovative Higher Education*, 27, 2.
- Kreber, C. (2002a). Controversy and Consensus on the Scholarship of Teaching. *Studies in Higher Education*, 27(2), 151-167.
- Kreber, C. (2002b). Teaching Excellence, Teaching Expertise, and the Scholarship of Teaching. *Innovative Higher Education*, 27, 1, 5-23.
- Kreber, C. (2003). The Scholarship of Teaching: A Comparison of Conceptions Held by Experts and Regular Academic Staff. *Higher Education*, 46, 1, 93-121.
- Kreber, C. (2013). Authenticity in and through teaching in higher education: *the transformative potential of the scholarship of teaching*: Taylor&Francis Group.
- Kreber, C., & Klampfleitner, M. (2013). Lecturers' and students' conceptions of authenticity in teaching and actual teacher actions and attributes students perceive as helpful. *Higher Education*, Online.
- Lawler, D., Cale, M., Rivas-Rodríguez, M., Seaholm, M., Speck, L., Powers, W., . . . Hillis, D. (2005). Report of the task force on curricular reform - The University of Texas in Austin. Austin: The University of Texas in Austin.
- Lawson, A. E. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 165-187.
- Lewis, C., & Tsuchida, I. (1998). A lesson is like a swiftly flowing river: how research lessons improve Japanese education. *American educator*, Winter.
- Loewenberg, D., Hoover, M., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: what makes it special? *Journal of teacher education*, 59(5), 389-407.
- MacGregor, K. (2014). Research Universities in Developing and Middle-Income Countries. *International Higher Education*(74), 4-6.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and knowledge for science teaching. In G.-n. J. & N. G. Lederman (eds.), *PCK and Science Education*. Netherlands.

- Marginson, S., & Considine, M. (2000). *The Enterprise University: power, governance and reinvention in Australia*: Cambridge University Press.
- Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., Bakia, M., & Jones, K. (2010). *Evaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: a Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies*: US Department of Education.
- Mignot Gerard, S. (2003). Who are the actors in the government of French universities?: The paradoxical victory of deliberative leadership. *Higher education*(45), 71-89.
- Ministerio de Educación Nacional. (1997). Serie de documentos de trabajo, "La evaluación en el aula y más allá de ella". Bogotá: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas. Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Decreto 3963 del 14 de octubre de 2009: por el cual se reglamenta el examen de estado de calidad de la educación superior, 3963 C.F.R. (2009).
- Ministerio de Educación Nacional, & The World Bank. (2012). *Reporte del uso del tiempo en el aula: evidencia para Colombia utilizando el método de observación de Stallings*. Washington: The World Bank.
- Mislevy, R., Almond, R., & Lukas, J. (2003). *A brief introduction to evidence-centered design*. Princeton: ETS.
- Mislevy, R., & Haertel, G. (2006). Implications of evidence centered design for educational testing. *Educational measurement: issues and practice*.
- Monereo, F. (2009). La autenticidad de la evaluación. In M. Castellón (ed.). *La evaluación auténtica en enseñanza secundaria y universitaria*. Barcelona: Edebé, Innova Universitat.
- Morin, E. (2000). *Les Sept Savoirs Nécessaires À L'éducation Du Futur*. Paris: Seuil.
- National Academy of Engineering, NRC. (2003). *The engineering 2020: vision of engineering in the new century*: NAP.

National Research Council (ed.). (2003). *Evaluating and improving undergraduate teaching in science, technology, engineering, and mathematics*.

Nicholls, G. (2002). *Developing teaching and learning in higher education (first ed.)*. New York: RoutledgeFalmer.

NRC, & Board of engineering Education. (1995). *Engineering education: design an adaptive system: NAP*.

NRC, & Committee on Engineer of 2020. (2005). *Educating the engineer of 2020: adapting engineering education to the new century*. Washington: NAP.

OECD. (2011, 23-24 May). *Education for innovation: the role of arts and STEM education: Workshop summary report*. Paper presented at the Workshop OECD, Paris.

Ogliastri, E. (1998). El método de casos. Serie de cartillas para el docente ICESI *Publicaciones del CREA: ICESI*.

Pajares, F. (1992). Teacher' beliefs and educational reserach: cleaning up a messy construct. *Review of Educational Reserach*, 62(3), 307-332.

Pellegrino, J., Chiudowsky, N., & Glaser, R. (Eds.). (2001). *Knowing what students know: the science and design of educational assessment*. Washington D.C.: National Academies Press.

