

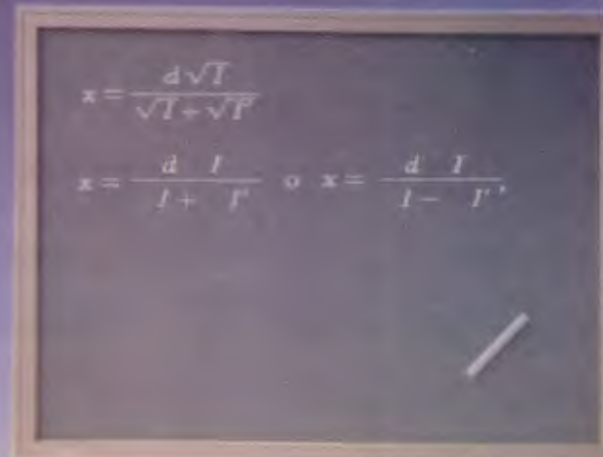
# *El Futuro de la Formación en Ingeniería*



XXIV Reunión Nacional  
de Facultades de Ingeniería



2004                      2005                      2006                      2007                      2008





# ACOFI

## Miembros Institucionales

# ACOFI



CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE IBAGÜE /Ibagué  
www.nevado.cui.edu.co



FUNDACIÓN UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COLOMBIA / Btá  
www.fuac.edu.co



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE/Cali  
www.cuao.edu.co



UNIVERSIDAD DE NARIÑO /Pasto  
www.udenar.edu.co



UNIVERSIDAD EL BOSQUE /Bogotá  
www.unbosque.edu.co



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA / Medellín  
www.unalmed.edu.co



CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA /Barranquilla  
www.cuc.edu.co



FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE BOYACÁ /Tunja  
www.uniboyaca.edu.co



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA / Bogotá  
www.ucatolica.edu.co



UNIVERSIDAD DE SANBUENAVENTURA / Bogotá  
www.usbbog.edu.co



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER /Cúcuta  
www.ufps.edu.co



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA / Tunja  
www.uptc.edu.co



CORPORACIÓN UNIVERSITARIA LASALLISTA/ Medellín  
www.lasallista.edu.co



FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA /Bogotá  
www.uamerica.edu.co



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA / Medellín  
www.udea.edu.co



UNIVERSIDAD DEL CAUCA /Popayán  
www.ucauca.edu.co



UNIVERSIDAD INCCA DE COLOMBIA / Bogotá  
www.unincca.edu.co



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA / Medellín  
www.upb.edu.co



CORPORACIÓN UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA / Bogotá  
www.unipiloto.edu.co



FUNDACIÓN UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO / Bogotá  
www.utadeo.edu.co



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA /Cartagena  
www.unicartagena.edu.co



UNIVERSIDAD DEL NORTE /Barranquilla  
www.uninorte.edu.co



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER /Bucaramanga  
www.uis.edu.co



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA / Bucaramanga  
www.upbga.edu.co



ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO /Btá  
www.escuelaing.edu.co



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA / Bogotá  
www.javeriana.edu.co



UNIVERSIDAD DE CALDAS / Manizales  
www.ucaldas.edu.co



UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO /Armenia  
www.uniquindio.edu.co



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA / Bogotá  
www.ugrancolombia.edu.co



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE AQUINO / Bogotá  
www.usta.edu.co



ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS/ Bogotá  
www.ean.edu.co



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA / Cali  
www.puj.edu.co



UNIVERSIDAD DE LA SALLE /Bogotá  
www.lasalle.edu.co



UNIVERSIDAD DEL TOLIMA /Ibagué  
www.ut.edu.co



UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA / Bogotá  
www.unilibre.edu.co



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA / Neiva  
www.usco.edu.co



ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA/ Medellín  
www.eia.edu.co



POLITÉCNICO COLOMBIANO "JAIME ISAZA CADAVID" /Medellín  
www.politecnicojic.edu.co



UNIVERSIDAD DE LA SABANA /Chía  
www.unisabana.edu.co



UNIVERSIDAD DEL VALLE /Cali  
www.univalle.edu.co



UNIVERSIDAD MARIANA / Pasto  
www.umariana.edu.co



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR / Cartagena  
www.unitecnologica.edu.co



ESCUELA MILITAR DE CADETES "JOSE MARIA CORDOVA" / Bogotá  
www.esmic.edu.co



POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO / Bogotá  
www.poligran.edu.co



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES /Bogotá  
www.uniandes.edu.co



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS / Btá  
www.udistrital.edu.co



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA / Bogotá  
www.umng.edu.co



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA / Pereira  
www.utp.edu.co



ESCUELA NAVAL DE CADETES "ALMIRANTE PADILLA"/ Cartagena  
www.escuelanaval.edu.co



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA /Bucaramanga  
www.unab.edu.co



UNIVERSIDAD DE MANIZALES /Manizales  
www.manizales.edu.co



UNIVERSIDAD EAFIT /Medellín  
www.eafit.edu.co



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA / Bogotá  
www.unal.edu.co



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCHÓ  
www.utch.edu.co



FUNDACIÓN UNIVERSIDAD AGRARIA DE COLOMBIA /Bogotá  
www.uniagraria.edu.co



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES /Manizales  
www.autonoma.edu.co



UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN /Medellín  
www.udem.edu.co

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE INGENIERÍA - ACOFI  
Edificios Camilo Torres Cra. 50 No. 27-70  
Bloque C Modulo 7 Piso 4  
Tels: (571) 221 9898 - 221 5438  
Fax: (571) 221 8826 Bogotá, Colombia  
E-mail: acofi@acofi.edu.co www.acofi.edu.co

ACOFI propende por el impulso y el mejoramiento de la calidad de las actividades de docencia, investigación y extensión en Ingeniería que desarrollan las Facultades y los Programas Académicos de Ingeniería del país.



ASOCIACIÓN COLOMBIANA  
DE FACULTADES DE INGENIERÍA

ACOFI

Asociación Colombiana

de Facultades de Ingeniería

Caracas, 20 de Septiembre de 1980

Caracas, 20 de Septiembre de 1980

Caracas, 20 de Septiembre de 1980

Caracas, 20 de Septiembre de 1980

Presidente

Ing. Roberto Enrique Martínez Villal

Caracas, 20 de Septiembre de 1980

Caracas, 20 de Septiembre de 1980



# *El Futuro de la Formación en Ingeniería*



## **XXIV Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería**



**Cartagena de Indias, Septiembre 22 a 24 de 2004**

# **ACOFI**

Asociación Colombiana

de Facultades de Ingeniería

Carrera 50 No. 27 – 70 Edificios Camilo Torres

Bloque C Módulo 7 Pisos 3 y 4

Teléfonos: 2215438 – 2219898 Fax: 2218826

Email: [acofi@acofi.edu.co](mailto:acofi@acofi.edu.co) <http://www.acofi.edu.co>

## **Presidente**

Ing. Roberto Enrique Montoya Villa

Decano Académico Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá

## **Vicepresidente**

Ing. Alberto Ocampo Valencia

Decano Facultad de Ingeniería Eléctrica –Universidad Tecnológica de Pereira

## **Consejeros:**

Ing. Germán Santos Granados

Rector, Escuela Colombiana de Ingeniería J. Garavito

Ing. Carlos Felipe Londoño A.

Rector, Escuela de Ingeniería de Antioquia

Ing. Luis Ildemar Bolaños A.

Decano Facultad de Ingeniería Civil, Universidad del Cauca

Ing. Javier Páez Saavedra

Decano División de Ingenierías, Universidad del Norte

Ing. Héctor Cadavid Ramírez

Decano Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle

Ing. Julio Estebán Colmenares M.

Decano Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia /Bogotá

Ing. Jairo A. Lopera Pérez

Decano Escuela de Ingeniería, Universidad Pontificia Bolivariana /Medellín

## **Director Ejecutivo:**

Ing. Eduardo Silva Sánchez

Profesor Titular Escuela Colombiana de Ingeniería

XXIV Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. “El Futuro de la Formación en Ingeniería”.

ISBN 958-680-049-0

Impreso Bogotá, Colombia por: Rojasebe Impresores Ltda.

Las opiniones expresadas en esta publicación son independientes y no reflejan, necesariamente, las de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI. Se permite reproducir el material publicado siempre que se reconozca la fuente.

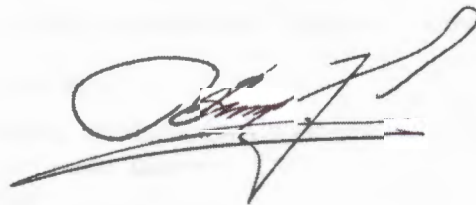
La publicación de estas memorias ha sido posible gracias al apoyo de la Universidad Tecnológica de Pereira y la empresa Infoenlace Ltda..

## Presentación

La XXIV Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería, realizada entre el 22 y 24 de septiembre de 2004, en la ciudad de Cartagena de Indias, abordó el tema “El Futuro de la Formación en Ingeniería”, considerando que la formación profesional en la actualidad se enfrenta a importantes retos como resultado de las transformaciones que se vienen produciendo a nivel global, en parte, caracterizadas por las exigencias crecientes de productividad y competitividad, globalización, desarrollo y difusión de nuevas tecnologías y conocimientos. En este contexto, para el desarrollo de la Reunión se tomaron como ejes temáticos las tendencias curriculares en la formación de los ingenieros, los sistemas de evaluación de conocimientos y competencias y el aseguramiento de la calidad de los programas.

La Reunión Nacional es el evento de mayor trascendencia para las Facultades de Ingeniería, toda vez, que es el resultado del trabajo de muchas personas, entre ellos, los profesores quienes desde sus ponencias enmarcadas dentro de los lineamientos propuestos reflejan el esfuerzo de la academia por reflexionar sobre estos temas. Así mismo, reconocemos el valioso aporte de los conferencistas e invitados nacionales y extranjeros, instituciones y empresas patrocinadoras y del personal administrativo involucrado. Agradecemos a todos ellos su colaboración y dedicación para hacer esto realidad.

ACOFI pone a disposición de los académicos, autoridades educativas y expertos esta publicación que recoge las principales ponencias presentadas para el evento, esperando que se convierta en documento de consulta para futuros análisis y sea de interés para la comunidad de Ingeniería.



Ing. Eduardo Silva Sánchez  
Directo Ejecutivo

## Tabla de Contenido

1.	Aprendizaje Colaborativo y Evaluación Formativa .....	1
	<i>Gabriel Ordóñez Plata, José Alejandro Amaya Palacio y César Antonio Duarte Gualdrón.</i> <i>Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga</i>	
2.	Aproximación a un Modelo de Competencias para la Formación de Ingenieros .....	7
	<i>María Eugenia Guerrero Useda y Guillermo Teuta Gómez.</i> <i>Universidad Católica de Colombia, Bogotá</i>	
3.	Autoevaluación, un Modelo de Excelencia Académica a Seguir por las Instituciones de Educación Superior. Caso: Programa de Ingeniería Industrial de Coruniversitaria .....	11
	<i>Carlos Antonio Meisel Donoso</i> <i>Coruniversitaria, Ibagué</i>	
4.	Carrera de Ingeniería Mecatrónica. Un Reto en la Interdisciplinariedad y la Flexibilidad .....	17
	<i>Ernesto Córdoba Nieto</i> <i>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá</i>	
5.	Comunidades Académicas Estudiantiles en Pregrado (Grupos de Investigación) .....	23
	<i>Ernesto Galeano Sánchez, Mario Alexander Carreño Salgado y Jorge Eduardo Piñeros</i> <i>Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira</i>	
6.	Creación de Ambientes de Investigación y Evaluación Alternativa en el Aula de Clase .....	27
	<i>William Rubio Riaño</i> <i>Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá</i>	
7.	Currículos Estructurados con Base en la Lógica y el Método de la Ingeniería .....	33
	<i>Rubén Darío Hernández y Lucía V. Ospina C.</i> <i>Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín</i>	
8.	Dilemas en la Formación y Evaluación por Competencias de los Ingenieros. Caso: Ingeniería Eléctrica .....	39
	<i>Alberto Ocampo Valencia y Róger Sepúlveda Fernández</i> <i>Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira</i>	
9.	Duración Nominal de las Carreras de Ingeniería en Colombia. Elementos para la Discusión .....	45
	<i>María Eugenia Muñoz Amariles</i> <i>Universidad Nacional de Colombia, Medellín</i>	
10.	El Aseguramiento de la Calidad de la Educación. Una Responsabilidad Colectiva .....	51
	<i>Gloria del Hierro Santa Cruz y Misael González Quintero</i> <i>Universidad La Gran Colombia, Bogotá</i>	
11.	El Futuro de la Educación en Ingeniería: Entre la Realidad y la Virtualidad .....	55
	<i>Asdrúbal Valencia Giraldo</i> <i>Universidad de Antioquia, Medellín</i>	
12.	El Papel de las Socio Humanísticas en la Transformación Curricular de los Programas de Ingeniería .....	61
	<i>Guillermo Restrepo G., Luis Fernando Mejía Vélez, Luz Dary Muñoz Ortiz, Carlos Mario Parra Mesa, Jaime Ochoa Ángel, Guillermo Restrepo González y Asdrúbal Valencia Giraldo</i> <i>Universidad de Antioquia, Medellín</i>	

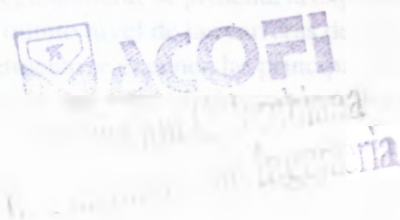
13. El Proyecto Integrador en Ingeniería. La Búsqueda de un Modelo de Evaluación por Competencias .....	67
<i>Henry Gaitán Gómez</i> <i>Universidad de San Buenaventura, Bogotá</i>	
14. El Rol del Reconocimiento en Ingeniería de Sistemas desde la Biología del Conocer: Reflexiones desde la Investigación al Aula de Clase .....	71
<i>Jorge Andrick Parra Valencia</i> <i>Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga</i>	
15. Elementos Básicos para la Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas desde una Orientación Sistémica .....	77
<i>Juan Guillermo Paniagua C. y Carlos Mario Uribe G.</i> <i>Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín</i>	
16. Enfoque de Competencias en la Formación de Ingenieros: Identificación y Evaluación .....	83
<i>María Eugenia Guerrero Useda y Diomedes Andrés Gómez Paternita</i> <i>Universidad Católica de Colombia, Bogotá</i>	
17. Enseñanza de la Física Integrando Teoría y Práctica .....	89
<i>Rocío Elejalde Álvarez</i> <i>Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín</i>	
18. Estructura Curricular del Proceso Formativo del Ingeniero de la Universidad de la Sabana .....	93
<i>Leonor Téllez Téllez, Ricardo Castillo Castillo, Josefina Gracia A. y Luis Alfredo Paipa G.</i> <i>Universidad de La Sabana, Chfá</i>	
19. Experiencia Evaluativa Basada en una Estrategia Pedagógica de Resolución de Problemas .....	97
<i>Dalton Moreno Girardot y Germán García Vera</i> <i>Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga</i>	
20. Flexibilidad Curricular Entendida como Métrica y como Calidad en los Programas de Ingeniería de la Universidad del Norte .....	101
<i>Amparo Camacho Díaz y Javier Páez Saavedra</i> <i>Universidad del Norte, Barranquilla</i>	
21. Formación de Ingenieros por Ciclos Propedéuticos. Experiencia de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas .....	105
<i>Dora Marcela Martínez Camargo, Iván Darío López Martínez, Germán Arturo López Martínez y Roberto Vergara Portela, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá</i>	
22. Formación del «Ingeniero del Agua». Un Diseño Curricular en Línea desde el Pregrado Hacia la Maestría y el Doctorado .....	111
<i>Nelson Obregón Neira. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá</i>	
23. Formación Nuclear Básica para Ingenieros que Impulsen el Desarrollo del País .....	117
<i>Carlos Rodríguez Lalinde</i> <i>Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín</i>	
24. Formar Ingenieros: Un Asunto de Tradición o de Ciencia .....	123
<i>José Tiberio Hernández, Bernardo Caicedo, Mauricio Duque, Rafael Gómez y Silvia Caro</i> <i>Universidad de los Andes, Bogotá</i>	
25. Fundamentación Teórica del Proyecto de Modernización Curricular de los Programas de Ingeniería de la Universidad del Norte .....	129
<i>Amparo Camacho Díaz y Javier Páez Saavedra</i> <i>Universidad del Norte, Barranquilla</i>	
26. GRACE: Una Metodología para Proyectos de Ingeniería .....	135
<i>Rafael Barros, John Alexander Rojas Montero, Luz Marina Sánchez Ayala y José Divitt Velosa</i> <i>Escuela de Administración de Negocios, Bogotá</i>	

27. Hacia una Estructura Curricular Flexible en la Educación en Ingeniería. Experiencias y Desafíos .....	141
<i>Beatriz Londoño Vélez</i> <i>Universidad Nacional de Colombia, Medellín</i>	
28. Identificación de Competencias Genéricas para Programas de Ingeniería desde el Análisis del Perfil Profesional .....	147
<i>Patricia Hernández Romero, Néstor Pedraza Colmenares y María Eugenia Guerrero Useda</i> <i>Pontificia Universidad Javeriana y Universidad Católica de Colombia, Bogotá</i>	
29. Impacto de Semillero de Investigadores en los Estudiantes de Ingeniería .....	151
<i>Diana Carolina Gil Arrieta</i> <i>Universidad del Norte, Barranquilla</i>	
30. Ingenicus .....	155
<i>Sandra Milena D'Hoyos Osorio y Piedad López Jiménez</i> <i>Corporación Universitaria del Sinú, Montería</i>	
31. La Evaluación desde la Empresa como Referente de la Calidad de la Educación Universitaria de la División de Ingenierías de la Universidad del Norte .....	159
<i>Katherine Sofía Palacio Salgar</i> <i>Universidad del Norte, Barranquilla</i>	
32. La Flexibilización de la Educación en Ingeniería en Colombia .....	165
<i>Antonio Mejía Umaña</i> <i>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá</i>	
33. La Flexibilización de la Oferta Académica. Mejora la Calidad de Aprendizaje .....	171
<i>Adalberto Gabriel Díaz, Universidad Eafit, Medellín</i>	
34. La Formación de Ingenieros: Reglas para el Diálogo entre la Academia y el Mercado .....	177
<i>Julio Cesar Cañón Rodríguez</i> <i>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá</i>	
35. La Investigación - Acción Participativa en la Enseñanza de la Ingeniería: Presentación de una Experiencia. ....	183
<i>Beatriz Nicholls Estrada, Jorge Iván Vélez Castiblanco y Gustavo Adolfo Villegas López</i> <i>Universidad Eafit, Medellín</i>	
36. La Práctica Profesional como un Espacio para el Desarrollo de la Formación Integral en Ingeniería. La Visión Empresarial .....	189
<i>Antonio José Sarmiento Novoa y Ana Ximena Halabi Echeverri</i> <i>Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá</i>	
37. Laboratorio Tele-Operado de Técnicas Digitales .....	195
<i>Sonia H. Contreras, Oscar Acevedo, Juan Carlos Martínez y Eduardo Gómez</i> <i>Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias</i>	
38. Las Auditorías Internas de Calidad y los Indicadores de Gestión Herramientas de Aplicación Exitosa en los Procesos de Gestión de la Calidad en los Programas de Ingeniería en la U.T.B. ....	201
<i>Martha Sofía Carrillo Landazábal y Roberto Gómez Fernández</i> <i>Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias</i>	
39. Las Ciencias Básicas y su Responsabilidad con la Ingeniería .....	207
<i>Edgar Alfonso López Rodríguez</i> <i>Universidad Católica de Colombia, Bogotá</i>	
40. Las Normas Guías: ISO IWA2, IRAM 30000, UNE-EN ISO-2000 como Herramientas para el CNA .....	213
<i>Carlos Alberto Buriticá Noreña, Fernando Orozco J., y Diego Franco B.</i> <i>Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira</i>	



41. Modelo de Autoevaluación y Autorregulación de la Universidad Tecnológica de Bolívar: Estrategias de Valor para un Mejoramiento Sistemático de Procesos .....	219
<i>Fabián Alfonso Gazabón Arrieta, Raúl José Padrón Carvajal</i> <i>Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias</i>	
42. Modelo de Gestión de la Calidad para los Laboratorios de Ingeniería en la UTB Simbiosis entre ISO y CNA .....	225
<i>Martha Sofía Carrillo Landazábal y Eduardo Gómez Vázquez</i> <i>Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias</i>	
43. Modelo Pedagógico Constructivista Aplicado sobre Tecnologías de Informática y Comunicaciones para Apoyar el Proceso de Enseñanza Aprendizaje Individual con Calidad .....	231
<i>José Márquez Díaz,</i> <i>Universidad del Norte, Barranquilla</i>	
44. Plataforma Virtual Empresarial UDES. Modelo de Aula para la Aplicación de Estrategias Metodológicas y Pedagógicas para el Aprendizaje Autónomo Continuo en Gestión Avanzada de Procesos del Conocimiento .....	235
<i>Luis Reina Villamizar y Guillermo Beltrán Dulcey</i> <i>Corporación Universitaria de Santander, Bucaramanga</i>	
45. Proceso Metodológico para Abordar Cambios en la Formación del Ingeniero .....	241
<i>Norma Lucía Botero Muñoz</i> <i>Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Medellín</i>	
46. Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana. Una Experiencia en Flexibilización .....	247
<i>Marisol Osorio Cárdenas</i> <i>Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín</i>	
47. Propuesta de Acción Pedagógica para la Formación en Ingeniería en el Tercer Milenio: Fase de Aplicación .....	253
<i>William Cuadrado Cano</i> <i>Escuela Naval Almirante Padilla, Cartagena de Indias</i>	
48. Propuesta de un Modelo de Evaluación en la Formación de Ingenieros de Sistemas .....	259
<i>Hilda Cristina Chaparro López, Germán Alberto Chavarro Flórez y José Hernando Hurtado Rojas</i> <i>Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá</i>	
49. ¿Qué no es Ingeniería y Qué no se Debe Flexibilizar? .....	265
<i>Ricardo Martínez Roza</i> <i>Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá</i>	
50. Rediseño de Cursos en Ingeniería: Una Respuesta al Sistema de Créditos Académicos .....	271
<i>Adriana María Giraldo Osorio y Mariela Rivero Carrillo</i> <i>Universidad Autónoma de Manizales, Manizales</i>	
51. Rediseño del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Norte .....	277
<i>María Gabriela Calle Torres</i> <i>Universidad del Norte, Barranquilla</i>	
52. Reforma Curricular en la Facultad de Ingeniería de la UNIMAG. «En Búsqueda de la Excelencia Académica» .....	283
<i>Hans Fritz van Heyl Cleves</i> <i>Universidad del Magdalena, Santa Marta</i>	
53. Reforma Curricular Escuela de Ingeniería Mecánica UIS: Formación Basada en el Objeto del Conocimiento y en la Estructura Conceptual y Funcional del Saber .....	289
<i>Adolfo León Arenas</i> <i>Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga</i>	

54. Retos del Aseguramiento de la Calidad de la Formación en los Programas de Ingeniería de la Universidad del Norte de Barranquilla .....	295
<i>Amparo Camacho Díaz y Mayilín Moreno Torres</i> <i>Universidad del Norte, Barranquilla</i>	
55. ¿Se Podrá Disminuir la Deserción Estudiantil Mejorando la Evaluación? .....	301
<i>Luis Ernesto Blanco Rivero</i> <i>Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá</i>	
56. Simulaciones de Procesos: Herramientas para Llevar la Complejidad de la Planta al Salón de Clase .....	309
<i>Marco E. Sanjuán</i> <i>Universidad del Norte, Barranquilla</i>	
57. Sistema de Evaluación de Proficiencias en Educación Superior - SERES - .....	315
<i>Adriana Llamasa Ardila, Sandro Castellanos, Andrés Guerrero, Lilianna Paola Pinilla, Lilia Castellanos, Judy Alexandra Gómez, Víctor Sánchez, María Isabel Benítez, Gerardo Latorre y Ricardo Llamasa Villalba</i> <i>Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga</i>	
58. Sistema de Gestión de Calidad para los Programas de Ingeniería .....	321
<i>Martha Lucía Pérez Urrego</i> <i>Coruniversitaria, Ibagué</i>	
59. Sistema Integral de Medición de la Gestión para el Mejoramiento Continuo de la Calidad en la Educación .....	325
<i>Andrea del Pilar Cortés Vuquero, Felipe Vega González y Fernando Cuartas Aguirre</i> <i>Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira</i>	
60. Software para la Gestión Académica de Programas de Educación Superior .....	331
<i>Luz Mayela Ramírez Orozco, Luz Stella Uricoechea Morales, Ramiro Merchán Patarroyo y Fernando Bermúdez</i> <i>Universidad Católica de Colombia, Bogotá</i>	
61. Tendencias en la Formación de los Ingenieros Mecánicos en Colombia .....	335
<i>María Eugenia Muñoz Amariles</i> <i>Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín</i>	
62. Un Objeto de Conocimiento Científico en Ingeniería Civil y su Significación Epistemológica y Pedagógica .....	343
<i>Ana Sofía Figueroa Infante y Carlos Ramiro Vallecilla Bahena</i> <i>Universidad Santo Tomás Sede Bogotá</i>	
63. Un Proceso de Apertura a Cambios Culturales a Partir de un Sistema de Créditos Académicos .....	349
<i>John Alexander Rojas Montero, Rafael J. Barrios B., Luz Marina Sánchez y José Divitt Velosa</i> <i>Escuela de Administración de Negocios, Bogotá</i>	
64. Validación de la Investigación “La Evaluación para el Desarrollo Organizacional como Soporte al Proceso de Aprendizaje de los Estudiantes Universitarios .....	355
<i>María Eugenia Torres Valdivieso</i> <i>Universidad Autónoma de Occidente, Cali</i>	



César A. Duarte Gualdrón

cedagua@uis.edu.co

Gabriel Ordóñez Plata

gaby@uis.edu.co

José A. Amaya Palacio

jaamaya@uis.edu.co

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Universidad Industrial de Santander

## Resumen

La **formación integral** se promueve incluyendo factores múltiples en la evaluación, que hacen referencia a los aprendizajes **cognitivos**, **actitudinales** y **procedimentales**. Comúnmente los estudiantes se centran en un conjunto de **procedimientos** y métodos que repiten al resolver problemas planteados y consideran esto únicamente como **formación**. La **evaluación** en la estrategia de aprendizaje colaborativo, permite potenciar habilidades cognitivas, comunicativas (debates sustentación y argumentación) y actitudinales (responsabilidad, solidaridad, interacción, **superación** de debilidades, logro de resultados, **compartir** conocimiento, mejoramiento continuo, autoevaluación permanente, etc).

En este **trabajo** se presenta una experiencia de aula donde se realiza el proceso enseñanza – aprendizaje aplicando el **aprendizaje** colaborativo.

## 1. Introducción

La **formación integral** se promueve al incluir factores múltiples en la evaluación, que hacen referencia a los aprendizajes **cognitivos**, **actitudinales** y **procedimentales**. Factores como el trabajo en grupo, la interdependencia positiva, la **responsabilidad**, la discusión y sometimiento a debates, etc; si a los estudiantes no se les exige o involucra en el desarrollo de competencias en el ámbito ético, es posible que ellos no logren una formación adecuada.

Lo **fundamental** en una formación integral es favorecer un papel activo de los estudiantes y es pertinente en la **realización** de un curso plantearse: ¿Quién está realizando procesos de análisis de elevado nivel intelectual en el curso?. ¿Quién está haciendo la **conceptualización**, la organización, la elaboración, la presentación, la síntesis y la **reconceptualización**?; si la respuesta es el profesor es necesario replantear la asignatura, son los estudiantes quienes están llamados a realizar el trabajo en sus cursos, asimismo si se indaga acerca de quién está más a gusto con el **desarrollo** de las clases, es obvio que los estudiantes deben estar disfrutando el proceso!!!.

La **evaluación** de acuerdo con los esquemas planteados en el aprendizaje colaborativo, favorece el desarrollo de **habilidades**, no sólo en el campo específico de la asignatura, sino también en el campo ético (**responsabilidad** y **solidaridad**), comunicativo (debates sustentación y argumentación), emocional (interdependencia positiva, **interacción** conducente a resultados, apoyo, ayuda mutua, superación de debilidades, logro de resultados, etc.) y **actitudinal** (compartir conocimiento, mejoramiento continuo, autoevaluación permanente, etc.).

En este **artículo** se presentan los elementos básicos del aprendizaje colaborativo en procura de aportar una **breve ilustración** sobre los pilares filosóficos que soportan esta metodología, seguidamente se presenta la experiencia en el aula de la asignatura “Tratamiento de señales” (programada para el quinto nivel de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Industrial de Santander) y finalmente se exponen las principales conclusiones de la **experiencia**, algunas dificultades afrontadas y recomendaciones para aportar elementos de formación integral en los **programas** de ingeniería a partir de replantear mecanismos de evaluación.

## 2. Elementos básicos del aprendizaje colaborativo

Para que una metodología adquiriera la connotación de colaborativa, es esencial que se den cinco elementos básicos [1], [2].

1. El primer elemento es la **interdependencia positiva**, considerada como la estrategia en la que los estudiantes asimilen que están entrelazados con otros en el sentido en que si algún miembro del grupo sale perjudicado, el grupo sale perjudicado y si cada miembro del grupo supera un objetivo es una superación de todo el grupo, esto es, *o todos ganan o todos pierden*.
2. El segundo elemento es que se **promueve la interacción cara a cara entre estudiantes**. Esta interacción cara a cara se da, cuando los estudiantes entre sí se ayudan, se asisten, se motivan y se colaboran en los esfuerzos de cada uno por aprender.
3. El tercer elemento es la **responsabilidad individual**, ejercida cuando se evalúa el desempeño de cada miembro del grupo y los resultados obtenidos permiten realimentar al grupo y al mismo individuo. Es fundamental que los miembros del grupo conozcan quienes requieren mayor asistencia para completar la labor asignada y que no puedan perjudicar el trabajo de los otros.
4. El cuarto elemento es la **formación social**, los grupos no pueden funcionar efectivamente si los estudiantes no tienen o ejercen el liderazgo, la toma de decisiones, construcción de verdades, la comunicación y el manejo de conflictos. Estos elementos de formación deben tomarse completamente como propósitos académicos.
5. El quinto elemento lo constituye el **proceso grupal**, determinado por el aseguramiento de que los grupos trabajen como tal, alcanzando sus metas y manteniendo una relación efectiva de trabajo entre sus miembros.

Estos elementos diferencian los grupos de aprendizaje colaborativo de los grupos de trabajo tradicional.

La estructura de enseñanza colaborativa posibilita el trabajo conjunto de los estudiantes para maximizar el aprendizaje propio y el del otro. Los estudiantes trabajan juntos para lograr propósitos compartidos o metas comunes, interactúan entre sí de una forma más coordinada y se establecen vínculos sociales más estrechos entre los estudiantes y entre éstos y el profesor, se evidencia en forma más concreta el concepto de trabajo en grupo.

## 3. Experiencia en el aula

Una vez establecidos los parámetros más importantes del aprendizaje colaborativo, se presentará la experiencia que se ha tenido en el aula y concretamente en una asignatura del ciclo básico profesional de las ingenierías Eléctrica y Electrónica: Tratamiento de Señales. Esta asignatura está programada en el sexto semestre de estas dos carreras de ingenierías y se considera fundamental para los futuros profesionales.

Aunque para los estudiantes y profesores el objetivo fundamental en todas las asignaturas debería ser el proceso de enseñanza y de aprendizaje, desafortunadamente en la mayoría de las universidades el objetivo central se encuentra en la calificación (nota), por este motivo es necesario involucrar en el proceso de evaluación la nota para que los estudiantes se comprometan con la metodología del aprendizaje colaborativo.

La estrategia metodológica se estructura desde el inicio del semestre y tiene en cuenta diferentes actividades.

Al inicio del curso se realizan las siguientes actividades:

1. El profesor presenta la metodología que se seguirá en el curso y analiza con los estudiantes los aspectos que se tendrán en cuenta para su formación, motivándolos para que participen activamente y tengan como objetivo principal el aprendizaje en lugar de la nota.
2. Se realiza una evaluación diagnóstica. Esta evaluación pretende establecer si los estudiantes han asimilado los conceptos previos, fundamentales para el desarrollo de la asignatura. La prueba se realiza la primera semana de clase y posteriormente debe ser resuelta por cada uno de los grupos (primer trabajo cooperativo). Hasta

- este año esta prueba hay que repetirla porque la mayoría de los estudiantes (95%) no la aprueban inicialmente.
3. Se divide el grupo en subgrupos de tres estudiantes cada uno (la selección de los estudiantes de cada uno de los subgrupos la realiza el profesor de forma aleatoria).

El otro aspecto que se da a conocer al inicio del curso es cómo se ponderarán las diferentes actividades que se realizarán para evaluar el proceso de aprendizaje en la asignatura. En la cuantificación de la evaluación del curso se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- |                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| a) 3 Evaluaciones parciales | 40% – 60% |
| b) Evaluación acumulativa   | 20% – 40% |
| c) Actividad de clase       | 10%       |
| d) Actividad de laboratorio | 10%       |

Entre las actividades de clase están las siguientes: en la primera clase de cada semana una relatoría escrita con el resumen de las actividades realizadas en el aula durante la semana anterior, en las demás clases se realiza inicialmente la realimentación de la clase anterior, luego se presenta el tema de la clase con los ejemplos correspondientes al tema y finalmente se realiza una actividad de grupo (talleres, discusión de problemas, realización de deducciones).

Como actividad de refuerzo se realizan prácticas de laboratorio en la cual los grupos desarrollan una guía previamente establecida; además, de estas guías los grupos deben desarrollar un proyecto dividido en tres etapas, en el cual simularán en el computador los diferentes procesamientos de la señal que se estudian en el curso. Estos proyectos permiten a los estudiantes diseñar una herramienta sencilla que posibilita realizar el modelado y la simulación de señales y sistemas.

El porcentaje de los tres exámenes junto con el del examen final corresponde al 80% de la nota definitiva del curso.

La calificación individual de cada uno de los tres primeros exámenes se obtiene teniendo en cuenta dos evaluaciones:

1. La evaluación escrita e individual de duración dos horas
2. La sustentación del grupo de la evaluación escrita la cual se realiza la semana siguiente a la presentación del mismo.

La nota de estos tres exámenes tiene en cuenta el trabajo colaborativo y su obtención se hace de la siguiente forma:

Primero, se obtiene la nota individual de cada estudiante teniendo en cuenta su nota en el examen escrito y promedio de las notas de los tres integrantes del grupo:

**Nota individual =  $0,8*(\text{Nota examen escrito}) + 0,2*(\text{promedio de notas exámenes escritos del subgrupo})$**

Una vez obtenida la nota individual de cada uno de los estudiantes, la cuantificación de la evaluación se obtiene a partir de la nota individual y de la sustentación de la evaluación así:

**Nota del examen =  $0,8*(\text{Nota individual}) + 0,2*(\text{sustentación del examen})$**

A la nota del examen se le suma una décima (0,1) si todos los integrantes de un grupo tienen una nota individual en la evaluación escrita superior o igual a tres (3,0). La nota del cuarto examen es la nota individual de cada uno de los estudiantes.

En la sustentación del tema evaluado se aplican diferentes metodologías de evaluación. La nota de esta sustentación tiene cuatro componentes:

1. La calificación de la solución del tema propuesto en el examen escrito, la cual tiene que ser realizada por el grupo (esta prueba es evaluada por el profesor), así como un ensayo que deben presentar los grupos sobre aspectos históricos relacionados con los tópicos de la asignatura.
2. La calificación dada por el profesor en el proceso de sustentación realizado por el grupo o grupos.
3. La calificación de autoevaluación de cada uno de los grupos.
4. La calificación de coevaluación que cada uno de los grupos participantes en el proceso le asigna a otros grupos.

El porcentaje asignado a cada componente se realiza mediante concertación entre el docente y los estudiantes antes de comenzar el proceso de sustentación, así como los factores que se tendrán en cuenta para evaluar este proceso y establecer las diferentes calificaciones.

El proceso de sustentación tiene una duración de una hora y lo que se busca con él es que los estudiantes conceptualicen en otro entorno los temas propuestos en el examen y encuentren y corrijan las falencias que tuvieron en la realización del mismo. Además, durante la realización de la sustentación los estudiantes tienen la posibilidad de desarrollar otras competencias importantes y necesarias en su formación profesional, como la argumentación verbal (la realización de preguntas, la respuesta a preguntas), la evaluación de su proceso de aprendizaje y el de sus compañeros entre otras.

En este proceso los estudiantes tienen que asumir diferentes roles, es decir alguno de ellos representa al grupo y asume la posición de evaluado, mientras que los demás compañeros se desempeñan como evaluadores de los demás grupos (coevaluación). En este escenario se busca que el estudiante asuma su responsabilidad en el proceso de aprendizaje y sea capaz de argumentar las razones o causas de los conceptos fundamentales que ha estudiado ya que esto es un elemento fundamental en el proceso de aprendizaje.

La evaluación acumulativa puede tener un porcentaje desde el 20% al 40% de la nota final según lo decida el estudiante. De esta forma es posible revalorar el aprendizaje de conceptos en los cuales pueda haber fallado en las tres evaluaciones anteriores, esto es adecuado en esta asignatura en particular, porque los conceptos estudiados se encuentran estrechamente relacionados e integrados desde el inicio hasta el final del curso.

#### **4. Instrumentos de análisis**

Con el fin de retroalimentar el proceso de formación, se realizan continuamente sesiones de autoevaluación para reorganizar y direccionar si es necesario el rumbo de las actividades, también se realizó durante el primer semestre del 2004 una encuesta en la que participaron 56 estudiantes que estaban cursando la asignatura; se presentan los resultados de esta encuesta por que se consideran globales al desarrollo del curso y resumen en gran medida los alcances e inconvenientes presentados.

- a) Conocimiento de la estrategia pedagógica.  
El 83,8 % de los encuestados considera que conocen adecuadamente la estrategia.
- b) Correspondencia entre la metodología y contenidos.  
El 91 % afirma que existe alta correspondencia.
- c) Eficacia de la estrategia utilizada.  
El 69,7 % considera eficaz la estrategia implementada.
- d) Motivación por las actividades que se desarrollan en el curso.  
El 71 % se siente motivado por las actividades que se desarrollan.
- e) La calidad de los materiales de apoyo pedagógico.  
El 76,8 % concuerdan en que la calidad de los materiales de apoyo es la adecuada.
- f) Estrategias de seguimiento utilizadas por los docentes para verificar el desempeño académico de los estudiantes.  
El 60,7 % estima que las actividades de seguimiento son buenas.

### 3. Conclusiones

Con esta metodología de enseñanza-aprendizaje se fomenta el trabajo cooperativo entre los estudiantes y se logra que ellos asuman un papel protagónico en este proceso, lo que finalmente favorece que ellos tengan como prioridad el aprendizaje por encima de la calificación (nota).

Otro aspecto importante de esta metodología es que en la evaluación del proceso se tienen en cuenta otros elementos de juicio adicionales a la prueba escrita, tales como: la argumentación, la elaboración de escritos sobre temas relacionados con el objeto del conocimiento. Adicionalmente, los estudiantes deben concertar entre ellos, bajo la coordinación del profesor, la ponderación de los elementos de juicio que se tendrán en cuenta para valorar el proceso de realimentación de la prueba escrita y posteriormente emitir estos juicios tanto en la evaluación de sus pares (coevaluación) como en la autoevaluación.

Las relatorías semanales permiten que los estudiantes escriban sobre aspectos técnicos pensando en que los mismos deben ser realizados de tal forma que los entiendan sus pares (estudiantes de la misma profesión) así como estudiantes de otras profesiones.

Considerando que el conocimiento es un bien social, con esta metodología se logra que los estudiantes sean solidarios en su proceso de aprendizaje con sus pares con el objetivo final de que todos los actores del proceso crezcan en el mismo.

La selección de forma aleatoria de los subgrupos, da la oportunidad a los estudiantes de establecer relaciones con compañeros del curso y de la carrera que bajo otras circunstancias y esquemas seguramente no se darían. Algunas veces esta selección hace que se presenten conflictos entre los integrantes del grupo, aspecto que es positivo porque la solución de estos conflictos permite el crecimiento en cuanto al SABER SER de cada uno de ellos.

Como todas las metodologías, el aprendizaje colaborativo no es la panacea para todos los problemas que se presentan en el proceso enseñanza-aprendizaje, pero es una buena estrategia para desarrollar en los estudiantes algunas de las competencias relacionadas con aspectos actitudinales, fundamentales para su desempeño profesional y su vida en sociedad.

Una de las razones que algunos docentes y estudiantes esgrimen para no estar de acuerdo con las metodologías que buscan fomentar la formación integral, es que la calidad académica, vista como la importancia del saber en una disciplina, se puede desmejorar cuando se valoran otros aspectos adicionales al conocimiento, lo cual no es cierto, ya que en estos procesos la exigencia es a veces superior para estudiantes y profesores.

Otro aspecto que dificulta la aplicación de la estrategia de aprendizaje colaborativo es la estructura organizativa y académica en la institución que tiene que ver con el número de estudiantes por curso y la reglamentación en torno a la calificación (nota), la cual se centra primordialmente en las pruebas escritas como evidencia de aprendizaje y en determinados tiempos y espacios.

No obstante las dificultades que se han presentado en la implementación de esta estrategia, el 70% (en promedio) de los estudiantes manifiestan en las encuestas de opinión una motivación adecuada hacia las actividades contempladas en el desarrollo de la estrategia y reconocen la importancia de ésta y su efectividad en el proceso de formación.

### 5. Bibliografía

1. JOHNSON, David W., JOHNSON Roger T, y SMITH, Karl A. *Active Learning: Cooperation in the College Classroom*". Interaction Book Company. 1991. 300p.
2. JOHNSON, David W., JOHNSON Roger T, y HOLUBEC, Edythe J. *El aprendizaje cooperativo en el aula*". Paidós. c1999. Buenos Aires. 146 p.

3. RAMSDEN, Paul. *Learning to teach in Higher Education*. 1992. London, New York: Routledge. 290 p.
4. AEBLI, Hans. *Factores de la enseñanza que favorecen el aprendizaje autónomo*, 1998, Madrid: Narcea, 3ed., 365p.
5. POZO, Juan Ignacio y MONEREO, Carles. *El aprendizaje estratégico*. 1999, Madrid: Aula XXI / Santillana, 404 p.



# Aproximación a un Modelo de Competencias para la Formación de Ingenieros

Guillermo Teuta Gómez<sup>1</sup>, Escuela Colombiana de Ingeniería  
María Eugenia Guerrero Useda<sup>2</sup>, Universidad Católica de Colombia



## Resumen

Las nuevas economías caracterizadas por la globalización, la competitividad y la productividad demandan profesionales capaces de relacionarse y desempeñarse en equipos multiculturales, preparados para adecuarse a escenarios cambiantes y abiertos al aprendizaje continuo. El ingeniero en su desempeño se enfrenta a la toma de decisiones no estructuradas, que deben alinearse con las estrategias organizacionales y que impactan grupos humanos, aspectos que involucran competencias específicas. En este contexto, se hace necesario valorar la eficacia tanto de los modelos de formación centrados en el aprendizaje de contenidos teóricos, como los modelos de formación por competencias. El documento plantea la necesidad de trabajar en el diseño de modelos de formación de ingenieros que sin perder de vista las demandas del medio, garanticen la idoneidad de los egresados para el ejercicio profesional.

**Palabras Clave:** Formación y Evaluación por Competencias, Sistemas de Evaluación de la Formación.

## 1. Introducción

El nuevo contexto mundial, centrado en la globalización, la competitividad y la productividad, demanda profesionales capaces de relacionarse y desempeñarse en equipos multiculturales, preparados para adecuarse a escenarios cambiantes, y abiertos al aprendizaje continuo. Ante estas demandas se reconoce que los diplomas por sí solos no evidencian idoneidad profesional, que las instituciones de educación superior deben estar atentas a las señales del mercado laboral, para derivar de éstas el abanico de competencias que se demandan para sus egresados y, que se deben implementar evaluaciones censales para valorar la pertinencia de la formación. Esta condición ha generado dos tensiones, la primera entre “mercado laboral y perfil profesional” y la segunda entre “evaluación censal y enfoque curricular”.

Para responder a las tensiones mencionadas anteriormente desde varios ámbitos, se está proponiendo la adopción de un enfoque curricular por competencias para los programas de ingeniería. En este trabajo no trataremos sobre la pertinencia de esta opción. Aunque consideramos que las competencias constituyen uno de los elementos que deben delimitar el perfil de formación del ingeniero, y en consecuencia uno de los aspectos a desarrollar y a evaluar, cabe anotar que la idoneidad para el desempeño de esta profesión no se garantiza simplemente con el desarrollo de competencias identificadas de las demandas del mercado laboral.