Pellegrino, J., Chudowsky, N., & Glaser, R. (Eds.). (2001). *Knowing what students know: the science and design of educational assessment: the science and design of educational assessment*. Washington D.C.: National Academy Press (NAP).

Prince, M., Felder, R., & Brent, R. (2007). Does faculty research improve undergraduate teaching? An analysis of existing and potential synergies. *Journal of Engineering Education*, 96(4), 283-294.

Putman, R., & Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational research*, 29(1), 4-15.

Rosen, L., Lim, A., Carrier, M., & Cheever, N. (2011). An Empirical Examination of the Educational Impact of Text Message-Induced Task Switching in the Classroom: Educational Implications and Strategies to Enhance Learning. *Psicología Educativa*, 17(2), 163-177.

- Ruiz-Primo, M. A. (2007). Assessment in science and mathematics: lessons learned. In M. Hoepfl & M. Lindstrom (Eds.), *Assessment of technology education*. Chicago: Mc Graw Hill.
- Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2003). The definition and selection of key competences: executive Summary: OECD.
- Salmi, J. (2009). *The Challenge of Establishing World-Class Universities*. Washington: The World Bank.
- Sánchez, A., & Ruiz, M. (2011). Assessment of Generic Competencies: Principles, Opportunities and Limitations. 63(1), 147-170.
- Sánchez, M. D., Lacosta, I., & Fernández, R. (2008). Diseño de un caso para el estudio de las disoluciones en secundaria obligatoria. Retrieved 18-05-12, from [http://www.aufop.com/aufop/uploaded\\_files/articulos/1240783143.pdf](http://www.aufop.com/aufop/uploaded_files/articulos/1240783143.pdf).
- Savin-Baden, M. (2003). *Facilitating Problem-Based Learning. Illuminating Perspectives*. Glasgow: SRHE.
- Sen, A. (2000). *Development as freedom*. New York: Ancho Books.
- Shavelson, R. (2009). Chapter 10: learning assessment and accountability for higher education *measuring college learning responsibility: accountability in a new era*. Stanford: Stanford University Press.
- Shavelson, R. (2010). *Measuring College Learning Responsibly: Accountability in a New Era*. California: Stanford University Press.
- Shavelson, R., Ruiz-Primo, M. A., Li, M., & Cuauhtemoc, C. (2003). Evaluating new approaches to assessing learning. Los Angeles: National Center for research on evaluation, Standard and student testing, California University.
- Shepard, L. (2006). La evaluación en el aula. *Educational Measurement*.
- Sheppard, S., Macatangay, K., Colby, A., Sullivan, W., & Shulman, L. (2008). *Educating engineers: designing for the future of the field* Jossey-Bass.
- Sherin, M., & Van-Es, E. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. *Journal of Teacher Education*, 60(1), 20-37.

- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(4). doi: 10.3102/0013189X015002004
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1).
- Shulman, L. (1993). Teaching as community property: Putting an end to pedagogical solitude. *Research Library*, 25(6), 6.
- Shulman, L. (2004a). *Teaching as community property: Putting an end to pedagogical solitude*. Jossey-Bass.
- Shulman, L. (Ed.). (2004b). *Vision of the possible: models for Campus Support of the Scholarship of teaching and learning*. Indiana University Press.
- Snider-Lotz, T. G. (2002). *Designing and evidence-center assessment program*. Atlanta: G.A: Qwiz Inc.
- Sousa, D. (2006). *How the brain learns* (third ed.). Thousand Oaks: Corwin Press.
- Spitzer, M. (1999). *The mind within the net: models of learning, thinking, and acting* (second ed.): Massachusetts Institute of technology.
- Stake, R. (1998). *Investigación con estudio de casos*, Roc Filella (trd) (tercera edición ed.): Ediciones Morata.
- Stigler, J., & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: best ideas from the world's teachers for improving education in classroom*. New York: Free Press.
- Stone, M., Boix, V., Buchovecky, E., Dempsey, R., Gardner, et al (1998). *Teaching for understanding: linking research with practice*: Jossey-Bass publishers.
- Tammer, D. (2009). *Embrasse le ciel immense: le creveuau des génies*. Paris: Editions des arenes (Embracing the wide sky).
- The Royal Academy of Engineering. (2012). *Achieving excellence in engineering education: the ingredients of successful change*: The Royal Academy of Engineering, MIT.
- The task force on the future of american innovation. (2005). *The knowledge economy: is the United States losing its competitive edge?*

Wilson, S., & Berne, J. (1999). Teacher learning and the acquisition of professional knowledge: an examination of research on contemporary professional development. *Review of Research in Education, 24*, 173-209.