Queda planteado entonces el problema de definir un modelo de formación de ingenieros que sin perder de vista las competencias para el ejercicio profesional, garantice una formación integral para el desempeño en tareas que posiblemente no se evidencian en el análisis del mercado. Como parte de esta problemática, se está en mora de definir un modelo conceptual y procedimental que permita la inclusión de las competencias a los currículos de ingeniería, sin que esto implique la exclusión de otras categorías o propósitos de formación. El trabajo presentado aproxima un modelo de competencias para la formación de ingenieros, centrando su aporte en las tensiones “mercado laboral - perfil profesional” y “evaluación - enfoque curricular”. Para hacerlo, inicialmente caracterizaremos el contexto actual y luego abordaremos el tema del currículo.

<sup>1</sup> Magister en Ingeniería y Especialista en Telecomunicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana, Ingeniero Electrónico de la Universidad de Antioquia. Docente Investigador del Centro de Estudios de Telemática de la Escuela Colombiana de Ingeniería. [gteuta@escuelaing.edu.co](mailto:gteuta@escuelaing.edu.co)  
<sup>2</sup> Ph.D. en Ciencias Físicas y Matemáticas, Investigador del Centro de Investigación y Desarrollo Académico (CIDEA), Directora de Investigaciones de la Universidad Católica de Colombia. [mguerrero@ucatolica.edu.co](mailto:mguerrero@ucatolica.edu.co)

## 2. Globalización, competitividad y cambio tecnológico

Las economías mundiales han tenido que afrontar la realidad de la “globalización” como quien se aventura a una larga travesía en un mar de corrientes casi desconocidas. La aldea de Mac Luhan se hizo realidad a través de fenómenos claramente identificados. En primer lugar, un amplio desarrollo y masificación de las tecnologías de la información y la comunicación, que han borrado las fronteras de espacio, tiempo y cultura. En segundo lugar, el fenómeno así descrito por Utria (2002) “el sistema de presiones económicas y políticas por parte de los grandes poderes económicos y los organismos financieros multilaterales sobre los países y sus gobiernos para que éstos dismantelen el Estado, derrumben las barreras aduaneras, dejen ingresar y actuar libremente las corrientes de capital privado transnacional, dismantelen el aparato productivo nacional, privaticen las empresas de servicios públicos e infraestructura, sustituyan los productos locales por los importados, saquen al exterior los capitales nacionales, acepten el consumismo como medio y motor del desarrollo económicos, y muchas otras acciones en contra de los intereses nacionales”. En este marco, Bruner atinó en el 2001 al anotar que, “la extensión, intensidad, velocidad e impacto que adquieren los flujos, interacciones y redes globales obligan a todos los países a replantearse el vínculo entre educación y política, economía, sociedad y cultura”. Los otros dos temas que están a la orden del día, son el de la competitividad, la cual está fuertemente correlacionada con la calidad de la educación que reciben los ciudadanos, y el del cambio tecnológico, el cual será una utopía de no elevar los niveles de alfabetización científica y tecnológica de nuestros ciudadanos, y las competencias científicas y tecnológicas de nuestros profesionales.

## 3. Las competencias y el currículo

Abordamos ahora el tema de la tensión generada entre las competencias y la opción curricular de los programas de formación de ingenieros. Partimos del hecho de que el reconocimiento del carácter complejo del contexto y la ventaja competitiva que dará recibir una formación que garantice idoneidad profesional, no debería desembocar necesariamente en una opción curricular por competencias, como se pretende imponer desde algunas instancias

La opción curricular por competencias ha sido validada ampliamente en el área de la formación laboral, al responder adecuadamente a un requerimiento de formación para el desempeño en puesto de trabajo plenamente caracterizado. Aquí se han validado igualmente métodos de diseño curricular que abordan todos los momentos de la formación, no obstante pretender trasladar estos métodos al diseño de currículos para la formación de ingenieros implicaría una trivialización tanto de los currículos, como de los perfiles de los egresados de dichos programas.

En todos los campos se requieren profesionales competentes para el abordaje de problemas cuya resolución demanda una sólida fundamentación teórica y metodológica, la cual no se obtiene con la simple práctica y la improvisación. Por lo tanto, la función principal de los programas profesionalizantes es ofrecer a la sociedad graduados con conocimientos teóricos y tecnológicos sistemáticos, más allá de las experiencias y competencias prácticas (BID, 1997). Las titulaciones profesionales de ingeniería, no están exentas de esta condición. Por el contrario, el abordaje de tareas tales como el diseño de túneles, aeronaves, dispositivos electrónicos, sistemas de información o plantas de producción, requieren de profesionales que fundamentados en la ciencia y la tecnología diseñen e implementen soluciones pertinentes a problemas de tipo complejo.

De otra parte es válido exigir a todo proyecto de formación profesional la explicitación y caracterización de las competencias que identificarán a sus egresados y la sustentación de las condiciones que garantizarán una formación competitiva para la vida. Si bien las especificaciones precisas variarán según las sociedades, es claro que se requiere mayor flexibilidad y atención a las características personales del estudiante, la potenciación de las capacidades cognitivas, el desarrollo de habilidades para trabajar junto a otros y comunicarse en ambientes laborales crecientemente tecnificados, destrezas bien desarrolladas de lectura y computación, iniciativa personal y disposición a asumir responsabilidades. Es decir, todo lo opuesto de aquello que busca la educación masiva y estandarizada. A la luz de estas nuevas expectativas, también el currículo formativo, los métodos de enseñanza y aprendizaje, los soportes técnicos de la educación deberán reinventarse. Incluso hay quienes propugnan ya que la formación básica se estructure no en torno a las tradicionales áreas y “materias”, sino a “temas” o “asuntos” y a las comp

encias necesarias para una sociedad donde los propios conceptos de trabajo, empleo y tiempo libre están cambiando rápidamente.

Lo que es claro, es que las unidades de formación de ingenieros están recibiendo múltiples tensiones y demandas, que requieren ser reflexionadas y analizadas, para dar respuestas pertinentes y atinadas, válidas no sólo en el corto plazo, sino en el largo plazo. Recordemos que la universidad debe pensar la sociedad a largo plazo. Una propuesta para el diseño de estrategias que garanticen la formación para desempeños comprensivos es el denominado enfoque de formación por competencias, el cual forzado por la política evaluativa del último decenio se ha incorporando al discurso educativo nacional, sin llegar aún a transformar las prácticas de formación. En efecto, hoy es claro que el término competencia se utiliza indistintamente en el ámbito educativo sin hacer mayor reflexión sobre sus implicaciones.

#### 4. Propuesta para la formación de ingenieros desde el enfoque de competencias

La propuesta que se propone es la siguiente. Trabajar en la identificación y desarrollo de tres tipos de competencias: básicas, genéricas y específicas. Dentro de las competencias genéricas se propone por lo menos trabajar sobre las siguientes:

- Competencias para la Ciencia y la tecnología,
- Competencias comunicacionales,
- Competencias en el manejo de las tecnologías de la información y comunicación,
- Competencias organizacionales,
- Competencias sociales referidas a la capacidad para relacionarse con el mundo exterior, y
- Competencias para la resolución de problemas.

Las cuales constituyen un núcleo de competencias que fundamentarán el desempeño en cualquier campo de la ingeniería. Se propone que para la identificación y la evaluación de las competencias se constituyan mesas sectoriales y que la derivación y desarrollo sea liderada por docentes que sean competentes en el diseño e implementación de estrategias pedagógicas y didácticas.

#### 5. Bibliografía

1. BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. *La Educación Superior en América Latina y el Caribe. Documento de Estrategia.* (1997). Washington, D. C.: Banco Interamericano de Desarrollo. PÁGINAS
2. BRUNER, José Joaquín. *Globalización, educación, revolución tecnológica.* (2001). En: *Perspectivas. Revista trimestral de educación comparada.* No 118. Vol. XXXI, No 2, junio de. p.142
3. SENA. *Mapa Funcional del Sector Educativo en Colombia.* (2002). Medellín. Sena – Mesa del Sector Educativo. — PÁGINAS
4. URREGO, Juan de Dios y URREGO, Hernando. *Las competencias una necesidad educativa para el nuevo siglo.* Documento elaborado bajo la dirección del Departamento de Investigación y Comunicación de la Fundación Santillana
5. UTRIA, Rubén. *El desarrollo de las naciones: hacia un nuevo paradigma.* (2002). Bogotá: Alfa Omega Colombiana S.A. p. 171-172



# Autoevaluación un Modelo de Excelencia Académica a Seguir por las Instituciones de Educación Superior

## Caso Programa Ingeniería Industrial - CORUNIVERSITARIA

MSc. Ing. Carlos Antonio Meisel<sup>1</sup>  
Universidad de Ibagué - Coruniversitaria

**Palabras Claves:** Autoevaluación, Mejoramiento, Gestión de Calidad, Innovación.  
**Eje Temático:** Aseguramiento de la Calidad

### Resumen

El presente artículo está centrado en el proceso de autoevaluación seguido por el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de Ibagué – Coruniversitaria. Es una referencia de cómo este proceso ha generado mecanismos de trabajo que han permitido identificar fortalezas y debilidades, generar estrategias acordes con los propósitos institucionales, facilitar la cultura del continuo seguimiento y finalmente motivar una capacidad innovadora. Todos estos son hechos que sin duda han permitido una gestión del Programa orientada a la excelencia académica.

Los resultados y beneficios del proceso de autoevaluación se reflejan particularmente en los siguientes aspectos: los convenios interinstitucionales, el nivel de formación profesoral, la actualización y pertinencia del currículo, la gestión del Programa, la proyección y fortaleza académica de egresados, el fomento de la actividad investigativa, y el fomento de la relación Universidad-Empresa. Una mirada detallada de estos factores y su relación con el proceso de autoevaluación, son la base para creer que esta experiencia es válida como referencia para otros programas de Ingeniería del país.

### 1. Introducción

El Programa en cumplimiento de su voluntad y atendiendo el compromiso adquirido con el Consejo Nacional de Acreditación (C.N.A), obtuvo la acreditación en 1999 por tres años y la reacreditación en el 2003 por seis años. Este reconocimiento identifica la alta calidad de los servicios del Programa, y lo ha llevado a posicionarse como uno de los programas líderes de Coruniversitaria, con una excelente proyección a nivel regional y nacional.

El presente documento presenta un consolidado de la autoevaluación y regulación resultantes del periodo 1998-2004. Aquí se resaltan los resultados obtenidos y las estrategias que se han implementado en el Programa para lograr el mejoramiento continuo. De esta forma se han estructurado tres grandes temas: el proceso de autoevaluación y regulación permanente como resultado de un aprendizaje continuo, las experiencias significativas en acreditación que se adelantaron para potenciar fortalezas, superar debilidades y generar capacidad innovativa, y finalmente, se presentan las conclusiones generales al proceso.

### 2. Proceso de autoevaluación permanente

La autoevaluación permanente le ha permitido al Programa identificar su posición o avance en aspectos fundamentales de la docencia, investigación y extensión; así como también, generar un proceso dinámico de evaluación y aprendizaje colectivo. Esto ha facilitado el diseño de estrategias y metas orientadas a la superación de debilidades, mantenimiento de fortalezas, creación de espacios de innovación permanente y la generación de un ambiente adecuado que orienta la autorregulación y mejora continua.

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería Industrial, Director y Profesor Programa Ingeniería Industrial. Universidad de Ibagué. carneisel@nevado.cui.edu.co.

## 2.1 Autoevaluación institucional

El proceso de autoevaluación de Coruniversitaria se concibe como un sistema dinámico orientado a atender los requerimientos de los procesos de acreditación y de registro calificado y/o los propósitos de la Institución. El objetivo general de este proceso es la permanente construcción y solidificación de una cultura de autoevaluación, con visión de largo plazo, encaminada a fortalecer el compromiso institucional de mejorar continuamente la calidad de los programas académicos<sup>2</sup>.

A través de un proceso permanente de Planificación Institucional, cuyo punto de partida está en la misión, visión y proyecto educativo, la Institución ha conseguido establecer un sentido de dirección, alrededor de seis propósitos. Éstos son evaluados anualmente en una reunión de planeación institucional y operacionalizados por diferentes instancias de la Universidad entre las cuales se resaltan el comité central de acreditación y los comités de programa. Los ciclos de planeación constituyen un ambiente adecuado para la autorregulación, el aprendizaje, el establecimiento de estrategias, evaluación de logros y mejoramiento de la capacidad institucional de acuerdo con las oportunidades que se presentan en el entorno<sup>3</sup>.

## 2.2 Autoevaluación del programa de Ingeniería Industrial

Los procesos de autoevaluación en el Programa se iniciaron formalmente en el año de 1993. En dicho año mediante el desarrollo de técnicas de planeación por metas, se diseñaron lineamientos y estrategias a seguir para los futuros períodos académicos. A partir del año 1998, este proceso se orientó hacia la acreditación del Programa mediante el avance de las siguientes etapas: análisis de las condiciones preliminares, análisis y estudio de requerimientos según la guía del CNA, identificación de fuentes y estado de la información requerida, ponderación de criterios, evaluación interna de los requisitos de acreditación (primera y segunda ronda), emisión de juicios de cumplimiento, análisis de resultados, y acciones y planes de mejoramiento.

Como resultado de la experiencia adquirida en los dos procesos de acreditación adelantados en 1993 y 1998, el Programa estableció la autoevaluación permanente como herramienta de gestión para la mejora continua. De esta forma, y teniendo como punto de partida los lineamientos dados por el plan institucional, se establecieron los planes estratégicos de acción y los mecanismos de medición y control (ver en tabla 1, Indicadores de gestión de la labor científico-investigativa). Todos ellos le ha permitido al Programa, analizar los logros alcanzados durante cada período académico y que a su vez, han permitido el rediseño de acciones y estrategias orientadas a mantener los niveles de calidad alcanzados y al logro de nuevos estándares de desempeño.

INDICADORES	
<b>DE RELEVANCIA (20%)</b>	
♦ Premios, distinciones y reconocimientos	
♦ Resultados comprobables y avalados por el respectivo usuario.	
♦ Logros y aportes científicos avalados.	
<b>DE VISIBILIDAD (40%)</b>	
♦ No. tesis de maestría defendidas con éxito.	♦ No. artículos científicos publicados / profesor.
♦ No. tesis doctorales defendidas con éxito.	♦ No. ponencias científicas, nacionales e internacionales/ profesor.
♦ No. libros y textos publicados/ profesor.	
<b>DE PERTINENCIA (20%)</b>	
♦ Número de proyectos promedio finalizados por profesor.	
♦ Patrocinio económico para la investigación (\$Millones pesos)	
<b>DE MASIVIDAD (20%)</b>	
♦ Proporción de estudiantes (>7° Sem) incorporados a las líneas de investigación.	
♦ Proporción de profesores incorporados a las líneas de investigación.	

Tabla 1. Indicadores de la Gestión Científico-Investigativa

Fuente: Plan para la actividad Científico – Investigativa del Programa 2000-2003 y 2004-2007

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial. Magíster en Ingeniería Industrial, Director y Profesor Programa Ingeniería Industrial. Universidad de Ibagué. [camisel@nevado.cui.edu.co](mailto:camisel@nevado.cui.edu.co).

<sup>2</sup> Pedraza C. Gustavo. Proceso de Planificación y Autoevaluación Institucional. Informe al Consejo de Fundadores, Oct/2001. Ibagué. Pág. 43-50.

<sup>3</sup> Universidad de Ibagué. Informe al Consejo de Fundadores, Nov/2002. Ibagué. Pág. 7-9.

### 3. Experiencias significativas en acreditación

Como parte del proceso de mejoramiento continuo que sobrevino con los procesos de autoevaluación de la gestión, las acciones del Programa se enfocaron a fortalecer los aspectos positivos, superar los aspectos con deficiencias y a la mejora de la capacidad innovativa.

#### 3.1 Acciones para potenciar las fortalezas

**Nivel de Formación Profesoral:** Con el propósito de fortalecer la labor investigativa y mejorar la labor docente, el Programa junto con el apoyo de la Vicerrectoría Académica, ha venido cumpliendo con el plan de desarrollo profesional de una manera exitosa. En éste, la formación se ha enfocado hacia especializaciones, maestrías, y doctorados, así como estudios de educación continuada en docencia universitaria, idiomas extranjeros y actualización docente.

**Currículo y Recursos Académicos Actualizados:** Las revisiones semestrales a nivel microcurricular que las diferentes áreas del Programa realizan, facilitan la permanente actualización y pertinencia del currículo. Son actividades que generan a su vez una latente preocupación por la actualización de las herramientas que sirven de apoyo a la labor docente, tales como software de propósito específico, material y equipo de laboratorio, libros de consulta, afiliaciones a portales y revistas especializadas.

**Fortalecimiento de la Gestión del Programa:** La gestión del Programa, en su proceso de autorregulación, se ha orientado entre otras cosas ha actualizar y mejorar los procedimientos académico-administrativos, reestructurar las áreas de trabajo académico, redefinir las funciones de los coordinadores de áreas, establecer mecanismos de participación y comunicación, y apoyar el diseño del sistema de indicadores para evaluar la gestión del mismo.

**Proyección de Imagen de Liderazgo y Fortaleza Académica de los Egresados:** Fortalecer el perfil de sus egresados ha sido una de las labores más dispendiosas y de largo plazo que se han emprendido en el Programa. En este campo, se reconocen resultados importantes que reflejan la formación de profesionales aptos, con habilidades técnicas y actitudes para el trabajo, y con un alto sentido de superación personal, compromiso institucional y pertinencia regional.

**Fortalecimiento del Clima Organizacional:** Se reconoce una mayor disposición para el trabajo en equipo, que ha generado sinergias importantes en la construcción permanente del entorno universitario. Ello también ha facilitado el trabajo por objetivos, la valoración del desempeño y la generación de un clima de trabajo armonioso. Es así como las capacidades y habilidades presentes en cada miembro de la comunidad académica, han tenido un espacio para desarrollarse y potenciarse, producto del interés personal y de la interacción con los demás miembros.

**Existencia y Fortalecimiento de los Convenios Interinstitucionales:** El establecimiento de alianzas y convenios con universidades nacionales y extranjeras es concebido como factor clave para mantener la calidad y actualidad del Programa. La presencia de profesores visitantes de universidades extranjeras ha sido aprovechada para el desarrollo de labores conjuntas con alta relevancia y pertinencia para la labor docente e investigativa del Programa. Cabe resaltar resultados como el apoyo e imagen a los programas de especialización, el análisis y rediseños del plan curricular, el soporte a la estructuración de la labor investigativa, el apoyo a programas de maestría y doctorados y el intercambio de producción científico-investigativa.

#### 3.2 Acciones para superar las debilidades

**Fomento de la Labor Investigativa:** La labor investigativa ha sido una de las actividades que mayor dinámica ha presentado producto de la autoevaluación. Su desarrollo se inició en el año 2000 con el diseño del "Plan estratégico para la labor científico-investigativa" y la organización de la estructura de investigaciones.<sup>4</sup> Esto ha permitido adelantar acciones de apoyo, fomento y operacionalización de las actividades de científico-investigativas del Programa.

<sup>4</sup> Este Plan Estratégico ha sido estructurado desde el Área de Investigaciones del Programa bajo la coordinación de la Dirección y la colaboración de asesores externos, quienes en su calidad de profesores visitantes de la Universidad Central "María Abreu" de las Villas (Cuba), participaron en su diseño, ofreciendo importantes aportes en el desarrollo del mismo.

Algunos de los resultados obtenidos por esta labor son: la normalización de formatos y guías para la presentación de proyectos y trabajos de grado, la presencia de producción de tipo científico-investigativa, políticas para la participación de profesores, estudiantes y egresados en proyectos de investigación, la aceptación de la Asistencia de Investigación como nueva modalidad de grado, la experiencia adquirida en la elaboración y ejecución de proyectos de investigación y consultoría, el fortalecimiento de las relaciones con el Centro de Productividad del Tolima, y la conformación y puesta en marcha del servicio “*Induempresa*, entre otros”<sup>5</sup>.

**Seguimiento a egresados:** El seguimiento a egresados se ha fortalecido con acciones dirigidas a fortalecer su perfil académico y profesional. Entre ellas se pueden resaltar el diseño y actualización de bases de datos, el desarrollo de encuentros de egresados, el diseño de espacios virtuales de comunicación directa, las actividades de extensión del programa *Induempresa*, la participación dentro de jornadas académicas y sesiones de clase, la orientación hacia vacantes laborales, la capacitación permanente con mecanismos de descuentos y precios especiales, y la inclusión como jurados calificadores de Trabajos de Grado conforme a su idoneidad en temas específicos propios de su desempeño profesional.

**Integración de los sistemas de información:** Este aspecto ha sido uno de los mayores propósitos de la Institución y, en ese orden de ideas, el Programa se ha visto altamente favorecido al facilitársele los recursos computacionales con las características necesarias para la conexión al sistema central de información institucional y al sistema de Internet por fibra óptica.

**Seguimiento y evaluación del desempeño académico:** El sistema integrado de información y el diseño del sistema de indicadores académico-administrativo, le ha permitido al Programa contar con herramientas que rápidamente le proveen información actualizada del desempeño académico de los estudiantes. Esto sin lugar a dudas, ha facilitado un mayor seguimiento, evaluación y establecimiento de estrategias de acción por parte del Programa, preemitiéndole mitigar los efectos negativos o potenciar los efectos positivos propios de la dinámica del quehacer docente.

### 3.3 Capacidad innovadora

Como producto del proceso de autoevaluación permanente, se han generado en el Programa capacidades tecnológicas que le han permitido una mejor adaptación a su entorno. Algunos de los hechos más relevantes que reflejan esta capacidad son:

- La conformación del área de investigaciones al interior del Programa y su reconocimiento como mecanismo único en la Institución, válido para ser transferido.
- El diseño del Plan Estratégico para guiar la labor investigativa del Programa.
- La aprobación de la Asistencia de Investigación como nueva modalidad de grado.
- El desarrollo e implementación del programa de extensión (*Induempresa*) y su proceso de estructuración formal para toda la Institución.
- La prestación de servicios tecnológicos de consultoría con posibilidades de cofinanciación.
- La realización de Programas de Especialización con pasantías internacionales.
- El diseño del Plan de Desarrollo Profesorado 2000 - 2003.
- La creación de mecanismos para estimular la producción intelectual de los profesores.
- El diseño de los procesos académico-administrativos del Programa,
- El diseño de mecanismos para la autoevaluación y autorregulación.
- La participación en proyectos internacionales que ofrecen cofinanciación.

## 4. Conclusiones

Uno de los procesos en los que se han visto convocados voluntariamente los diferentes programas académicos de Instituciones de Educación Superior en Colombia, es la Autoevaluación con fines de acreditación. Este proceso es

<sup>5</sup> Programa de Ingeniería Industrial. Informes Anuales de la Coordinación del Área de Investigaciones. 2000-2003.

asociación por la Universidad y por el Programa de Ingeniería Industrial de Corunversitaria, como fundamental puesto que permite acreditar ante la comunidad, la calidad académica y pertinencia social de su oferta de servicios.

La interiorización de la autoevaluación permanente en el Programa, producto del aprendizaje de los procesos de autoevaluación con fines de acreditación, ha fortalecido la cultura del mejoramiento continuo que ha permitido, el mantenimiento de las fortalezas presentes, la efectiva superación de debilidades y una cada vez más desarrollada cultura innovativa. Esto a su vez ha posibilitado que el Programa sea agente de cambio dentro de la Universidad y su entorno, con el objeto de ofrecer a la sociedad, cada vez y en mayor grado, profesionales íntegros, altamente capacitados y comprometidos con el desarrollo regional y nacional.

## 5. Bibliografía

1. Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Consejo Nacional de Acreditación CNA. *Guía para la Autoevaluación con Fines de Acreditación de Programas de Pregrado*. Guía de Procedimiento - CNA 02. Febrero 1997. Bogotá.
2. \_\_\_\_\_. *Lineamientos para la Acreditación*. Tercera edición. Febrero 1998. Bogotá.
3. Programa de Ingeniería Industrial, Universidad de Ibagué. *Proceso de Autoevaluación con Fines de Acreditación – Informe Final*. Agosto de 1999. Ibagué.
4. \_\_\_\_\_. *Proceso de Autoevaluación con Fines de Acreditación – Informe Final*. Diciembre de 2002. Ibagué.
5. Pedraza C. Gustavo. *Proceso de Planificación y Autoevaluación Institucional*. Informe al Consejo de Fundadores, Oct/2001. Ibagué, Pág. 43-50.
6. Universidad de Ibagué. *Informe al Consejo de Fundadores*, Nov/2002. Pág. 7-9.
7. Programa de Ingeniería Industrial. *Plan Estratégico para la Actividad Científico-Investigativa*. Mayo/2001. Ibagué.
8. Programa de Ingeniería Industrial. *Informes Anuales de la Coordinación del Área de Investigaciones*. Ibagué. 2001-2003.





# Carrera de Ingeniería Mecatrónica – un – Reto en la Interdisciplinariedad y Flexibilidad

Ernesto Córdoba Nieto  
Profesor Titular Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica  
Universidad Nacional de Colombia  
E- mail: ecordoban@unal.edu.co

## Resumen

El trabajo busca compartir la experiencia de lo interdisciplinario y flexible a raíz de la creación del Programa de pregrado de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Nacional de Colombia. Este programa curricular tiene 54 asignaturas, incluyendo tres electivas de contexto, tres electivas de profundización, dos electivas de apertura y tres proyectos experimentales, proponiendo asignaturas y temáticas nuevas que respondan al concepto de complementariedad orgánica interdisciplinar. La reciente autoevaluación de la carrera, resalta la importancia del criterio de flexibilidad académica, que no debe ni puede conducir a una yuxtaposición atiborrada de asignaturas de las áreas de Electrónica, Mecánica y Computación.

## Los ingenieros y el cambio técnico

Frente al dominio de la nueva lógica productiva demarcada por la extensiva incorporación de la electrónica, la computación y la mecánica de precisión para el desarrollo de productos y procesos con creciente valor agregado tecnológico, se hace manifiesta la múltiple intervención de saberes y competencias convergentes y la formación de un nuevo perfil de ingeniero que procure respuestas creativas, innovadoras y sistémicas.

En el nuevo escenario que debe transitar el ingeniero del siglo XXI es rigurosa su capacidad de síntesis y de análisis de cómo discurren los fenómenos; para así, poder tener competencia de traducir la Ciencia en Tecnología. De allí que las habilidades del pensamiento como conceptualizar, analizar, sintetizar y juzgar ameritan ser mol-

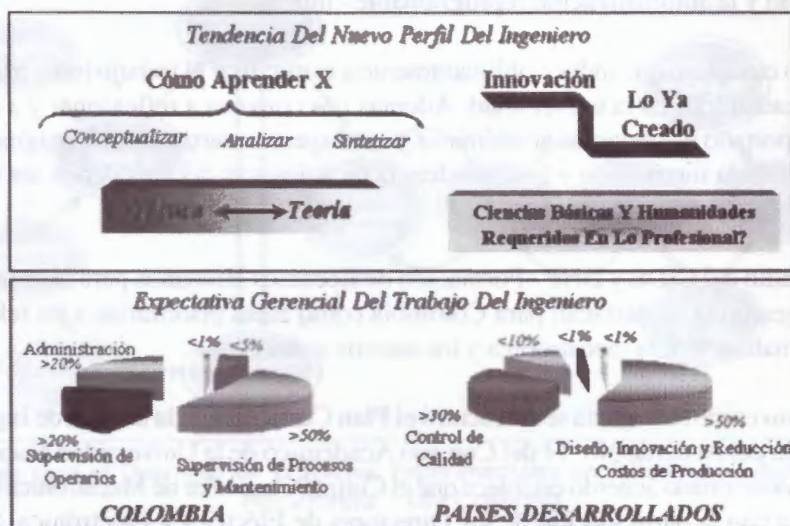


Figura 1. Nuevo Perfil del Ingeniero Mecatrónico

deadas dentro del proceso de formación pedagógica fundamentado en aprender cómo aprender X y no simplemente en aprender X. La pedagogía se revierte no en hacer saber X sino en hacer aprender cómo es X y que hace.

El panorama anterior sugiere moldear la formación de ingenieros con base en currícula transdisciplinarios y flexibles que potencien la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico y superen las rigideces de las carreras cerradas y unidisciplinarias.

## Objetivo de la mecatrónica

En la era actual de la informática y de la automatización inteligente predomina el conocimiento, mientras que en los anteriores estadios del saber-hacer social-productivo sobresalieron los recursos materiales y las herramientas (edad de piedra, de bronce, de hierro y la época de los oficios y las profesiones - craft age).

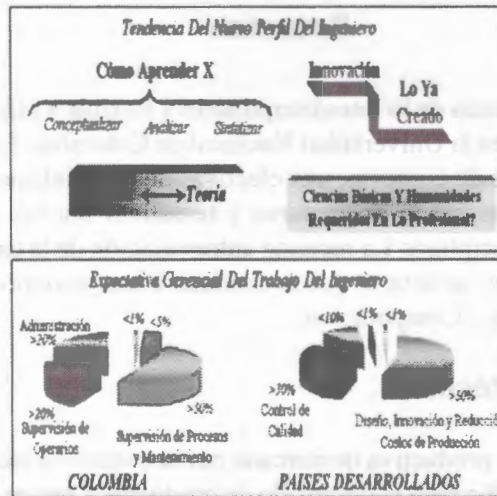


Figura 2. Interrelación de las Áreas de Conocimiento Formativas de Ingeniería Mecatrónica.

Sí en el pasado siglo XX se constata la competitividad fundamentada en la economía por las competencias y las habilidades (manufactura soportada en las profesiones y los oficios), así como la economía de escala por los altos volúmenes y la economía productiva de las máquinas debido a la mecanización integral y la automatización especializada-repetitiva (electromecánica); hoy en el siglo XXI se asiste a una nueva era de la manufactura basada en la flexibilidad y la automatización reprogramable - inteligente.

Esto constituye un reto complejo que induce obligadamente a estructurar el trabajo inter-transdisciplinario entre los diversos actores académicos en la universidad. Además nos convoca a reflexionar y a superar el consabido esquema curricular soportado en servicios académicos y en dispersos currículas por asignaturas, porque el propósito frente a los retos de la innovación y la dependencia tecnológicas del país deben ser mayores que la mera oferta de capacidad profesional.

Precisamente en el estudio del CIDE y DNP «Formación de Recursos Humanos para la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en Ingeniería» se destacan para Colombia como áreas prioritarias a las telecomunicaciones, la biotecnología, la automatización, la mecatrónica y los nuevos materiales.

Con el anterior escenario como referencia se estructuró el Plan Curricular de la carrera de Ingeniería Mecatrónica a través de la expedición del Acuerdo No. 14 del Consejo Académico de la Universidad Nacional de Colombia en agosto 22 del 2001. El mencionado acuerdo establece que el Comité Curricular de Mecatrónica sea multidisciplinario y convergente y cuenta con la participación de los Directores de Eléctrica y Electrónica, Sistemas, Mecánica, Mecatrónica y Física.

También es importante resaltar la metodología de integración transversal académica de asignaturas básicas y nucleares y de apertura o profundización en el currículo de Ingeniería Mecatrónica que direcciona los trabajos

experimentales teóricos aplicados con una estructuración gradual y complementaria del diseño, modelamiento, simulación, análisis, pruebas experimentales de sistemas mecatrónicos y procesos automatizados. De esta manera se fundamenta la capacidad y habilidad del futuro Ingeniero Mecatrónico hacia la integración y sinergia conceptual / experimental en los campos de la Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Electrónica y de la Computación.

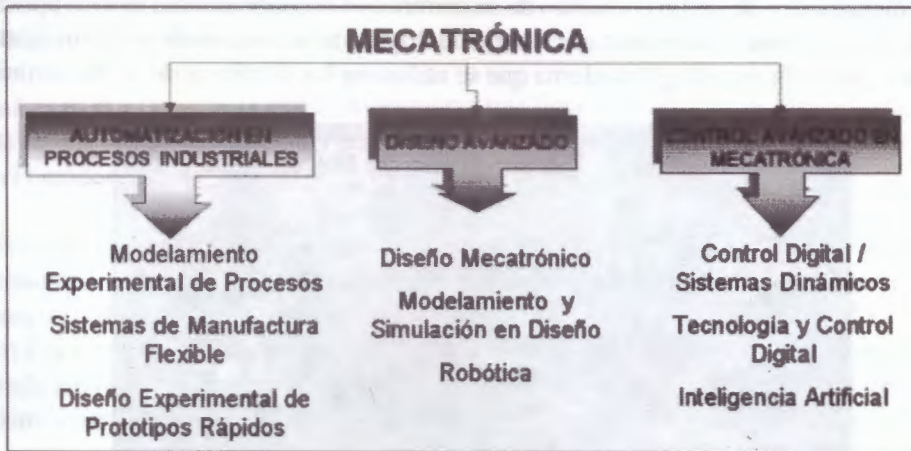


Figura 3. Temáticas de las tres líneas de profundización de la carrera de Ingeniería Mecatrónica UN Colombia



De otro lado las áreas de profundización en la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional son: Automatización de procesos de manufactura, desarrollo de sistemas expertos y complejos, innovación e investigación de productos y procesos de sistemas mecatrónicos, desarrollo en física experimental con la carrera de Física de la facultad de ciencias.

### El diseño mecatrónico orientado a proyectos experimentales

A lo largo de la carrera, se transita por graduales niveles de competitividad del diseño mecatrónico. Se concibe el Diseño MECATRÓNICO - ORIENTADO EXPERIMENTALMENTE como el nervio central del currículo de la Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Nacional de Colombia.

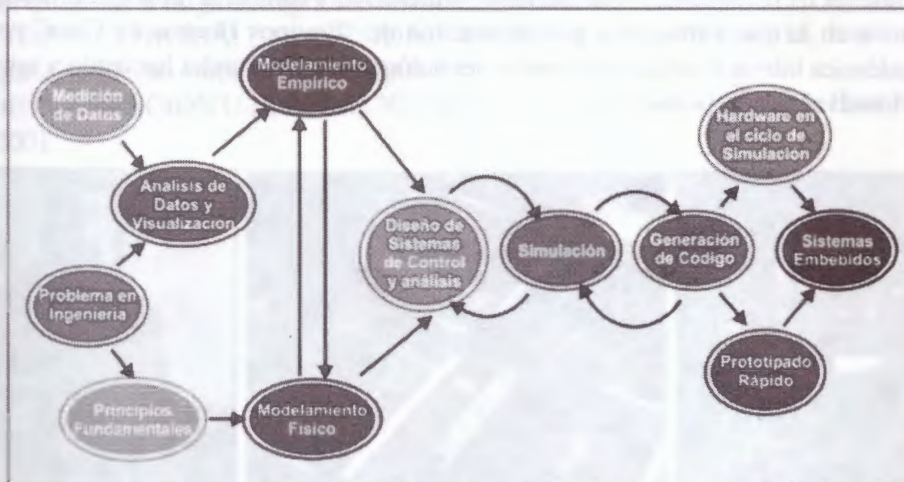


Figura 4. Metodología para el Desarrollo de Proyectos Experimentales en Talleres de Laboratorio de Ingeniería Mecatrónica - UN Colombia

Los proyectos experimentales ubicados en el programa de Ingeniería Mecatrónica de la UN en 2°, 5° y 7° semestres fundamentan la integración de los diversos subsistemas mecánicos -presentes en los productos y procesos inteligentes con la adaptación de sensores/ transductores y microcontroladores haciendo énfasis en la instrumentación, el procesamiento y análisis de señales, así como el desarrollo de software de comunicación y control. Con

este enfoque, se modela la competencia hacia la integración y la sinergia conceptual y experimental en los campos de la Ingeniería Mecánica, Electrónica y la Computación e Información.

El proyecto de **Diseño Mecatrónico –Orientado Experimentalmente** tiene entre otros propósitos, familiarizar al novel ingeniero mecatrónico desde un comienzo de su carrera con el conocimiento teórico aplicado y la experimentación en ingeniería con base en la estructuración metodológica de la solución de problemas, así como promover la motivación para explorar la tecnología moderna que se utiliza en los dominios de la Mecatrónica.



Figura 6. Panorámica Laboratorio de Mecatrónica – Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá – 2001

También es fundamental promover el rigor y la calidad que demanda todo el ciclo del proceso de diseño para adquirir competencia en el modelamiento, la simulación, la construcción y la experimentación de productos y procesos inteligentes (que se gobiernan por sí mismos) y con mínimo impacto ambiental.

En resumen, el objetivo central de los proyectos experimentales es la consolidación de una escuela de diseño experimental con nuevas tecnologías de modelamiento, simulación y control al igual que prototipado rápido de productos y procesos en la aproximación a la construcción de “Equipos Hechos en Casa” con la visión de proyectar vida académica interactiva hacia el cambio tecnológico de “Aprender haciendo y aprender usando” (Bell, Pavit, Lall, Lundval and Nelson).

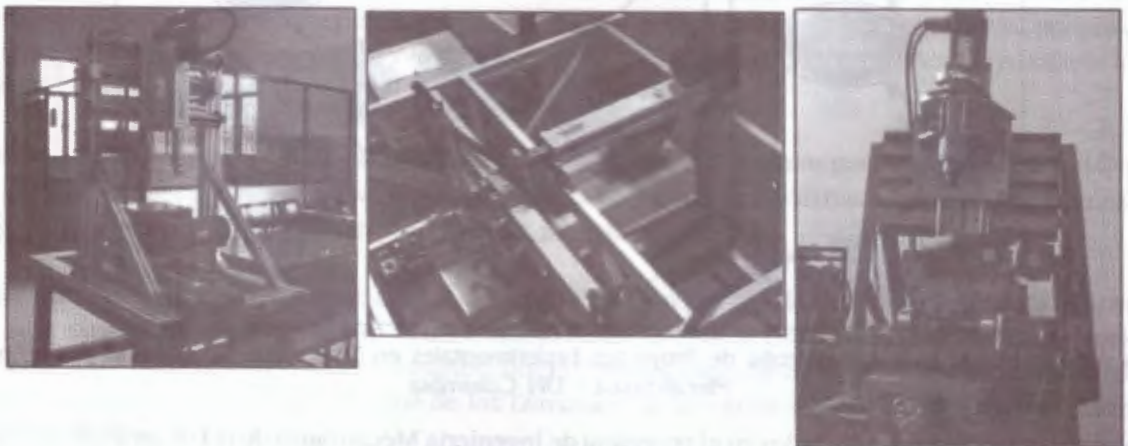


Figura 7. De Izq a Der. Máquina de Medición por coordenadas – CMM. Robot Gantry. Máquina Experimental Multiejes. Dispositivos desarrollados por la Universidad Nacional – SENA – COLCIENCIAS – DIB

Procurando **trabajar** en esta dirección y sin ser el único caso de aporte académico, la Universidad Nacional está estructurando uno de los laboratorios en el área de Mecatrónica a través del desarrollo de aparatos / equipos por nuestros **estudiantes** de pregrado y postgrado, bajo la modalidad de Proyectos de Investigación financiados por COLCIENCIAS – SENA – DIB (División Investigación Universidad Nacional).

## Reflexión final

No está por **demás** advertir la incuestionable importancia que tiene el avance tecnológico en el desarrollo económico y social de las naciones (Schumpeter) porque induce cambios sustanciales en la cualificación integral del trabajo **creativo** / creador (Arrow, Lucas) en términos económicos y sociales.

Además de lo **anterior**, en Colombia debe constatarse la recurrente débil relación entre los actores del sector productivo y la **academia** que refleja la carencia de un claro propósito en la política de Estado para estructurar un **coherente** sistema tecnológico en el país. Sólo un comentario adicional: Hoy el gobierno nacional destina menos del 0.1% PIB en C&T con lo que se retrocede más de dos décadas en la intención de estimular y desarrollar el **crecimiento**, indicador que no se compadece con el presupuesto orientado a la destrucción de la vida nacional no obstante se **esgrima** como sofisma “la seguridad democrática”.

Frente a este **panorama** la Universidad Nacional De Colombia como Alma Mater no debe ni puede disminuir su **iniciativa** de vislumbrar horizontes académicos que eleven nuestro empeño por cualificar la pertinencia civilista / social de la **universidad** mediante la ampliación y cualificación de su cobertura con nuevos programas que atiendan y **estimulen** los novedosos retos de la humanidad en el siglo XXI, todos ellos signados por una profunda **inserción** de la C&T y por la obligada superación de los injustos desequilibrios económicos, políticos, culturales y sociales **entre** las naciones hoy magnificados por el impositivo modelo de la globalización del poder transnacional.

## Referencias

1. UNIVERSIDAD NACIONAL, Plan Global de Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia 1999 - 2003.
2. IHSII, T.; Mechatronics; University of Tokyo, 1998.
3. ASME., Mechanical Engineering, May 1997.
4. PRASAD, B. Concurrent Engineering Fundamentals; Prentice Hall, 1996.
5. FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Resumen Proyecto Final “Carrera Ingeniería Mecatrónica” - Agosto 2001.
6. OFICINA DE PLANEACIÓN U.N, Revista No 5-6; Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional de Colombia; 2001.
7. COLCIENCIAS, Ministerio de Comercio Exterior, DNP; Plan estratégico del programa nacional de desarrollo **tecnológico** industrial y calidad 2000 – 2010. Dic 2000

# Comunidades Académicas Estudiantiles en Pregrado (Grupos de Investigación)

Mario Alexander Carreño Salgado  
Ernesto Galeano Sánchez  
Jorge Eduardo Píneros  
Universidad Tecnológica de Pereira

## Resumen

La ponencia propone la vinculación en los programas de ingeniería los espacios que denominamos “comunidades académicas estudiantiles en pregrado”. Estas surgen en la confluencia orgánica del trabajo en red, que parte de la dinámica generada por los grupos académicos estudiantiles, que con una mirada científica e interdisciplinaria aportan en la “flexibilidad curricular” desde una cultura investigativa que desarrolla el aprendizaje centrado en el estudiante y se apoya en el establecimiento de cátedras para la formación de jóvenes investigadores.

La metodología se centra en un proceso de doble vía; un contexto general desde la cultura investigativa y particular desde las necesidades cognoscitivas del estudiante. La propuesta, además, aporta en el fortalecimiento del perfil profesional en el campo investigativo de los estudiantes de ingeniería, elemento fundamental para que la ingeniería en Colombia tenga posibilidades reales de solucionar los problemas y retos que se presenta la sociedad actual.

**Palabras claves:** Cultura Investigativa, Currículo, Formación en Ingeniería.

## Referentes conceptuales

### Conocimiento y sociedad

Desde la perspectiva del conocimiento podemos establecer una estrecha relación entre la solución de los problemas sociales y productivos y el desarrollo de un sistema nacional de ciencia y tecnología, coherente con los retos que, en nuestro caso particular, a la ingeniería se le impone en un mundo en constante cambio.

Bajo esta linealidad, identificamos tres elementos (1) relevantes en dicho sistema; ellos son 1- La existencia y mantenimiento de una base material que permita la ejecución del trabajo científico, 2- La ejecución de programas de investigación en correspondencia con los avances y tendencias de la ciencia mundial y que a la vez den respuesta a los requerimientos productivos y culturales del país y 3- La selección, formación y desarrollo del potencial científico humano. Es en este último eje, sin pretender obviar los otros dos, donde se ubica y desarrolla nuestra propuesta.

### Formación en ingeniería e investigación

La formación de los futuros ingenieros con unas sólidas bases científico técnicas, que estén en capacidad de responder a los retos de una sociedad en vía de internacionalización económica y de acelerado cambio, se asume desde nuestra perspectiva desde la vinculación de la cultura investigativa dentro de los programas de pregrado.

La investigación formativa (2)...“aborda, en efecto, el problema de la relación docencia-investigación o el papel que puede cumplir la investigación en el aprendizaje de la misma investigación y del conocimiento”... y la investigación en sentido estricto está referida a la misión de la universidad de hacer investigación científica que genere y aplique conocimiento.

Al reflexionar sobre el ejercicio de la investigación en ingeniería debemos atender estos dos conceptos; como ejes centrales de estructuras formativas que pretendan integrar dicha cultura.

## Definición de formación en ingeniería y el currículo

Entendido los currículos (3) como todo lo que hace y ofrece la institución educativa para preparar a los individuos, planteamos la necesidad de establecer estrategias curriculares que permitan direccionar los principios y propósitos que orientan la educación en ingeniería hacia la construcción de programas formativos que desarrollan la investigación formativa y perfilen al estudiante hacia el ejercicio de la investigación en la vida profesional.

Es entonces la propuesta que denominamos Comunidades Académicas Estudiantiles en Pregrado un aporte hacia el encuentro con el interrogante del como la implementación de esta necesidad expuesta hacia la cual deben virar nuestros currículos que sin querer excluir otros muchos aspectos debe estar presentes en el futuro de la formación en ingeniería.

## Metodología

Las Comunidades Académicas Estudiantiles en Pregrado surgen en la confluencia orgánica del trabajo en red que parte de la dinámica generada por los grupos académicos estudiantiles. Dichos grupos desarrollan temas de interés que pueden o no ser parte de las líneas de investigación de los programas, legitimada desde estrategias curriculares.