Zull, J. (2002). *The art of changing the brain: entiching the practice of teaching by exploring the biology of learning*: Stylus Publishing, LCC.

## Anexo A:

# Posibles indicadores de calidad en una institución de educación superior

## Procesos de formación de ingenieros

Afirmación	Evidencia
La institución cuenta con políticas, lineamientos y responsables de la revisión permanente de los programas (currículo, asignaturas, estrategias de enseñanza y de evaluación) reflejados en documentos institucionales publicados y conocidos ampliamente por los profesores.	Existen políticas, lineamientos y responsables para la actualización curricular permanente sustentada en la evaluación del impacto del currículo.
	Son documentos ampliamente conocidos dado que se capacita acerca de ellos y se hace seguimiento para que se conozcan. Existen evidencias documentales de estos procesos.
	El trabajo que hacen los profesores en la revisión permanente de programas es reconocido en los procesos de ascenso y evaluación de desempeño.
Estas políticas y lineamientos se aplican de forma sistemática en el marco de un sistema estructurado de mejoramiento curricular.	Se han definido indicadores de seguimiento a los resultados de los programas.
	Se tienen series de tiempo de estos indicadores para su seguimiento a lo largo del tiempo.
	Los ajustes curriculares que se hacen a los programas incluyen la estrategias de enseñanza.
	Los ajustes curriculares que se hacen a los programas incluyen revisión de los aprendizajes esperados.
	Los registros de las actividades realizadas reflejan una labor de referenciación con instituciones nacionales e internacionales.



Afirmación	Evidencia
<p>Se tiene una clara definición de resultados de aprendizaje esperados tanto del programa como de las asignaturas en un formato institucional respaldado en un documento de lineamientos. La expresión de estos resultados de aprendizaje se expresa en términos de desempeños observables y en consecuencia medibles.</p>	<p>Existen documentos institucionales con los resultados de aprendizaje esperados de cada asignatura.</p> <p>Los resultados de aprendizaje que se esperan se plantean como desempeños observables y en consecuencia evaluables.</p> <p>Se ha registrado la historia de la evolución de los resultados de aprendizaje esperados.</p>
<p>Existe un sistema de evaluación sustentado en lineamientos claros en términos de evaluación tanto formativa como sumativa.</p>	<p>Existen documentos que indican las modalidades del procesos de evaluación y su propósito.</p> <p>El proceso de evaluación propuesto presenta y diferencia las estrategias de evaluación formativa (para realimentar al estudiante) y sumativa (fundamentalmente para producir notas).</p> <p>Se tienen mecanismos para garantizar que se cuenta con mediciones válidas y confiables sobre el aprendizaje de los estudiantes que permita tomar decisiones curriculares.</p>

## Procesos de formación en docencia y evaluación de desempeño de profesores

Afirmación	Evidencia
<p>Existe un sistema para identificar y reconocer la docencia de calidad. El trabajo que el profesor hace por mejorar su docencia es ampliamente reconocido por la institución y su peso es al menos similar al de investigación.</p>	<p>Existencia de instrumentos para verificar la calidad de la enseñanza, diferentes o complementario de encuestas a estudiantes.</p>
	<p>Utilización efectiva de estos resultados en el proceso de evaluación de desempeño y ascenso del profesor.</p> <p>El peso de estos resultados es similar o superior al que se asigna a la investigación</p>
<p>Existe un sistema de selección y capacitación de profesores en enseñanza en ingeniería.</p>	<p>La selección de profesores examina la capacidad y la motivación para enseñar.</p>
	<p>Se cuenta con espacios de formación inicial de los profesores en enseñanza a cargo de expertos en educación en ingeniería (ingenieros o similares).</p>
	<p>Se cuenta con espacios de formación continua de los profesores en enseñanza a cargo de expertos en educación en ingeniería (ingenieros o similares).</p>
	<p>Se tiene un esquema institucional de acompañamiento de los profesores nuevos por parte de profesores “mentores” con experiencia en enseñanza de alta calidad.</p>
	<p>Tanto la capacitación inicial como la formación continua son requisitos fundamentales para la evaluación de desempeño y ascenso en el escalafón.</p>
<p>Existe un registro que permite conocer para cada profesor qué actividad ha tenido de capacitación en enseñanza de la ingeniería y los resultados en enseñanza expresados en al menos dos formas de aproximar la docencia de calidad.</p>	