Dado la complejidad de la temática investigativa para el pregrado, los autores partiendo de una revisión teórica, planteamos para la implementación de las CAEP una estructura metodológica en una **dinámica de doble vía**. Una *primera vía* asumida como el **contexto general** en cultura investigativa; que contemple y articule temáticas de contenidos teóricos como de las políticas educativas desarrolladas para la educación superior. Una *segunda vía* entendida como el **contexto particular** representada en las necesidades para la formación que se presenta en cada estudiante. Se hace necesario pensar en una *vía intermedia* dentro de la metodología; donde se vean reflejados los resultados obtenidos del proceso de las CAEP, el espacio debe ser **la facultad de Ingeniería**. Finalmente la organización y coordinación de las CAEP deben ser orientadas a un trabajo en red que facilite los procesos de retroalimentación de los resultados; y que permita definir un camino hacia la institucionalización de la propuesta.

Como se ha planteado es necesario revisar, definir y ordenar los actores y los escenarios necesarios para la propuesta en la universidad; Presentamos algunas consideraciones a ser trabajadas para la organización y la participación de los estudiantes en investigación.

## La primera vía, contexto general

Al plantear en la metodología de la propuesta de CAEP una *vía general*, reconocemos una relación directa con los referentes en educación e investigación para la formación profesional. Además aportamos en la construcción de un espacio institucional para los grupos académicas de trabajo desde la iniciativa de los estudiantes y, por último, acercamos algunos elementos en la temática de la cultura investigativa.

Así, denominamos escenarios de la propuesta los componentes que definen y estructuran el cómo del desarrollo de la investigación para el pregrado; como lo son el comité central curricular, las decanaturas, y el centro de investigación y extensión.

El diseño de estrategias curriculares en esta vía, parte de abordar las siguientes preguntas:

1. ¿Qué ejes temáticos se deben tener en cuenta para trabajar con las CAEP?
2. ¿Cómo se organiza la investigación en los programas de ingeniería?

Las estrategias pueden representarse en atender los siguientes ejes: investigación formativa, formación de jóvenes investigadores, relación: docencia - investigación, relación: universidad – medio, estructura curricular, aprendizaje centrado en el estudiante - y en hacer una revisión de componentes institucionales como la organización y la dirección, hacia la investigación.

## La segunda vía, contexto particular

Las necesidades académicas para la formación que se presentan en cada estudiante del pregrado, lo determinan como actor principal. Responsable y con alto compromiso en la decisión de participar y dinamizar los grupos académicos de trabajo, base de las CAEP.

Los componentes desde los cuales puede partir el estudiante, para el desarrollo de propuestas de trabajo académico, en los cuales ejerza la praxis de la cultura investigativas; principalmente son:

1. Las materias obligatorias del plan de estudios
2. Las materias electivas
3. Las cátedras para la formación de jóvenes investigadores

Pensamos que es primordial generar una revisión de los contenidos y metodologías de las materias, que permita acercar temáticas en cultura investigativa, donde los estudiantes de una manera participativa aportemos en el desarrollo de los contenidos curriculares de nuestros programas.

Los programas de ingeniería deben permitir al estudiante tomar materias electivas orientadas al fortalecimiento del perfil profesional desde un enfoque interdisciplinario. Desde la propuesta para CAEP proponemos que las materias electivas sean un espacio que aporten, en algún grado, en el fortalecimiento en investigación formativa; permitiendo que se tomen desde el trabajo aplicado en investigación, es aquí importante acercar el trabajo de las líneas de investigación, o desde el interés particular y abierto de que el estudiante acerque y pueda trabajar un tema por él seleccionado.

La cátedra para la formación de jóvenes investigadores, se propone como un espacio abierto para la comunidad universitaria en forma de seminario – taller en la temática de cultura investigativa; permite fortalecer la conformación de las CAEP.

## Adaptación metodológica para el caso del programa de Ingeniería Eléctrica. Universidad Tecnológica de Pereira

Dadas las condiciones particulares hemos querido desarrollar la propuesta atendiendo las áreas de sistemas eléctricos de potencia y telecomunicaciones. Haciendo referencia a la metodología propuesta desarrollamos simultáneamente los dos contextos de la siguiente manera:

### Atendiendo el contexto general

Inicialmente se identifica y caracteriza un estado actual de los espacios y procesos que se relacionan con la participación de los estudiantes en grupos académicos de trabajo alrededor de las áreas mencionadas, haciendo una revisión curricular así como de las líneas y grupos de investigación del programa.

A continuación se establece un diálogo con la institución en torno a desarrollar actividades que sensibilicen en cultura investigativa, en el estado actual de las políticas que enmarcan la investigación en el pregrado.

Finalmente se caracteriza como un grupo de trabajo académico un colectivo de estudiantes que se muestran interesados en participar en procesos académicos que vinculen como herramienta central la investigación.





## Atendiendo el contexto particular

Partiendo de las materias relacionadas en el plan de estudios, el estudiante define los temas de interés desde los cuales parte su ejercicio académico, que junto a otros estudiantes con afinidad conforman un grupo de trabajo.

Se hace necesario que estos grupos de trabajo junto con la decanatura busquen la conformación de una cátedra para la formación de jóvenes investigadores, la cual debe ayudar a definir elementos que apoyen el trabajo académico en investigación formativa y una estrategia administrativa para el trabajo de investigación en pregrado.

## Resultados esperados

- Consolidar una dinámica de grupos de trabajo académico desde los estudiantes en las facultades de ingeniería.
- Desarrollar un proceso de sensibilización entorno a la implementación de la Cultura Investigativa en los programas de ingeniería.
- Aportar en la flexibilización del currículo desde los espacios de investigación formativa
- Implementación de cátedras para la formación de jóvenes investigadores.
- Consolidar protocolos para la participación de los estudiantes en los grupos de trabajo académico.

## Conclusiones

1. De acuerdo a la revisión teórica; encontramos un soporte bibliográfico que nos permite justificar el desarrollo de propuestas que implementen la investigación en el pregrado.
2. Las estrategias curriculares de formación investigativa deben ser trabajadas simultáneamente reconociendo componentes generales; desde la cultura investigativa y componentes particulares; desde las necesidades formativas del estudiante.
3. Los grupos de trabajo académico deben tender a desarrollar una organización en red.
4. El trabajo en red debe procurar la consolidación de protocolos para el desarrollo de la investigación en el pregrado.
5. La propuesta de comunidades académicas estudiantiles en pregrado ofrece una forma de acercamiento entre el estudiante y la investigación.
6. El papel del estudiante como actor principal de su formación, se da desde la sensibilización hacía la investigación formativa.

## Bibliografía

1. Alfonso, R. Estrategia para mantener la vitalidad de los Centros Científicos. Anales de la Academia de Ciencia de Cuba. La Habana.
2. Restrepo, B. Conceptos y Aplicaciones de la Investigación Formativa, y Criterios para evaluar la Investigación Científica en sentido estricto. 2.003. Bogotá D.C. Concejo Nacional de acreditación
3. Rodríguez, R. "Enfoques Curriculares para el siglo XXI". 1.993. Revista Educación y Cultura No. 30, págs 13 – 23.
4. Ballesteros, A. Carreño, M. Apuntes para la creación de Comunidades Académicas Estudiantiles en Pregrado. 2.002. Pereira. C.E.I – U.T.P.

# Creación de Ambientes de Investigación y Evaluación Alternativa en el Aula de Clase

William Rubio Riaño  
Escuela Colombiana de Ingeniería

## Resumen

El objeto de estudio de cada área del saber es el centro de reflexión, disertación y crecimiento para el docente y el estudiante, dentro y fuera del aula de clase, y es la mejor disculpa para el re-descubrimiento histórico – social del objeto mismo.

El cambio en la **forma de trabajo en el aula de clase**, el hacer del salón un **semillero de investigadores naturales** como alternativa para pasar de consumidores pasivos a productores competitivos en mercados internacionales, mediante la indagación, la **creatividad**, la búsqueda de modelos pedagógicos puntuales de aula, que reflejen la orientación de la educación hacia la solución de problemas y a la creación de una nueva cultura de pedagogía, de ciencia y de tecnología, es una invitación para repensar la **evaluación** como actividad de vida, en el Proceso Docente Educativo (PDE)<sup>1</sup> tratada con criterios de disertación académica, argumentación y sostenibilidad del discurso<sup>2</sup> frente a los conocimientos universales.

«Lo importante no es lo que el profesor haga en clase sino lo que propicie y logre que los estudiantes hagan dentro y fuera del aula» Vecino Alegret.

Desde el discurso experimentado del maestro hasta la construcción del discurso innovador del estudiante hay un agradable camino a seguir, que se inicia en el aula de clase como el espacio de disertación académica sobre los saberes de interés común en los que los avatares de la vida los ha unido, camino que terminará cuando la naturaleza misma del ser lo decida. El aula de clase es el punto de convergencia de intereses académicos y sociales donde se expresa el conocimiento y se forma el ser humano. El pensamiento de búsqueda o investigativo como aureola de clase, alimenta la posibilidad de encontrar soluciones a problemas detectados en el entorno del PDE mediante la adaptación, la innovación o la creación de conocimientos, tecnofactos o artefactos que satisfagan una necesidad de vida determinada.

## Formación de investigadores: Necesidad sentida

Los estudios sociales para el conocimiento del hombre y la naturaleza se proyectan en la construcción de propuestas para mejorar el bienestar de la humanidad, y los estudios en ingeniería y tecnología no pueden quedar por fuera de este contexto; no en vano la urgencia de diferentes organismos para replantear el estudio de las humanidades como parte primordial en esas carreras llamadas técnicas para que prime el SER sobre el especialista como alternativa para dar sentido de vida a los estudios de las diversas áreas del saber. La ONU expresa en las misiones y funciones de la educación superior... “contribuir al desarrollo sostenible y el mejoramiento del conjunto de la sociedad...”, y más adelante “... formar ciudadanos que participen activamente en la sociedad...”, “promover, generar y difundir conocimientos por medio de la investigación...”, “La educación superior debe aumentar su contribución a la... investigación sobre educación”; afirmaciones que invitan a la integración activa del sistema educativo a los procesos sociales desde la investigación, aunque por un lado parece alejada del aula de clase y por otro limitando el aspecto tecnológico a la utilización de tecnofactos productos del proceso de fabricación, más que al conocimiento tecnológico mismo como objeto de investigación. El lineamiento general es válido por la intención expresada de formación de investigadores, líneas, programas y grupos de trabajo con vinculación estrecha con la producción y el desarrollo social; la infraestructura aportada para su desarrollo y la socialización real de

<sup>1</sup> El Proceso Docente Educativo (PDE) es un sistema abierto, de naturaleza social con enfoque holístico.

<sup>2</sup> Discurso como la expresión de conocimiento y capacidad de aplicación del mismo.

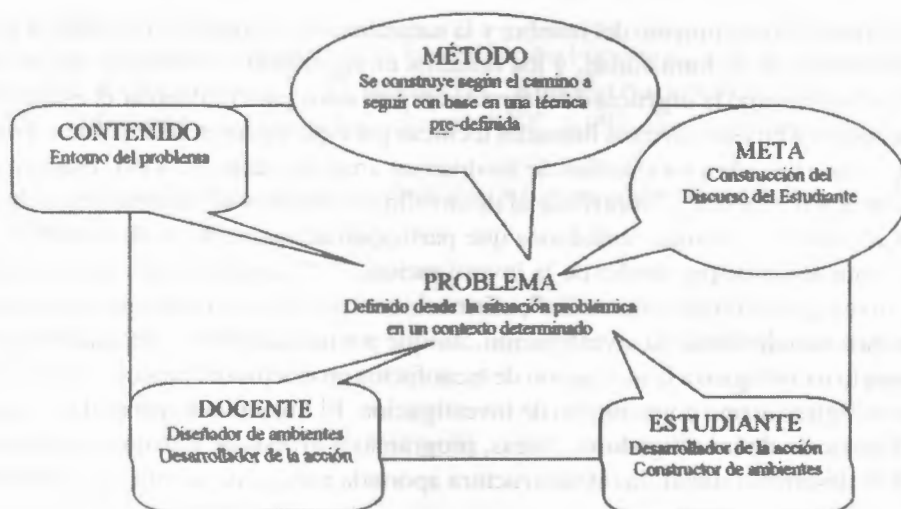
los beneficios es lo discutible. La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), en las recomendaciones y conclusiones del trabajo presentado a la conferencia mundial sobre educación en ingeniería: "...cambiar el esquema Magistral y Aristotélico por el Inductivo y Socrático", "La investigación debe ser el eje del desarrollo de los programas...", "Hacer énfasis en la formación Socio-Humanística...", "Propiciar la creatividad y la innovación entre profesores y estudiantes...", "estrechar las relaciones con la Industria... conceptualizar los conocimientos teóricos y su relación con casos reales...".

Es claro que ACOFI y el Instituto Colombiano para el fomento de la Educación Superior (ICFES), justifican la formación de investigadores y paralelamente la relación entre la Universidad y el sector productivo. Más aun, la legislación educativa colombiana establece la necesidad imperiosa de cambiar los modelos repetitivos por otros que conlleven a establecer metas claras, en la construcción de conocimiento y habilidades que formen para la vida, profesionales con alto nivel de compromiso social y capacidad de evaluar, decidir y proponer soluciones a situaciones problémicas de su ámbito laboral y entorno social. La constitución de 1991 establece que la institución educativa debe involucrar su actividad con el entorno social proveyendo soluciones sociales a necesidades detectadas o expresadas por la comunidad; es claro su objetivo: encontrar un modelo escolar que se adapte al sector, municipio o región según las actividades propias de la comunidad y el ente educativo.

La preocupación universal por formar investigadores es expresada en documentos de la Organización de Estados Iberoamericanos, Naciones Unidas, y otros publicados en la Internet, que advierten sobre la expectativa para el nuevo profesional, orientada a la formación para asumir los retos de distribución de riqueza, eliminación del hambre y el analfabetismo, con soluciones a situaciones problémicas mediante el uso de la ciencia, la tecnología y la mejor administración social de los recursos. !La formación de investigadores: necesidad sentida!

### Creación de ambientes de investigación en el aula de clase

Contraponiéndose al trabajo repetitivo tradicional, la exposición del discurso experimentado del maestro se convierte en la invitación al estudiante de involucrarse en el aprendizaje de saberes del área en desarrollo. El trabajo docente de fomentar un ambiente que ayude al estudiante en la construcción del pensamiento heurístico, problematizando la enseñanza mediante la creación de expectativas del estudiante para llegar a conocer lo que provoca un determinado fenómeno, y la capacidad de detectar situaciones que se puedan mejorar o cambiar, delimitando adecuadamente un problema, y conjeturar en búsqueda de posibles soluciones, proponiendo la viabilidad de alguna(s) de ellas, apoyado en la necesidad cognocitiva del hombre caracterizada por el impulso de conocer lo desconocido, como concepto y como acción, y que determina la actividad intelectual para poner al descubierto los conocimientos involucrados en el trabajo de clase.



Esquema representativo del trabajo pedagógico en clase

Que el actor del PDE se forme en la capacidad de descubrir situaciones problemáticas, es decir, la percepción de una insuficiencia, de una contradicción entre lo conocido y lo por conocer es el punto de partida para la formación de un pensamiento heurístico. Tener claridad de la insuficiencia de su conocimiento para solucionar un problema, crea en el estudiante la necesidad de construir el ambiente y el método adecuado para su crecimiento.

Como técnica didáctica es válida la construcción de Mapas Mentales, que permiten establecer la interrelación de los conceptos, actores, recursos y acciones involucradas en el estudio del problema y fortalece la construcción del discurso en disímiles tópicos: social, económico, académico, histórico..., de acuerdo a los intereses del grupo.

En ingeniería también es adecuada la técnica de la Ingeniería Inversa, basada en la búsqueda y formación de conocimiento mediante la reconstrucción de los procesos de diseño y desarrollo de equipos, máquinas o dispositivos terminados a través del estudio de los componentes de los mismos, despiezándolos en forma sistemática.

Esto lleva al estudiante a un grado de experticidad y conocimiento del prototipo que lo autoriza para proponer modificaciones, adaptaciones o diseños nuevos (creación), que satisfagan necesidades puntuales de una comunidad.

El aula de clase es un espacio excelente para llevar a cabo este proceso si se hace la selección adecuada de los prototipos a trabajar con los estudiantes.

Así se facilita que el estudiante se acerque a los procesos de investigación desde la construcción de su discurso claro, coherente y propositivo en un saber particular.

### La creatividad en el trabajo de investigación

En los procesos de enseñanza y formación de investigadores en ciencia y tecnología la creatividad no se puede quedar en la «idea chispazo» sino que debe pasar a una concepción, por lo menos aproximada, de la explicación científica como dice Margareth Boden. La creatividad es un proceso psicológico complejo que involucra conocimientos previos, un estado de disposición a la introspección en los ambientes relacionales y de aceptación de sus propios desarrollos; la formación de espacios y niveles de conocimiento inter-relacionados de alguna manera y la permanente producción de ideas del cerebro en consciencia o inconsciencia.

La creatividad en los procesos de enseñanza e investigación de la ciencia y la tecnología (desde los desarrollos de clase), adquiere un carácter invaluable porque en el trabajo de aula existe la comunicación, para la innovación o cambio, de dos seres inteligentes, maestro-estudiante, mediados por un tema de mutuo interés para ser manejado «creativamente» en forma autónoma bajo un mismo ambiente físico pero psicológicamente diferente para la búsqueda de formación de conocimientos y soluciones ojalá nunca antes encontradas<sup>3</sup>, pero basadas en conocimientos previos y argumentados, a problemas o situaciones propuestas. Cada actividad de aula se desarrolla alrededor de un tema, u objeto de trabajo con intensiones pre-establecidas buscando el crecimiento del saber en los participantes, especialmente el estudiante, y con miras a un futuro desempeño social.

La creatividad en términos académicos no se reduce a la imaginación casual de una idea: para que una idea sea realmente creativa debe alterar en alguna medida estructuras individuales o sociales ya establecidas, y se presenta basada en conocimientos previos, competencia para definir un espacio conceptual donde hay un problema, capacidad de hacer analogías en la búsqueda de soluciones, formular algoritmos o heurísticas, plantear procesos de evaluación y en situaciones contextualizadas desde el PDE.

### La evaluación: Acción de vida, acción de aprendizaje

Así visto el trabajo de clase se rescata para la academia la evaluación, como una acción de vida, una acción natural que se convierte en el trabajo invisible de realimentación permanente probada y fortalecida en el constante discernimiento del discurso mediante la exposición oral y escrita.

<sup>3</sup> Una idea creativa entre sus características debe ser algo nuevo para el individuo (p-creativo) o para la humanidad (h-creativo).

El discurso es un evento de permanente movilidad y crecimiento que diariamente se revisa y compara con los pares, en una dinámica permanente mediante la disertación, argumentación y fortalecimiento que permita acercarse a los saberes universales en forma propositiva, de cambio o transformación. La expresión del conocimiento en forma oral y escrita de cada actor del PDE será el mejor elemento de trabajo evaluativo como regulador del aprendizaje, pertinencia y proyección del mismo.

La categorización y validación de la Evaluación en este ámbito de trabajo está basada en la fortaleza del discurso (expresión y argumentación de los saberes); la sostenibilidad frente a los cuestionamientos externos; la pertinencia en el entorno de trabajo; la capacidad propositiva para propiciar un cambio o transformación en las estructuras cognitivas individuales o sociales frente a la situación problemática detectada.

El discurso del estudiante mostrará lo nuevo o los cambios en su conocimiento respecto a lo que provoca un determinado fenómeno, su capacidad de detectar situaciones que se puedan mejorar o cambiar, planteando un problema y proponiendo soluciones viables de trabajo, lo que quedará sentado en el escrito de un documento válido y aceptado por la comunidad académica, en forma de reseña, ensayo, artículo, etc. Es claro que la presentación final ha estado en permanente revisión formal e informal por parte de pares y profesores que lo acompañan y la construcción sólida es garantizada y validada por los expertos que, inclusive algunos ajenos al proceso, desde su saber y conocimiento hacen un comparativo con las exigencias previamente establecidas de coherencia y pertinencia.

Por supuesto, la evaluación se hace independientemente de los mecanismos de registro administrativos de los cursos, módulos o semestres que implemente la Institución o el Sistema Educativo. Se debe llegar a un convenio de seguimiento académico que no tergiverse la realidad del proceso de formación, por ejemplo el asentar como certificación institucional en un acta, el trabajo realizado por el estudiante sin calificación alguna en un ámbito de saber específico.

## Descripción de una experiencia de clase

El programa de Especialización en Informática y Telemática llevado a diferentes regiones del país, con el objeto de presentar una oportunidad de actualización a profesionales de diversas áreas, se inicia con un Módulo llamado Introducción a la informática.

Antes y durante la actividad de inducción y presentación del programa se realiza una realimentación con los posibles estudiantes y administradores del programa en la región, tendiente a detectar la situación problemática que los motiva a orientar sus esfuerzos hacia la Informática.

Curso: Introducción a la informática (Julio de 2001)

Situación problemática: La presión social a los trabajadores sobre la necesidad de incorporar medios tecnológicos computacionales en el entorno de trabajo.

Problema: La urgencia de incorporar medios electrónicos de manejo de información al ambiente de trabajo, evidenciado la falta de conocimiento de la tecnología informática y de computación en profesionales de diferentes áreas.

Universales de trabajo del curso:

1. Contextualización socio - histórica de la informática
2. La informática
3. Aplicaciones de la informática
4. Construcción de documentos – propuesta de aplicación informática

**Objetivo:** Acompañar al estudiante en la construcción de un discurso basado en conocimientos informáticos mediante la consulta e investigación, que le permita usar la informática para el mejoramiento y desarrollo de su actividad diaria.

El discurso del docente sobre los Universales propuestos se expresa desde su conocimiento y apreciación como una invitación a los estudiantes para que exploren los tópicos nombrados y se desprendan de él para iniciar su propia búsqueda y desarrollo de saberes.

Cada estudiante (incluso se presentó el fenómeno de trabajo en grupo de dos o tres personas) presenta su situación problemática y el problema que pretende resolver. Los requerimientos de asesoría y orientación especialmente en lo concerniente al método problémico utilizado más que en la detección del problema o el área informática son fuertes al inicio del proceso.

Trabajo final: se representa en un artículo sobre un aspecto de la informática escogido por el estudiante, validado por docentes pares del titular: pertinencia de acuerdo a lo expresado por el (los) estudiante(s) sobre su entorno y la debilidad detectada, y la coherencia del escrito mismo.

Algunos de los títulos de trabajos finales son: Algoritmo de Juego, El Teclado, Itanium, Propuesta para la enseñanza de los aspectos biogeográficos de Córdoba, a través del diseño e implementación de un sitio WEB en el gimnasio UNICOR.

La evaluación se convirtió en una actividad inmersa en el proceso a tal grado que no requería nombrarse; al final cada estudiante desarrolló su acción de acuerdo al entorno académico propuesto y a su entorno de vida.

La coordinación del posgrado presentó a la Universidad un informe de cada estudiante, que garantizaba el registro de aprobación del curso de acuerdo a las normas que la rigen.

El método es aceptado como una forma de trabajo para el entorno de los profesionales involucrados en el proceso de formación.

Esta experiencia se repitió en pregrado en un curso de análisis geométrico de primer semestre de ingeniería de la Escuela Colombiana de Ingeniería, con resultados similares, teniendo en cuenta los límites propios de la estructura académica y administrativa, y el nivel formativo, cognitivo y de madurez de los participantes.

## Bibliografía

1. ACOFI, Recomendaciones y conclusiones del trabajo presentado a la conferencia mundial sobre educación en ingeniería.
2. GERMÁN VARGAS GUILLÉN, Filosofía, Pedagogía, Tecnología, 1999, Bogotá, 31, 57, 71
3. GRUPO DE ESTUDIOS SOCIALES DE LA TECNOLOGÍA, Tecnología y sociedad, Tomo II, 1998, Ciudad de la Habana, 349 - 258
4. HABERMAS, J. Ciencia y técnica como ideología., Madrid, 1986
5. MARGARETH BODEN, La mente creativa: Mitos y mecanismos. España.
6. ONU, Conferencia mundial sobre la educación superior, 1998.
7. POPPER, K, Conocimiento objetivo. Un enfoque evolucionista, 1983, p. 77, 148.
8. URIAS PÉREZ CALDERÓN, Educación, Tecnología y Desarrollo. 1989, Bogotá.
9. WILLAM RUBIO RIAÑO, Creación de ambientes de investigación desde el aula de clase: una alternativa social, 1999, Ponencia en la Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá.
10. WORLD, CONEXIONES . Un ambiente tecnológico escolar. Documento. Medellín.

# Currículos Estructurados con Base en la Lógica y el Método de la Ingeniería

Rubén Darío Hernández P.

Lucía V. Ospina C.

Escuela de Ingeniería de Antioquia

## Resumen

En una sociedad sujeta a la incertidumbre y a la dinámica del cambio permanente, se precisa de un proceso de formación integral de seres humanos y profesionales que les permita resolver con independencia y creatividad los problemas más generales y frecuentes de su profesión y participar activamente en el desarrollo económico y social del país. Para lograrlo, la Escuela de Ingeniería de Antioquia ha asumido el reto de perfeccionar los currículos de sus programas académicos con criterios de: pertinencia, calidad académica y racionalidad, tanto en la duración, como en las actividades pedagógicas, complementadas con el autoaprendizaje de acuerdo con las tendencias nacionales e internacionales y coherentes con las políticas gubernamentales y el proyecto Institucional. En esta ponencia se presenta la propuesta curricular del programa de ingeniería civil, su estructura esencial mínima disciplinar y de asignaturas, así como la articulación lógica de dichas asignaturas y de las actividades académicas por año, regidas por objetivos y diseñadas en correspondencia con la aplicación del método de la ingeniería.

## Antecedentes

La Escuela de Ingeniería de Antioquia consciente de su responsabilidad con el desarrollo social de la región y del país, ha incluido en su plan de desarrollo 2003- 2006 el perfeccionar los currículos de todos los programas académicos de la Institución como un proyecto estratégico para asegurar la calidad del proceso de formación de los ingenieros EIA. El perfeccionamiento curricular de todos los programas académicos de la EIA se desarrolla en las siguientes fases.

1. Fase diagnóstica: mediante estudios de tendencia y de prospectiva de la carrera se identificó el conjunto de necesidades sociales que a su vez origina la necesidad de este profesional, para que con su desempeño oportuno y competente, aporte soluciones a problemas específicos de su profesión. Este diagnóstico permitió validar y perfeccionar los actuales modelos de profesional que se constituyen en los documentos orientadores para la formulación de las disciplinas curriculares y de las asignaturas.
2. Fase de estructuración de la malla curricular del plan de estudios. La estructura curricular de los programas académicos de la EIA se despliega en dos dimensiones: la articuladora y la integradora.
  - La estructura articuladora del currículo la conforman el sistema de asignaturas y de disciplinas curriculares que se derivan del Modelo de profesional de cada una de las carreras de la EIA, articuladas mediante objetivos de formación y cuyo sistema determina la trama horizontal de la malla curricular. La articulación horizontal de los currículos permite mantener una relación adecuada entre la lógica de las ciencias y los saberes propios de la ingeniería y la lógica de la profesión.
  - La dimensión integradora define la estructura vertical de la malla curricular, cumple con la función de integrar las asignaturas de un mismo semestre o año académico alrededor de un objetivo. La organización del grupo de asignaturas de cada uno de los años académicos obedece cronológicamente a una estructura lógica y metodológica en el proceso de formación de ingenieros.
3. Fase de perfeccionamiento del microcurrículo. Se fundamenta esta fase en la contextualización del crédito académico como una estrategia para lograr un proceso de formación centrado en el aprendizaje, mediante la implementación, por parte de los docentes, de nuevas prácticas pedagógicas y didácticas.
4. Fase de implementación y de evaluación de los nuevos currículos. Se apoya en la definición de indicadores de seguimiento y de resultado del aprendizaje.

El perfeccionamiento curricular de todos los programas académicos de la EIA debe trascender la frontera de los currículos tradicionales para responder a las necesidades de un mundo tan complejo como variable. La siguiente propuesta de estructuración vertical de la malla curricular del programa de ing. Civil de la EIA recoge las conclusiones que el grupo de profesores del programa en su claustro académico acordó y que se constituyen en un aporte significativo para el perfeccionamiento curricular de los demás programas de ingeniería de la EIA.

## Perfeccionamiento curricular del programa de Ingeniería Civil

### Caracterización de la profesión

El ingeniero Hardy Cross en su libro “Ingenieros y las torres de marfil” propone: “La ingeniería es un arte coexistente con la civilización, siempre ha exigido habilidad para sopesar las pruebas, obtener conclusiones que tengan sentido común, formular una síntesis simple y satisfactoria y ver que la síntesis se lleve a cabo y en ese sentido se afirma a sí misma” [1]. La Ley 842 de 2003, sobre la reglamentación del ejercicio de la ingeniería y profesiones afines, define la ingeniería como: “Aplicación de las ciencias y del ingenio humano al empleo o invención sobre la materia” y se reconocen como actividades del ingeniero, los estudios, la planeación, el diseño, el cálculo, la programación, la asesoría, la interventoría, la construcción, el mantenimiento y la administración de obras de infraestructura para el servicio de la comunidad [2]. Según ABET 2000, la ingeniería es la profesión en la cual, el conocimiento de las ciencias, ganado mediante el estudio, la experiencia y la práctica es aplicado con razonamiento preciso para desarrollar formas económicas de uso de materiales y energía a nivel industrial para el desarrollo de la humanidad [3]. La FEANI (FEDERACIÓN EUROPEA DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS) propone un ingeniero como la persona que ha adquirido y sabe utilizar conocimientos científicos, técnicos y cualesquiera otros necesarios que le capacitan para crear, operar y mantener sistemas eficaces, estructuras, instalaciones o procesos, para contribuir al progreso de la ingeniería mediante la investigación y el desarrollo.

### Proceso de formación de los ingenieros civiles en la EIA

El diseño curricular del proceso de formación de los ingenieros Civiles EIA está orientado por objetivos de formación con un enfoque hacia el desarrollo de competencias, fundamentadas en el “aprender a aprender”, lo que garantiza el aprender durante toda la vida [4]. El ingeniero se acerca a la realidad para transformarla en beneficio del hombre, a través de la aplicación del método de la ingeniería, lo que constituye los modos de acción de la profesión: fundamentar, analizar, diseñar y ejecutar, que definidos como objetivos en un determinado período académico y organizados en una secuencia lógica y cronológica, permiten estructurar el currículo del programa académico y facilitan la sistematización y el seguimiento del proceso de formación por competencias.



Figura 1: Modos de acción del ingeniero civil en su relación con su entorno.



Las relaciones del ingeniero con su entorno identificadas, determinan también, el modo de actuar predominante de un estudiante durante un determinado período académico, todas ellas pueden presentarse simultáneamente en diferentes etapas del proceso de formación, con diferentes alcances y generando ciclos, donde el estudiante va adquiriendo los rasgos y cualidades del ingeniero mediante la aprehensión del método de la ingeniería. En el desarrollo del plan de estudios se encuentra que estos procesos tendrán énfasis de forma cronológica con el fin de consolidar las competencias definidas en cada disciplina curricular. Además, se tiene en cuenta que de acuerdo con el desarrollo de los seres humanos, en las relaciones con la realidad se presentan dos momentos, uno de asimilación y representación de la realidad y otro productivo que puede llegar a ser también creativo como se ilustra en la figura 2.

Las habilidades que se desarrollan en los estudiantes como: fundamentar y analizar pueden considerarse como momentos de asimilación y representación de la realidad, donde:

**Fundamentar:** Permite el encuentro del estudiante con la lógica de la ciencias y con la lógica de la ingeniería, a través de los conocimientos básicos y esenciales que estructuran el pensamiento del ingeniero; En este momento se presenta la comprensión inicial de los conceptos, leyes, teorías y principios. **Analizar:** Conlleva a la identificación del objeto de estudio, caracterizarlo, interpretar su comportamiento, ubicarlo en un contexto, relacionarlo con otros, compararlo, clasificarlo, determinar sus regularidades, organizarlo e igualmente incluye, el representarlo en esquemas, identificar las variables que intervienen, aplicar ecuaciones y escoger alternativas.

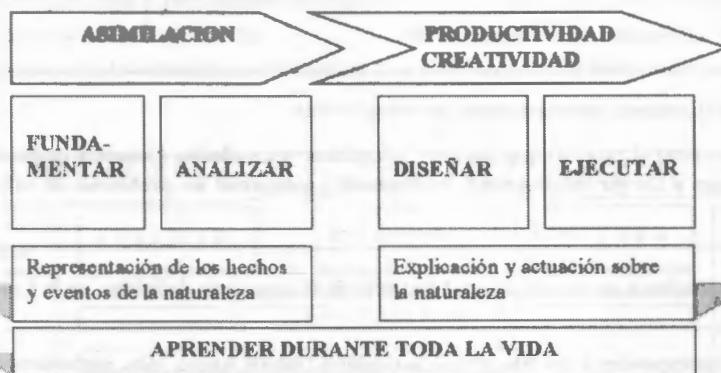


Figura 2: Proceso de formación de los Ingenieros civiles.

El desarrollo de las habilidades anteriores facilita el paso del estudiante al momento productivo y creativo para finalizar en la síntesis simple y satisfactoria que implica la solución de los problemas propios del ejercicio de la profesión de ingenieros [1].

El énfasis en la creatividad y la productividad se enmarca en el diseñar y el ejecutar. **Diseñar** como la habilidad de explicar la realidad por medio de la modelación y la solución del problema. En la modelación se definen cualidades y se seleccionan métodos, y la solución del problema se caracteriza por la planeación del proceso, la definición de especificaciones, la aplicación del método de cálculo, simulación o diseño y la optimización de los resultados; todo como un proceso. El momento de **Ejecutar** está determinada por la habilidad de actuar sobre el objeto de estudio, lo que requiere argumentar y tomar decisiones para obtener resultados como son: realizar el proyecto, gestionar, construir y evaluar; en resumen consiste en resolver el problema.

## Aspectos metodológicos

En el diseño y construcción del currículo y sus componentes para el programa de Ing. Civil, se propone incluir no sólo los aspectos referentes a los conocimientos propios de la ingeniería y las habilidades que determinan la forma de actuar del estudiante frente a las obras civiles, sino también los aspectos motivacionales (los porqué y para qué) que forman el carácter del individuo, y que a su vez definen la actitud del estudiante frente al conocimiento,

para asegurar una verdadera formación de las competencias. Igualmente, debe considerarse que el desarrollo y la evolución de competencias se presentan a través de diferentes etapas o eslabones e incluyen alcances diferentes como son:

1. El recuerdo de un hecho, principio, concepto o procedimiento.
2. El entendimiento, como la comprensión inicial de las ideas y el uso de la idea sin implicaciones.
3. El análisis, resultante de subdividir el todo en sus partes, así como relacionarlas.
4. La aplicación, considerada como el momento donde se utilizan las abstracciones, las normas y reglas.
5. La comprensión, la cual es cada vez es mayor y permite la transformación de la naturaleza, la intervención y la predicción.

A continuación se resumen los componentes principales del Modelo de profesional del ingeniero civil EIA que es el documento rector del direccionamiento curricular:

<b>Modelo del Profesional</b>	
<b>Justificación:</b> La Ingeniería Civil es una profesión generadora de cambios que impactan la salud de la tierra y el bienestar de sus habitantes	
<b>Problema:</b> Se requieren obras civiles que incidan en el desarrollo del país y sus regiones con beneficio social.	
<b>Objeto de la profesión:</b> La Gestión de las obras civiles.	
<b>Objetivo de formación:</b> Gestionar oportunamente las obras civiles	
Nota. Se define gestión como el proceso que requiere: Identificar necesidades, Concebir respuestas, Ejecutar la solución, Administrar las decisiones y Dirigir los proyectos, en resumen : solucionar los problemas de infraestructura con beneficio social.	
<b>Modos de Acción:</b> Se asimilan a las actividades del ejercicio de la ingeniería definidas en la Ley colombiana.	
<b>Esferas de actuación:</b> corresponden a las disciplinas curriculares: suelos, aguas, vías, estructuras. La Ley colombiana menciona: edificaciones, viviendas, transporte, puentes, presas, canales, puertos, carreteras, vías urbanas, aeropuertos, ferrocarriles, acueductos, riego o líneas de conducción, todo esto considerado como obras de infraestructura.	
<b>Disciplinas Curriculares “Aprender a hacer”</b>	
<b>Disciplina</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Hidráulica</b>	Estimar la disponibilidad de los recursos hidráulicos y diseñar obras hidráulicas satisfactorias en términos técnicos, socioeconómicos, estéticos y medioambientales.
<b>Estructuras:</b>	Concebir, analizar y diseñar sistemas estructurales de manera segura, económica, confiable y durable.
<b>Geotecnia.</b>	Determinar el uso y tratamiento del suelo, su respuesta a intervenciones externas y su relación con el entorno para contribuir a tener obras estables y seguras.
<b>Sistemas vial y de transporte</b>	Gestionar las soluciones que permitan la integración física de las regiones y las comunidades haciendo competitiva la movilidad de personas y productos.
<b>Construcción</b>	Ensamblar los recursos para materializar las obras civiles o de infraestructura, considerando el tiempo, costos, equipos, técnicas y la legislación, de acuerdo con mecanismos idóneos de administración que garanticen la calidad de vida de los usuarios.
<b>Económico-Administrativa</b>	Apropiar el proceso administrativo y el proceso de toma de decisiones y valorar el uso eficiente de los recursos.
<b>Ciencias sociales</b>	Reconocer y valorar las diferencias para facilitar la comunicación, la convivencia y actuar con responsabilidad social.

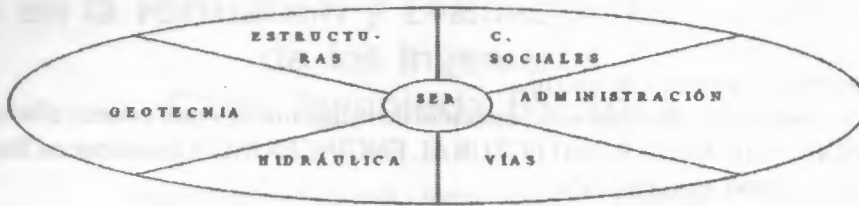


Figura 3: Disciplinas curriculares

Se han identificado en la estructura curricular del programa de ing. Civil cuatro momentos que se desarrollan de acuerdo con la lógica de la ingeniería y en forma cronológica con el desarrollo de competencias en los estudiantes que les permitirán actuar y desempeñarse idónea y responsablemente:

1. **Fundamentación:** "Aprender a conocer" implica el aprehender la cultura acumulada por la humanidad a través de su historia y posibilita al estudiante para profundizar en un conocimiento específico, producto de su curiosidad intelectual.
2. **Analizar:** "Aprender a aprender" El estudiante adquiere la capacidad de desagregar el objeto de estudio en sus partes constitutivas para aplicar y adaptar las nuevas teorías. En este momento se forma la capacidad propositiva de los alumnos.
3. **Diseñar y ejecutar:** "Aprender a hacer" conlleva al desarrollo en el individuo de una capacidad crítica que le permite actuar en forma oportuna y pertinente en una situación concreta. Como propone Hardí Cross en este momento se logra la síntesis de la Ingeniería.
4. **"Aprender a SER":** se consolida la formación en valores y la proyección del individuo con responsabilidad social.

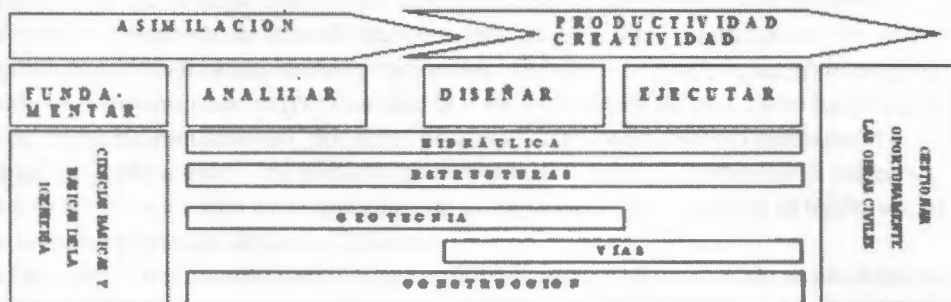


Figura 4: Las disciplinas y el Método de la ingeniería.

## Conclusiones

Estructurar los currículos de los programas de ingeniería en términos del método de la ingeniería conduce a:

- Mantener la unidad y el carácter sistémico del objeto de la profesión en donde se manifiesta el problema de ingeniería a ser resuelto, para analizarlo y aprehenderlo en toda su complejidad, teniendo en cuenta su condición multidimensional.
- Fundamentar el aprendizaje en el desarrollo de las competencias profesionales requeridas por los ingenieros para desplegar estrategias que permitan transformar situaciones problemáticas en soluciones prácticas, pertinentes y óptimas para el bien de la comunidad.

Los currículos en ingeniería diseñados con base en objetivos de formación, contenidos disciplinares y saberes de la ingeniería mínimos y esenciales y articulados lógicamente y coherentemente mediante la aplicación del método de la ingeniería, permiten mayor flexibilidad e interdisciplinariedad y por consiguiente, contribuyen con la formación de profesionales competentes e idóneos para aportar soluciones creativas y oportunas

## Referencias

1. CROSS, H. Ingenieros y las torres de marfil.
2. Ley 842 de 2003 sobre la reglamentación del ejercicio de la ingeniería y profesiones afines.
3. DEPARTMENT OF CIVIL AND ARCHITECTURAL ENGINEERING. Committee on Student Performance Evaluation for ABET 2000. October 1999.
4. DELLORS, J. La Educación encierra un Tesoro. UNESCO, 2000.

## Bibliografía

1. Borrero Alfonso S.J. Más allá del currículo. Simposio Permanente sobre la universidad. 2003, Río negro, Antioquia. p.p. 13 -14.
2. DÍAZ, A. Didáctica y currículo. PAIDOS. 1997. México.
3. EDEMAR, H. El Currículo como Desafío Institucional: Aportes Teóricos – Prácticos Para Construir El Microcurrículo. Novedades Educativas. 1996. Buenos Aires,.
4. MAGENDZO, A. Currículo y Cultura en América Latina. PIIE, Santiago, 1996.
5. EUROPEAN UNIVERSITY ASSOCIATION. Después de Berlín: el papel de las universidades hasta el 2010 y más allá. Julio 2003. Leuven.
6. ICFES. Marco de acción para el cambio y el desarrollo de la educación superior. 1998.

# Dilemas en la Formación y Evaluación por Competencias de los Ingenieros

## Caso: Ingeniería Eléctrica

Alberto Ocampo Valencia - Róger Sepúlveda Fernández  
Universidad Tecnológica de Pereira  
aocampo@utp.edu.co

### Resumen

El objetivo del artículo es presentar algunas dificultades existentes en la formación y evaluación de los ingenieros por competencias.

La formación por competencias implica dominio de saberes con calidades en contextos específicos, con procesos pedagógicos que respondan a las particularidades de los formandos y a las exigencias del entorno, sin embargo, al evaluarlos las pruebas estatales se hacen en serie, aislados de los contextos reales; es decir, se propone un enfoque centrado en los talentos y las especificidades del entorno; pero con prácticas evaluativas que riñen con el enfoque pedagógico, como son los llamados ECAES.

### Contexto y génesis de las competencias

Los pueblos crean redes socioculturales, políticas, económicas, lingüísticas educativas, entre otras, con las cuales las personas, grupos, instituciones y estados tejen sus relaciones cotidianas.

Asistimos a una compleja red de relaciones en los anteriores escenarios debido a fenómenos culturales como la tecnología, la ingeniería genética, las tecnologías de la información y la comunicación, los microprocesadores, la robótica, las economías globalizadas, las multinacionales, en las que se evidencian grandes quiebres y cambios de época. En donde se manifiesta con mayor claridad la transición sociocultural, es en las demandas educativas. La educación, es un elemento fundamental, por ser el proceso social intersubjetivo mediante el cual cada sociedad incorpora a sus nuevas generaciones, las estructuras sociales, los valores, costumbres, saberes y prácticas que son compartidos y exigidos por todos los integrantes de la sociedad. Ella construye el tejido social y educativo a los sujetos en las nuevas exigencias de las sociedades.

La educación, en la era del conocimiento y en mercados globalizados se ha convertido en un elemento estructurante de la sociedad.

Las organizaciones y el mundo laboral están focalizando sus distintivos no tanto en sus activos financieros y físicos; tecnológicos o costos sino en "competencias claves", y en los procesos intelectuales aportados por los integrantes; por ello cada día tiene mayor importancia: El talento humano y su formación.

Estudios sobre sociología del trabajo, muestran que aparecen formas laborales en las cuales las actividades rutinarias y mecánicas son asumidas por la robótica y a cambio se dan las innovaciones, producción depurada, conocimiento en alta tecnología, el trabajo en equipo, en general las empresas tendrán que dedicarse a trabajar con las personas."<sup>2</sup>

Es evidente que en la nueva arquitectura social del trabajo las relaciones existentes entre educación y mundo laboral son cada vez mas complementarias.