Afirmación	Evidencia
<p>La institución cuenta con políticas, lineamientos y responsables para el proceso de planificación, medición, evaluación y divulgación de resultados del desempeño de los profesores y se aplican de forma sistemática con base en un sistema de aseguramiento de la calidad del programa.</p>	<p>Existen políticas, lineamientos y responsables del proceso de desempeño del profesor que están publicadas formalmente, son divulgadas y conocidas por los profesores.</p> <p>Está establecido: periodicidad, herramientas, procesos y responsables para la planificación, medición, evaluación y divulgación de resultados del desempeño del profesor.</p>
<p>Se tiene claramente definido el perfil del profesor requerido por el programa. La definición incluye aspectos que pueden ser observables y medibles con objetividad. Se cuenta con procesos transparentes y conocidos en la asignación de carga de los profesores.</p>	<p>Existen documentos institucionales conocidos con la definición del perfil requerido del profesor.</p> <p>Existen políticas, lineamientos y responsables del proceso de asignación de carga de trabajo académico, publicados formalmente, divulgados y conocidos por los profesores.</p> <p>El perfil establecido es revisado periódicamente con el objeto de ajustarlo a las necesidades del programa.</p>
<p>La institución ha definido una estrategia integral para la evaluación que articula las dimensiones del quehacer del profesor.</p>	<p>Se generan planes de mejoramiento a partir de los resultados de la evaluación</p> <p>Existen evidencias de los mejoramientos logrados, a partir del resultado de las evaluaciones.</p> <p>Existe un registro histórico del seguimiento a los resultados del desempeño para todos los profesores.</p>

## Procesos de acompañamiento a estudiantes

Afirmación	Evidencia
<p>La institución cuenta con políticas educativas que establecen directrices en las cuales se asumen compromisos con el mejoramiento de los procesos de formación de los estudiantes y la generación de programas que propenden a disminuir los indicadores de deserción y larga permanencia.</p>	<p>Existen programas de apoyo institucionalizados orientados a facilitar la transición de la educación media a la educación superior.</p>
	<p>Existen programas institucionalizados orientados a apoyar la trayectoria académica del estudiante hacia la graduación.</p>
	<p>La institución ejecuta programas de apoyo en la dimensión académica tales como: cursos de nivelación, tutorías, monitorías o cursos y actividades de refuerzo en el desarrollo de competencias.</p>
	<p>La actividad docente se encamina al manejo de estrategias que le permiten al estudiante mejorar sus habilidades de aprendizaje.</p>
	<p>Está institucionalizado un equipo de trabajo orientado a revisar factores y formular estrategias de acompañamiento académico estudiantil.</p>
<p>La institución realiza procesos de indagación para conocer las características individuales de los estudiantes al momento del ingreso.</p>	<p>La institución conoce las condiciones de ingreso del estudiante en las dimensiones social, económica, psicosocial y de salud física.</p>
	<p>Conoce el estado de desarrollo al ingreso de las competencias básicas del estudiante: matemáticas, ciencias, lectura y escritura.</p>
	<p>Identifica problemas de adaptación de los estudiantes en la transición de la educación media a la educación superior.</p>
	<p>Existe registro y análisis de la información obtenida para formular planes de acompañamiento.</p>

<b>Afirmación</b>	<b>Evidencia</b>
<p>La institución ejecuta programas y planes de acompañamiento que les facilitan a los estudiante culminar con solvencia sus programas académicos.</p>	<p>La institución ofrece becas, subsidios, estímulos económicos u otro tipo de apoyo financiero por participación en actividades curriculares, deportivas o culturales.</p> <p>La institución ejecuta programas de orientación vocacional y profesional para los estudiantes.</p> <p>La institución ejecuta programas de prevención y manejo de situaciones de salud mental o uso de sustancias psicoactivas.</p>
<p>El escenario institucional favorece las necesidades educativas y de aprendizaje del estudiante y el desarrollo de sus proyectos académicos.</p>	<p>La institución dispone de recursos tecnológicos, físicos, bibliográficos y laboratorios para atender a toda la población estudiantil.</p> <p>La institución dispone de canales de comunicación eficaces con los estudiantes para la divulgación de los procesos académicos y de los programas de apoyo estudiantil.</p> <p>Se promueven espacios de diálogo y reflexión entre profesores y estudiantes a través de programas de asesorías o consejerías.</p>



*Dime cómo enseñas y te diré qué tanto aprenden los estudiantes*, se terminó de imprimir en el mes de marzo de 2014, en los talleres de Opciones Gráficas Editores Ltda.  
Somos una empresa responsable con el ambiente.