Así pues, las transformaciones en el mundo laboral estan en estrecha relación entre las innovaciones tecnológicas, empresariales y educativas especializadas de alta calidad.

La sociedad esta demandando a la educación, especialmente la superior, egresados competentes; no solo en lo

MERTENS, Leonard. Competencias Laboral : sistema, surgimiento y modelo pag. 6  
item pag. 21

académico; sino también para la vida. El egresado necesita conjugar atributos personales y académicos, con una amplia gama de habilidades mentales y técnicas para resolver problemas; son estos y otros más elementos fundamentales para participar en el complejo mundo laboral. Lo que implica que el egresado del sistema educativo universitario ha de tener “una compleja estructura de atributos para el desempeño en situaciones específicas”<sup>3</sup>.

Dichos atributos están relacionados con :

- Saber y comprender – Conocimiento teórico de un campo académico, y la capacidad para conocer y comprender.
- Saber como actuar – Aplicación práctica y operacional del conocimiento ante determinadas situaciones.
- Saber cómo ser – Valores como elementos integrales de la forma de percibir y vivir con otros en un contexto social.

El nivel o grado con que una persona es capaz de desempeñarlos, es lo que constituyen sus competencias.

Lo anterior implica que la concepción de formación clásica, de transferir ordenada y sistémicamente un conjunto de conocimientos, habilidades y destrezas que permiten al egresado un nivel elevado de cualificación personal descentralizado de un entorno laboral, se está revaluando cada vez más. La formación está de cara a la innovación tecnológica, vinculada con los procesos productivos. La relación universidad y empresa es cada vez más estrecha porque ambas piensan los procesos formativos de los individuos. Según las necesidades de los sectores productivos, hoy no solo es de saberes, destrezas manuales, sino que también contempla aspectos culturales, sociales, políticos, actitudinales que tienen que ver con la capacidad de las personas.

El sistema educativo colombiano adopta oficialmente la tarea de formar ciudadanos competentes según los retos de las nuevas dinámicas culturales a nivel internacional, nacional, regional y local, a través de modelos pedagógicos que fortalezca en los estudiantes sus potencialidades y eleve los niveles de calidad educativa. Se está de acuerdo sobre la importancia de formar personas competentes y de la necesidad de fomentar ciertas competencias básicas y especializadas en los jóvenes colombianos.

El significado del concepto de competencia es complejo y polisémico, una larga historia de resignificaciones provenientes de la filosofía, la lingüística, la psicología cognitiva y cultural, y de la economía podemos encontrar al investigar el tema.

Etimológicamente el concepto proviene del latín *competere* que significa “competir con”; también estar investido para atender ciertos asuntos. El concepto de competencia en el ámbito educativo proviene del uso lingüístico propuesto por Chomsky (1971), el cual se refiere a la aparición del lenguaje y el dominio de una lengua. Posteriormente Lev Vygotsky (1985), refiere al dominio de unidades semánticas y su uso socio cultural para expresarse intersubjetivamente. Luego, la psicología cognitiva y computacional proponen la existencia de una organización mental general subordinada a estructuras lógicas básicas abstractas necesarias para la resolución de problemas en sucesos cotidianos.

Desde la psicología cognitiva y computacional la competencia es un dispositivo que estructura el pensamiento y razonamiento natural que se expresa en esquemas de pensamiento, usos lingüísticos, anticipación de comportamientos.

Para Hymes (1990) la competencia es una capacidad que se pone en juego cuando se actúa en contextos. La competencia es un conocimiento significativo en acto, situado en un contexto sociocultural.

La competencia es una capacidad en acción demostrada con suficiencia, con calidad y criterios de valoración”<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Idem pag. 31

<sup>4</sup> VILLADA OSORIO Diego. Introducción a las competencias pag. 34

competencias se clasifican<sup>5</sup> desde el desarrollo humano en:

- Básicas**
- Mentales
  - Conceptuales
  - Emocionales
  - Valorativas

- Fundamentales**
- Leer
  - Escribir
  - Calcular
  - Escuchar
  - Expresarse Corporalmente

- Superiores**
- Participar
  - Administrar
  - Prospeccionar
  - Comunicar

- Estrategia**
- Interpretativa
  - Argumentativa
  - Propositiva
  - Resolutiva
  - Demostrativa

- Integrativa**
- Creativas
  - Críticas
  - Académicas
  - Laborales

- Superiores**
- Análisis - síntesis
  - Informática
  - Resolución de problemas

Ahora, desde lo económico las competencias algunos las asocian a la competitividad y exigencias del mercado laboral.

Una formación universitaria por competencias ha de ser holística que integre el ser, el saber y el hacer en contextos determinados, es decir, integra competencias básicas o genéricas y superiores disciplinares, profesionales y laborales.

Las competencias superiores disciplinares hacen referencia al conjunto de conceptos problemas, tradiciones y objetos de estudio de un saber disciplinar de un campo académico; en este caso es el dominio de la Ingeniería Eléctrica. Estas competencias están relacionadas con los saberes de áreas específicas y al título que otorga el programa.

Las competencias profesionales: “son los conocimientos, destrezas, aptitudes para resolver problemas propios de una profesión de forma autónoma y flexible con suficiencia en contextos específicos”<sup>6</sup>. Esta capacitado para colaborar en su entorno profesional y en la organización del trabajo.

“Las competencias laborales es una capacidad efectiva para llevar a cabo exitosamente una actividad laboral en un sector ocupacional, es una capacidad productiva de un individuo que se mide por el desempeño en un determinado contexto laboral”<sup>7</sup>.

Las competencias genéricas o básicas promueven capacidades o el desarrollo de talentos referidos al ser humano como son las interpersonales, ciudadanas, cognitivas, comunicativas, éticas, ambientales, entre otras.

## 2. Competencias para el ingeniero electricista

La formación de ingenieros electricistas exige tener en cuenta las competencias antes enunciadas: básicas y superiores para ser competentes en la sociedad, según el sector ocupacional en que ejerce su profesión como son:

- Empresas de servicio: generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.
- Empresas de producción de todo tipo, con diversos grados de automatización de sus procesos industriales como: textil, electrónica, alimentos, petroquímica, metalmecánica, siderúrgica, automotriz, azucarera, papelería, etc.
- Asesoramiento y consultoría sobre la cambiante tecnología eléctrica y manejo de información.
- Docencia, investigación y administración universitaria.

<sup>5</sup> Idem 39

<sup>6</sup> www.oit.org Competencias laborales pag. 3

<sup>7</sup> Idem pag. 3

- Empresario independiente.
- Ventas y mercadeo.

A partir de estos perfiles ocupacionales, realizados por la observación, entrevistas, estudios del sector y encuestas nacionales de formación de ingenieros eléctricos, se puede concluir que las competencias requeridas a estos profesionales están asociadas a un desempeño idóneo en :

- Gerencia de empresas del sector eléctrico
- Jefes de departamentos técnicos del sector eléctrico
- Ingeniero de servicio en empresas del sector eléctrico
- Contratista de obras del sector eléctrico
- Ingeniero consultor
- Representante comercial de empresas internacionales
- Fabricante de transformadores, subestaciones, sistemas automatización
- Docente universitario
- Investigadores

La Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de Pereira en el proceso de formación por competencias ha considerado promover las siguientes :

#### Interpersonales

- Trabajo en equipo
- Compromiso ético

#### Sistémicas

- Aprender a aprender
- Aprender a aplicar lo aprendido
- Capacidad para adaptarse a nuevas situaciones
- Capacidad para trabajar autónomamente

#### Instrumentales

Capacidad de:

- Análisis y síntesis.
- Organizar y planear
- Comunicarse (escuchar, hablar, leer, escribir)
- Comunicación en una segunda lengua
- Manejo de información
- Resolver problemas
- Toma decisiones

### 3. Evaluación por competencias

Si bien, en el país se ha tratado de fomentar la formación por competencias, existen grandes dilemas que hay que resolver en la evaluación de los estudiantes, especialmente por los organismos gubernamentales que las realizan los cuales se sintetizan así :

- Mientras la propuesta focaliza la promoción de los talentos de los estudiantes, lo que implica atención personalizada, desde otras perspectivas se promuegan altos niveles de cobertura lo que impide, que en la

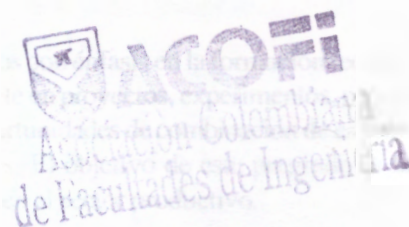


- realidad universitaria sea posible educar por competencias.
- En las evaluaciones recientes se enfatiza más lo cognitivo y sus resultados, que en los contextos, evidenciándose en unas contradicciones en las aplicaciones de exámenes genéricos y masivos pues implica elaborar criterios claros de desempeño de lo realizado a partir de rangos de aplicación, que con una prueba cognitiva es incompleta porque no está en contexto.
  - Los currículos por competencias en cuanto a contenidos, estrategias pedagógicas, uso de laboratorios y materiales, el avance ha sido lento. Las competencias exigen una transversalización. Sin embargo es prematuro hacer un juicio crítico por el poco tiempo de implementación que se lleva en la mayoría de las instituciones educativas.

Por lo anterior y dado el momento histórico de evolución en los procesos de formación y en el caso particular de los ingenieros, se hace necesario una puesta en común con los organismos gubernamentales encargados de velar por la calidad en la educación y las instituciones universitarias, respecto a la evaluación de los llamados ECAES, pues se podrían enviar señales erradas a la sociedad según los resultados de dichos exámenes, que marcan de manera específica a los futuros profesionales especialmente en sus posibilidades de inserción a la laboral. Se considera que ACOFI es un interlocutor válido entre las instituciones y el gobierno nacional para dar la mayor claridad posible a los procesos que se quieren impulsar, en procura de una alta calidad de la educación superior en Colombia.

## Bibliografía

1. MERTENS, Leonardo. Competencias Laboral: sistema surgimiento y modelos. O.I.T. Edi. Cinterfor. Monte video 1996.
2. VILLADA OSORIO, Diego. Introducción a las competencias Edi. Artes Gráficas. Manizales Colombia 2001.
3. ICFES, Catedra Agustin Nieto Caballero. Ponencia de Capacho Jose Rafael. Universidad del Norte. Barranquilla Marzo 1/2002.
4. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad Ingeniería Eléctrica, Reforma Curricular programa Ingeniería Eléctrica.
5. MONTE, Nahum. Un espejismo proteico llamado competencias. En reflexiones pedagógicas. Universidad Nacional de Colombia. Grupo Santillana. 2002.
6. BOGOYA MALDONADO, Daniel. Otros: competencias y proyecto pedagógico Universidad Nacional de Colombia. Edi. Unibiblos. Bogotá 2000.
7. [www.oti.org](http://www.oti.org). Las 40 preguntas más frecuentes sobre competencias laborales.



# Duración Nominal de las Carreras de Ingeniería en Colombia

## Elementos para la Discusión

María Eugenia Muñoz Amariles – [memunoz@unalmed.edu.co](mailto:memunoz@unalmed.edu.co)

Universidad Nacional de Colombia – Medellín

### Resumen

La propuesta del equipo de rectoría de la Universidad Nacional respecto al planteamiento de reducir a 4 años la duración nominal de las ingenierías, generó expectativas y preocupación en la comunidad académica de la Facultad de Minas y motivó la realización de un estudio preliminar para evaluar la viabilidad real de la propuesta en uno de los programas de la Facultad de Minas. Para ello se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Evaluación de las causas de permanencia y el rendimiento académico con una población de 208 egresados de Ingeniería Mecánica.
- Evaluación de las condiciones de permanencia de los ingenieros de la universidad nacional frente a las registradas en otros países.
- Análisis comparativo de la formación por áreas del conocimiento de 22 currículos de IM de 4 años frente a 21 currículos de IM de 5 años.
- Análisis de perfil de ingeniero que necesita el país frente al perfil de formación determinado para un ingeniero de 4 años en los Estados Unidos. El ingeniero colombiano recién egresado, debe cumplir 11 atributos esenciales y 30 factores de comportamiento para ser un buen profesional; de esa lista el ingeniero de 4 años está diseñado para cumplir con 5 de los 11 atributos y 9 de los 30 factores de comportamiento.

### Categorías ocupacionales de las profesiones técnicas

Internacionalmente se identifican tres categorías en el campo de las profesiones técnicas: técnicos, tecnólogos e ingenieros.

El subgrupo de los “técnicos”, dentro de la profesión de técnicos, tienen una proporción mayor de formación práctica, mientras que el subgrupo de los “técnicos especializados” presentan mayor formación teórica, con muchos elementos de formación de los ingenieros. En muchos países el técnico especializado es equivalente al ingeniero técnico de nivel superior, al tecnólogo, al ingeniero práctico, al ingeniero aplicado, al ingeniero tecnólogo, etc.

La ingeniería también está sometida a diversas definiciones ocupacionales y su formación varía en función de la importancia concedida a la formación teórica o a la tecnológica. El ingeniero es el personal técnico de mayor nivel de calificación intelectual, ocupacional y jerárquica, con formación de nivel universitario en la que predomina la formación teórica sobre la práctica.

En algunos países el modelo curricular predominante es la formación en 4 o 5 años con énfasis en la formación teórica. En el modelo de 4 años se intensifica el trabajo académico autónomo del estudiante en proyectos, experimentos, modalidades de estudio independiente, etc. y se atiende a la necesidad de ampliar las oportunidades de combinación de estudio y trabajo, como medio de financiación de los estudiantes de menores ingresos. El objetivo de este pregrado es la formación básica de un ingeniero joven con capacidad de solucionar problemas en el sector productivo.

En otros países la formación del ingeniero se organiza por ciclos diferenciados por su duración y énfasis en la formación teórica o práctica<sup>1</sup>. El primer ciclo (3 años) se orienta generalmente a la formación del ingeniero

<sup>1</sup> Por ejemplo, la política de educación superior en la Unión Europea está orientada a la organización de la educación superior en 2 ciclos: un pregrado de 3 años, en el que se adquieren las competencias necesarias para ingresar al mercado del trabajo y que permita el acceso a un postgrado que conduzca a una mayor profesionalización en otras instituciones y/o países.

técnico o práctico, equivalente al tecnólogo, capacitado para la solución de problemas tecnológicos en la producción, mas no para la investigación tecnológica de alto nivel, la que requiere una formación más profunda, propia del segundo ciclo y de los postgrados. Este primer ciclo tiene las mismas bases matemáticas y teóricas de las ingenierías y se diferencia por su carácter tecnológico, aplicado y con experiencia práctica en la producción. El graduado de este primer ciclo es denominado de diversas maneras: ingeniero técnico, ingeniero practico, tecnólogo, ingeniero de producción, ingeniero asociado, técnico o tecnólogo en ingeniería, etc. La formación de mayor nivel teórico se adquiere en el segundo ciclo (2 a 4 años), a este acceden los graduados del primer ciclo con capacidades intelectuales y con vocación hacia el trabajo de desarrollo e investigación.

En la estructura de dos ciclos (Bachelor Master) se ofrece una formación de nivel intermedio para los estudiantes que no quieren o pueden continuar estudios de segundo ciclo. Es importante señalar que la formación ofrecida no es de carácter especializado. No confiere calificación técnica o profesional de alto nivel. Solo califica para trabajos u ocupaciones de nivel intermedio.

En Estados Unidos los empresarios se han pronunciado respecto a la formación en ingeniería

- El Vicepresidente de la IEEE manifestó que la duración de 4 años en la formación de los ingenieros para el siglo XXI es escasa y debe aumentarse.
- La sociedad americana de ingeniería Civil reconoce que se debe formar un ingeniero en mas de 4 años y señala que cada vez se hace invisible la ingeniería en la sociedad con la formación actual.
- Se acentúa que las compañías invierten menos en la formación de los profesionales
- En un seminario sobre valoración de resultados de los ingenieros, cuatro representantes de la industria<sup>2</sup> coincidieron en que los ingenieros tienen carencias en la formación para reaccionar a los cambios súbitos y diversos en las condiciones del trabajo o en el entorno laboral, el trabajo en equipo e interacción con otros y la cooperación, la iniciativa y la innovación, la comprensión del contexto externo del trabajo, el manejo de la diversidad, la flexibilidad, la decisión y el juicio, el crecimiento de conocimiento continuo, la integración del conocimiento, las habilidades de comunicación, la iniciativa y la auto evaluación, la adaptabilidad y el manejo eficaz de proyectos. Brewer anotó que fue necesario incorporar grados de master para lograr las habilidades mencionadas y que las personas preparadas en Ph.D. se vuelven demasiado específicas en su perspectiva; recomienda adicionalmente, que debería mostrárseles a los estudiantes que en la vida real los proyectos técnicos siempre son multifacéticos y normalmente no tienen componentes técnicos principales.

## Rendimiento académico y condiciones de permanencia de 208 egresados del plan de estudios de Ingeniería Mecánica - Facultad de Minas

En la evaluación de las condiciones de permanencia y el rendimiento, teniendo en cuenta la rigidez del plan de estudios y la permanencia ocasionada por el trabajo de grado, se encontró que:

- Los rendimientos académicos más bajos del plan de estudios (3.0) se registraron en las áreas de Matemáticas y Física, con niveles de pérdida de 28% y 17% respectivamente. Los rendimientos más altos (4.1) se presentaron en las asignaturas del núcleo flexible.
- El cambio de metodologías con grupos grandes en Matemáticas y Física del plan 81 al plan actual generó un porcentaje de ineficiencia del 4.3% y 6.6% en los métodos de docencia en las áreas de Matemáticas y Física.
- Los niveles de ineficiencia institucional, medidos a partir del porcentaje de registros adicionales por asignaturas perdidas es el siguiente: Matemáticas 28% (11 asignaturas), Física 17% (3 asignaturas), Mecánica 16% (13 asignaturas), Modelamiento 12% (2 asignaturas) y núcleo flexible 4.5% (10 asignaturas). En realidad estos porcentajes son superiores teniendo en cuenta que para el estudio no se consideró la población de estudiantes que no se graduó. De acuerdo al comportamiento de la población se puede afirmar que Matemáticas y Física son las áreas con el mayor grado de dificultad

<sup>2</sup> El vicepresidente de ingeniería del grupo de defensa y del espacio de la Boeing (Larry J. Winslow), el vicepresidente para ingeniería de la corporación Exxon (Robert Mastrocchio), el representante de la consultoría Andersen (Andrew H. Cohen) y el presidente de la Brewer Science (Terry Brewer)

- El plan de estudios tiene 3 rutas de prerequisites que lo rigidizan y como consecuencia promueven la permanencia de los estudiantes<sup>3</sup>. Al realizar el seguimiento de la mortalidad académica siguiendo estas rutas, se encontró que las mayores pérdidas se detectaron en las que tienen las cadenas más largas de prerequisites: Térmicas y Mecánica. Mientras que las rutas con cadenas cortas no tienen asociadas pérdidas con un número de estudiantes. Además, al evaluar cada ruta se encontró que los estudiantes experimentan mayor represamiento en las Matemáticas seguido de la Física y en menor medida en los cursos propios de la profesión (a excepción de 2 cursos del área de Mecánica y Diseño). Es necesario que las escuelas que manejan Matemáticas y Física establezcan acciones para reducir los niveles de permanencia de los estudiantes de ingeniería de la Facultad de Minas.
- Al comparar los niveles de permanencia ocasionados por pérdidas de asignaturas y los ocasionados por el trabajo de grado, se encontró que los egresados del plan de estudios actual, permanecieron semestres adicionales en la universidad debido principalmente a la pérdida de asignaturas asociadas con las rutas de prerequisites en las diferentes áreas<sup>4</sup>.

## Condiciones de permanencia de los ingenieros de la Universidad Nacional frente a las registradas en otros países

La confrontación interna de las condiciones de permanencia son importantes para detectar los puntos críticos y establecer los correctivos necesarios y posibles; pero podría pensarse que, además de las situaciones problemáticas particulares, existen condiciones naturales en las instituciones de educación superior que le permiten a un estudiante un mayor plazo de graduación al establecido por el plan de estudios. Al comparar las condiciones de permanencia frente a las registradas en programas de ingeniería en otros países, Figura 1, se encontró que, en general los estudiantes se toman más tiempo del nominal para finalizar la carrera y no son diferentes a las registradas en los planes de estudios de la UN, las causas probables de la permanencia son:

**Baja selectividad.** Los estudiantes se les permite elegir menor cantidad de asignaturas por semestre respecto a la cantidad nominal diseñada para el plan. En general a excepción de Islandia, ellos tienen límites inferiores, pero no establecen topes superiores<sup>5</sup>. En la Facultad de Minas, un estudiante de IM que tome siempre la carga mínima (8 asignaturas), por su condición laboral, y no pierda ninguna asignatura, tendrá que realizar 19 registros antes de la graduación. Otro elemento que posibilita ampliar las condiciones de permanencia en la Universidad Nacional es el registro por tercera vez de una asignatura.

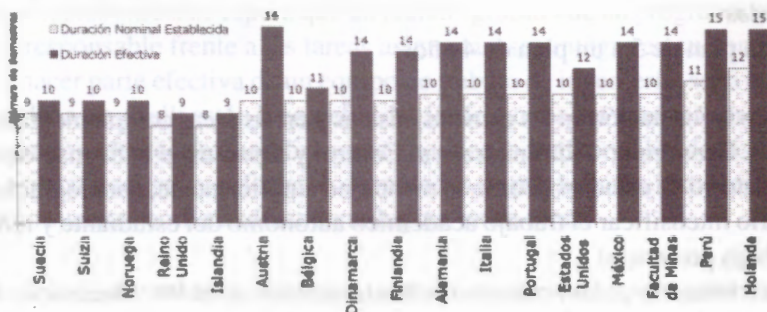


Figura 1. Condiciones de permanencia en ingeniería en países de Europa Occidental, Norte, Centro y Sur América.

- La más larga es la ruta que nace en el primer semestre con Matemáticas y termina en el 10º semestre con Diseño Térmico II. Le sigue la ruta que se inicia en el primer semestre con Matemáticas y Dibujo y finaliza en el 9º semestre con Diseño Mecánico III. La tercera ruta empieza en el primer semestre con Matemáticas y termina en el 7º semestre con Automatización.
- El 9% de la población permaneció 6 semestres adicionales en la universidad debido principalmente (6.03% de la población) a la pérdida de asignaturas en las rutas de Mecánica y/o Térmicas
- El 15.7% de la población permaneció 5 semestres adicionales en la universidad debido principalmente (9.42%) a la pérdida de asignaturas en las rutas de Mecánica y/o Térmicas
- El 38.1% de la población permanece 4 semestres adicionales en la universidad debido principalmente (27%) a la pérdida de asignaturas en las rutas de Mecánica y/o Térmicas
- El 46.3% de la población permanece 3 semestres adicionales en la universidad debido principalmente (31%) a la pérdida de asignaturas en las rutas de Mecánica y/o Térmicas
- El 50.4% de la población permanece 2 semestres adicionales en la universidad debido principalmente (38%) a la pérdida de asignaturas en las rutas de Mecánica y/o Térmicas
- El 26.9% de la población permanece 1 semestre adicional en la universidad debido principalmente (26.9%) a la pérdida de asignaturas en las rutas de Mecánica y/o Térmicas o en las rutas de Materiales, Procesos, Automatización, etc.
- En Islandia tienen un control de la permanencia por ley: un estudiante no puede permanecer en la universidad más de 5 años (excepcionalmente, por enfermedad, etc., se otorga un sexto año); sin embargo, un estudiante puede volver a ingresar a la universidad en primer año.

- Los currículos son muy amplios y sobrecargados
- Hay problemas en la formación pedagógica de los docentes
- Hay mucha transmisión de información
- No se cobra por la formación universitaria
- Exceso de estudiantes por profesor, lo que favorece la educación teórica contra un aprendizaje más práctico
- Pobres dotaciones físicas y de equipos de apoyo
- Falta integración e interacción entre los temas de estudio

Como puede verse este no es un problema exclusivo de la Universidad Nacional de Colombia y lo argumentos planteados no son ajenos a nuestras condiciones.

## Análisis comparativo de las áreas del conocimiento de 22 planes de estudio de Ingeniería Mecánica de 4 años frente a 21 de 5 años

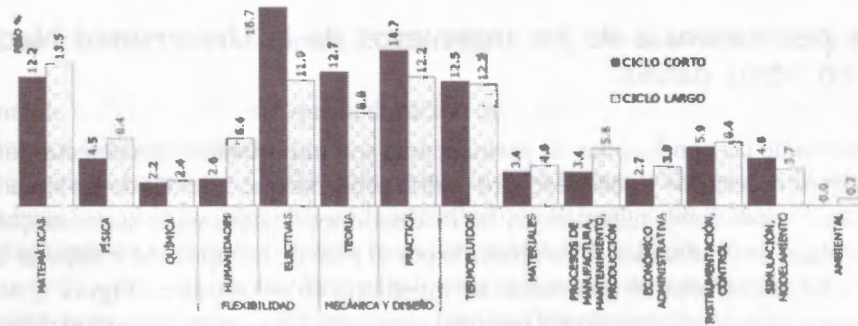


Figura 2. Análisis comparativo de la distribución por áreas de 22 planes de estudio de ingeniería mecánica de ciclo corto frente a 21 planes de ciclo largo

Se llevó a cabo un análisis de la distribución de las áreas de formación específicas de planes de estudios de ingeniería Mecánica de ciclo corto frente a planes equivalentes de ciclo largo<sup>6</sup> con el propósito de evidenciar diferencias entre los dos modelos curriculares. En la Figura 2 se presenta el resultado de los pesos definidos para cada una de las áreas el cual se obtuvo mediante un análisis del consenso del 70% de las universidades para evitar el sobredimensionamiento por especialidad de las instituciones.

### Análisis de los resultados

Como puede verse de un plan de 5 a un plan de 4 años:

- Se disminuye un poco la formación en las ciencias básicas y en las áreas complementarias del plan de estudios: Materiales, Procesos, Económico-Administrativa, Control y desaparece la formación en el área ambiental dentro del plan obligatorio de estudios. Como se mencionó anteriormente, para lograr la formación en un ciclo de 4 años es necesario intensificar el trabajo académico autónomo del estudiante y reducir la intensidad de asignaturas y el trabajo presencial.
- Se hace énfasis en la formación en las áreas pilares fundamentales de la IM: Mecánica y Diseño y Termodinámica y tiene relevancia la herramienta del Modelamiento dentro del plan obligatorio de estudios. Los resultados del trabajo teórico y el práctico en el área de Mecánica y Diseño evidencian un equilibrio entre la formación en ciencias de ingeniería y las prácticas de diseño. Estos resultados confirman los argumentos planteados por Lucena respecto a que, en los últimos años (desde finales de los 90') se viene promoviendo la formación de un ingeniero flexible a través de la integración de conocimientos en los cursos de diseño: algunas iniciativas desarrollan experiencias de diseño en el primer año con el ánimo de introducir a los estudiantes respecto a lo que es la ingeniería tan temprano como sea posible, otras iniciativas integran el diseño en todo el

<sup>6</sup> Referentes de ciclo corto: Michigan, Purdue, California, U. Pública de Navarra, Asturias, Cadiz, San Sebastián, Western, Carlos III de Madrid, Lausanne, Queen, Leuven, Florida, Virginia, Universidad de Laval, Paul Sabatier, Quebec Á Trois Rivieres, E.P de Montreal, Ottawa, Standford, Ryerson, Washington.  
Referentes de ciclo largo: Sao Paulo, País Vasco, Pontificia U.Chile, U.N Autónoma de México, Tecnológica Nacional, Puebla, Buenos Aires, Tecnológico de Monterrey, Universidad Católica de Córdoba, Uis, Antioquia, UN Bogotá, Universidad de Pamplona, Universidad de los Andes, Universidad del Atlántico, Universidad del Norte, Eafit, Tecnológico de Pereira, UPB Medellín, Valle, UN Medellín.

currículo con el objetivo de ayudar a los estudiantes a hacer la transición del método de diseño del estudiante de primer año al método del estudiante de último año y de éste a la práctica de ingeniería. Los cursos de diseño de los estudiantes de último año tienen como meta proporcionarle a los estudiantes los elementos claves del diseño, métodos de diseño, manejo de proyectos, equipos de trabajo, ingeniería económica, ética, riesgo y temas contemporáneos antes de la graduación.

- En el componente flexible<sup>7</sup>, un plan de 4 años promueve mayor libertad a los estudiantes para el diseño de su trayectoria educativa, privilegia la elección de asignaturas que complementan la formación profesional (electivas) y sacrifica el componente de formación humanística en el que se ubica la experiencia personal y universitaria en los contextos histórico, socio-económico, político, cultural, técnico o científico con énfasis en el papel pasado, presente y futuro del conocimiento. Esto quiere decir que se sacrifica la formación integral de los ingenieros y es adecuado el nombre de “ingeniero técnico”.

## Atributos esenciales y factores de comportamiento de un ingeniero recién egresado en la formación de 4 años en USA frente a los requeridos por un ingeniero en Colombia

En el otoño del 2002 se definió el perfil de los ingenieros de calidad en Estados Unidos en varias actividades que involucraron un grupo heterogéneo de participantes con 40 universidades y 10 colaboradores de la industria que resultaron de 150 encuestados. Los participantes empezaron por revisar los criterios 3 y 4 del Abet y las habilidades definidas por el grupo industria-universidad-estado para mejorar la educación en ingeniería. En la tabla 1 se sintetizan las decisiones de la evaluación de más del 80% de los encuestados y el resultado de la retroalimentación de este trabajo en el que se determinaron 11 atributos de un ingeniero de alta calidad y 2 o 3 factores de comportamiento para cada atributo, los cuales indican las acciones que determinan un ingeniero de calidad.

Los participantes calificaron la función esencial de los factores de comportamiento individuales para los ingenieros recién egresados de calidad como se ilustra en la columna con el nombre de Bachelor en la tabla 1. aquí el nivel “esencial” se le da a un factor si al menos el 75% de los participantes lo valoraron como “esencial para todas las disciplinas” o “esencial para algunas disciplinas”. Tomando el procedimiento aplicado por los participantes estadounidenses se llevó a cabo la calificación de los factores esenciales para los ingenieros mecánicos colombianos recién egresados, teniendo en cuenta la prospectiva de los requisitos de formación de los mismos<sup>8</sup>. El resultado de este trabajo se presenta en la última columna de la derecha de la tabla 1.

Observe que la industria estadounidense espera que un recién egresado de un programa de 4 años tenga una buena formación técnica, sea responsable frente a las tareas asignadas, sea íntegro en su comportamiento profesional, esté en condiciones de hacer parte efectiva de un equipo de trabajo de ingeniería, sepa elaborar informes orales y escritos; tal vez esto se debe a que allí están bien definidas las fronteras del ejercicio profesional. En Colombia es bien sabido que el ingeniero además de cumplir con las funciones tradicionales de diseño, construcción, operación, mantenimiento, especificación y verificación de métodos de producción, instalación y control, debe investigar, planear, gestionar proyectos, comercializar tecnologías, entre otras.

La propuesta de reducción a 4 años la duración de las ingenierías en el país, promueve una formación que toca las fronteras del ingeniero que implementa los diseños (formación de nivel intermedio) y se aleja del ingeniero de concepción, gestión y manejo de proyectos. Antes de tomar alguna decisión es pertinente indagar las causas de las inconformidades respecto la formación de los ingenieros de ciclo corto en Estados Unidos dentro de su estructura del trabajo. Además no hay que crear maestrías para desarrollar tareas propias de la profesión de ingeniería, hay que crearlas con una política con la que se clarifique la investigación en ingeniería en la que “el trabajo debe ser de naturaleza verdaderamente científica y no una práctica rutinaria de la ingeniería, y debe cumplir con estándares de originalidad y excelencia” como lo establece la National Science Foundation en Estados Unidos.

<sup>7</sup> Un estudiante que se desempeñará como ingeniero flexible debe desarrollar habilidades para trabajar en equipos, aprender cooperativamente, utilizar tecnologías educativas contemporáneas, integrar la ingeniería con otras disciplinas, tener una educación amplia para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global y social

<sup>8</sup> Publicado en el artículo Tendencias en la formación de los Ingenieros Mecánicos en Colombia en este documento y en el congreso internacional de ingeniería Mecánica en su versión 2004. Costa Rica, Agosto 17-19.

	Bachelor	Ingeniero colombiano
<b>1 Motivación. Motivado y toma acción para realizar las asignaciones en el tiempo establecido</b>		
Acepta la responsabilidad requerida para una asignación	E	E
Se mantiene enfocado para completar las tareas importantes en el tiempo en medio de múltiples demandas		E
Toma la iniciativa necesaria y los riesgos apropiados para sobreponerse a los obstáculos y alcanzar los objetivos		E
<b>2 Técnicamente competente— Competencias en conocimiento y en herramientas de ingeniería</b>		
Demuestra conocimientos de Matemáticas, Ciencias Naturales, Estadística en la solución de problemas de ingeniería	E	E
Demuestra conocimientos de Ciencias de Ingeniería. Métodos Experimentales, Análisis de datos, Ingeniería Económica, Tecnología de la información requerida para la solución de problemas de ingeniería	E	E
Demuestra habilidad para utilizar herramientas de ingeniería contemporáneas para analizar, resolver y documentar problemas de ingeniería	E	E
<b>3 Establece juicios y toma decisiones. Está habilitado para tomar decisiones acertadas de ingeniería</b>		
Reconoce aspectos claves cuando se dirigen problemas de ingeniería		E
Plantea criterios de evaluación (que incorporan todos los factores relevantes) a partir de diversas fuentes y evalúa las alternativas frente a esos criterios y a los riesgos asociados		E
Toma decisiones racionalmente y verifica la viabilidad de las decisiones		E
<b>4 Innovación. Contribuye creativamente a las actividades de ingeniería</b>		
Piensa en forma creativa (independiente y cooperativamente) y realiza búsquedas amplias para identificar y formular estrategias innovadoras		E
Modela y justifica acciones que enriquecen la innovación		
<b>5 Centrado en la relación Cliente / calidad. Busca la más alta calidad como la definen los clientes</b>		
Establece relaciones exitosas con los clientes internos y externos para entender sus necesidades y lograr o acordar sobrepasar los estándares de calidad		E
Monitorea los logros, identifica las causas de los problemas, y revisa los procesos para incrementar la satisfacción del cliente (controla y mejora procesos que aseguran alta calidad)		E
<b>6 Dirige la ingeniería en un ambiente de negocios. Busca el éxito de los negocios con los productos de la Ingeniería</b>		
Articula los factores que manejan el éxito de los negocios en el mercado actual (articular metas comerciales y objetivos para un proyecto, dirigir costos, planificar y ejecutar para cumplir los requisitos de los clientes).		E
Realiza esfuerzos para adaptarse y soportar apropiadamente las necesidades de los negocios de la organización en la que trabaja		E
Estimar los costos y los beneficios de las alternativas de ingeniería asociadas con un plan de negocios		E
<b>7 Integra soluciones. Produce productos, procesos, planes y/o sistemas de ingeniería reales</b>		
Desarrolla soluciones (productos) de ingeniería que suplen las necesidades de la sociedad en el contexto global, social, político y con restricciones ambientales		E
Diseña soluciones tecnológicas que son manufacturables y mantenibles		E
Incorpora tecnologías del estado del arte en el desarrollo de nuevos productos		E
<b>8 Ética Profesional. Practica y promueve el comportamiento profesional</b>		
Exhibe integridad en el comportamiento ético en la práctica de ingeniería y sus relaciones	E	E
Participa en sociedades profesionales para establecer estándares y asegurar que los ingenieros cumplan con los códigos y estándares profesionales		
<b>9 Trabajo en Equipo. Construye y mantiene un equipo de trabajo efectivo</b>		
Muestra sensibilidad y respeto por las perspectivas y contribuciones de personas de diferentes culturas	E	E
Forja y mantiene un ambiente laboral agradable, con confianza y resuelve conflictos, de forma oportuna, cuando es necesario.	E	E
Desarrolla metas compartidas y estrategias para conducir los esfuerzos de un equipo	E	E
Hace el papel de un integrante efectivo de un equipo contribuyendo en los éxitos individuales y del equipo	E	E
<b>10 Gestor de Cambios. Se prepara a sí mismo y a otros para el cambio y el crecimiento profesional</b>		
Se anticipa al cambio y es flexible para responder a los retos y retroalimentación en las organizaciones y en la sociedad		E
Se anticipa y acepta los retos basado en el conocimiento de los asuntos contemporáneos		
Aplica la autovaloración continua, planeación, y el aprendizaje continuo para el crecimiento personal y el que tiene que ver con el cambio constructivo		E
<b>11 Comunicación. Intercambia información para cubrir las necesidades del público</b>		
Escucha y observa atenta y efectivamente para evaluar las necesidades de información de la audiencia		E
Organiza y elabora una comunicación oral y escrita para lograr el entendimiento deseado y presentar el impacto	E	E
Mantiene a los clientes informados respecto a los aspectos que afectan su trabajo y garantiza la confidencialidad necesaria		E

Tabla 1. Atributos esenciales y factores de comportamiento requeridos para una formación de Bachelor en Estados Unidos frente a los requeridos por un ingeniero colombiano.

## Referencias

- COHEN A. Evaluating Engineering Graduates in «Business Consulting. American society for Engineering Education annual Conference & Exposition. 1997.
- DAVIS D y otros. How Universal are Capstone Design course Outcomes?. Proceedings of the 2003 American Society for Engineering Education annual Conference & Exposition.
- ERNST E. Workshop Summary. American society for Engineering Education annual Conference.
- GOLDMAN T. Success in Industry. American society for Engineering Education annual Conference & Exposition. 1997.
- GOMEZ V.M. Tendencias Internacionales en la educación en Ingenierías. Universidad Nacional de Colombia. 2003
- LUCENA J.C. Flexible Engineers: History, Challenges, and Opportunities for Engineering Education. Colorado School of Mines.
- MASTRACCHIO. R. Assessment of Professional Performance Expectations and Measures. American society for Engineering Education annual Conference & Exposition. 1997.
- MUÑOZ M. E. Soporte investigativo de la reforma del plan de estudios de Ingeniería Mecánica. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2004
- SALAZAR C. J. y Cañon R J.C. Tendencias en la formación de los ingenieros en Colombia. Una visión de la Facultad de ingeniería de la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia. Julio 2003.
- SAPERSTEIN L. Outcomes Measures and Performance Assessment: An Industrial Perspective. American society for Engineering Education annual Conference
- TAPIAS G H. Un Ingeniero para el Futuro de Colombia. Foro de ACOFI. 2003
- TORO J R. La enseñanza de la ingeniería. Foro de ACOFI. 2003

# El Aseguramiento de la Calidad de la Educación, una Responsabilidad Colectiva

Misael González Quintero  
Decano

Gloria del Hierro Santacruz  
Coordinadora de Área

Universidad La Gran Colombia Socio- Humanista  
Facultad de Ingeniería Civil

Al efectuar un seguimiento al concepto de calidad de la educación, se observa que ha tenido una evolución histórica y que su origen estuvo muy vinculado con el desarrollo del sector industrial en el campo de la gestión administrativa. Sin embargo, a pesar de una serie de experiencias que se han llevado a cabo, con el tiempo se formula un interrogante y es sobre las debilidades que aun hoy se mantienen en la Calidad de la Educación.

Las respuestas que se plantean al interrogante varían, algunas hacen referencia al hecho de haber centralizado las acciones de mejoramiento en una serie de procesos metodológicos, dando un énfasis a los aspectos instrumentales.

Otras explicaciones en cambio se refieren a la importancia que se le asigno a los procedimientos y al control, además este último con frecuencia era externo. También, están las posiciones de quienes destacan que la debilidad en el crecimiento en cuanto al mejoramiento de la calidad de la educación obedece al desconocimiento o a la poca importancia que se le reconoce a la cultura que se requiere para lograr procesos sostenibles y por lo tanto conseguir el aseguramiento de la calidad de la educación.

El presente trabajo se enmarca en esta última posición y tiene como objetivo compartir una experiencia que en este sentido se lleva a cabo en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad la Gran Colombia.

La calidad de la educación entonces se considera como “la cultura constituida por las significaciones, percepciones, imaginarios y experiencias de los diferentes miembros de la comunidad académica, que están orientadas al mejoramiento de la calidad de la facultad”. De esta manera, no son normas externas las que regulan los procesos, sino dinámicas internas producto de un movimiento incesante de dar nuevas formas a las disposiciones y a las capacidades de los diferentes agentes sociales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia.

La concepción anterior de calidad de la educación, fue el fundamento conceptual para construir un rumbo colectivo que se inicio en 1.996 en la Facultad de Ingeniería Civil. Época en que se construye el Proyecto Educativo.

La metodología se caracterizó por ser participativa y flexible, en la medida que se adaptaba a las condiciones del grupo en cuanto al conocimiento de los temas y a los diferentes acercamientos por las experiencias de trabajo.

También, era necesario que la metodología permitiera las diversas expresiones producto del trabajo interdisciplinar.

Esto nos condujo a reconocer la especificidad de los lenguajes, percepciones, constructos teóricos y comprensiones que se derivan de cada una de las disciplinas.

La ingeniería, la arquitectura, el derecho, la economía, la administración y educación, se sentaron en nuestro grupo de trabajo en torno a los temas de la educación superior, proyectos educativos, currículo, aprendizaje, evaluación e investigación entre otros. La diversidad fue la nota que hizo presencia en las reuniones y no faltaron las tensiones que son muy comunes en este tipo de diálogos.



Los miembros del grupo que conformaron el equipo de trabajo pertenecen a las diferentes disciplinas expuestas, lo que incidió para que surgieran momentos de encuentros y desencuentros, donde se suscitaron dinámicas que tomaron forma, en la medida que se fueron asimilando las nuevas temáticas y lenguajes. En la interacción entre los diferentes saberes surgieron nuevas interpretaciones, así como propuestas alternativas diversas y también se definieron los papeles en el proceso de formación.

Al comprender la interdisciplinariedad como una variable estructurante en el trabajo de mejoramiento de la calidad, reconocemos el mundo y sus diferentes miradas, se abre un espacio para la complejidad, no solo por las especificidades de las distintas disciplinas que se reunían en la mesa de trabajo, sino también por los resultados que se van logrando en los juegos de intercambio permanente de: supuestos, problemas e interpretaciones.

La comprensión por lo tanto no es únicamente entender los contenidos, es reapropiarse de nuevos sentidos y explicaciones, es algo que se va dando en las interacciones. Además, se llegan a acuerdos sobre lenguajes, metodologías y componentes curriculares.

La diversidad como una opción de un recrear. Es un estado nuevo que se va haciendo, es decir que lo que inicialmente era absolutamente extraño y en algunas oportunidades difíciles de entender y por lo tanto se percibe distante. En la medida que se elucida los sentidos se posibilita la emergencia de nuevo mundo con sentido. Aquí podemos citar a Max Weber cuando se refiere a las intencionalidades de las acciones y la importancia de conocer sus significaciones para comprender la acción social.

La totalidad, es decir la nueva realidad surge durante las interacciones de los trabajos en grupo, que no siempre fueron de asimilación y adaptación algunas al contrario fueron de distanciamiento y de debate. Esta nueva perspectiva de mundo que integra las diferencias, se construye precisamente en la combinación de lo distinto mediante el diálogo entre ellas.

Ahora era necesario diseñar estrategia de diálogo y escucha. Las lecturas, la asistencia a foros y encuentros sobre la educación superior, los debates y exposiciones en el grupo de trabajo, abrieron unas nuevas miradas sobre las temáticas de los estándares de calidad. Los diálogos con otros interlocutores externos al grupo también enriquecieron nuestro proceso, facilitando los niveles de apropiación y comunicación.

Al calificar la calidad de la educación con el término de aseguramiento, se abrió una nueva puerta que era necesario asumir. Sin embargo, el camino recorrido por el grupo aportaba ya una base para configurar las condiciones para la consolidación de los procesos iniciados años atrás.

Cuando se revisa el término de aseguramiento, se encuentra que la mayoría de sus desarrollos están en el campo de la industria y de la administración. Algunos autores se refieren a este concepto como la integración de las actividades planificadas e implementadas dentro de un sistema y evidenciadas como necesarias para dar confianza de que una entidad cumple con los requisitos de calidad. En cambio otros, definen el aseguramiento de la calidad en otros términos y complementan su definición, destacando que el aseguramiento consiste en un conjunto organizado de procedimientos bien definidos y entrelazados armónicamente, que requieren de unos determinados recursos para funcionar.

Cuando la preocupación sobre la calidad de la educación se traslada a la cultura el aseguramiento tiene una connotación que va más allá, es decir se trata de buscar y propiciar las condiciones donde sea posible la unidad de la diversidad, que se expresa en los lineamientos construidos en los diálogos. De ahí, que más que hablar de procedimientos y actividades implica referirse a las nuevas redes que se consolidan y le dan una estructura al tejido que la soporta.

Las concepciones individuales que cada uno manifiesta en los diálogos van adquiriendo unas nuevas significaciones y en esas dinámicas de reconstrucción y de resignificación, se van gestando condiciones para ingresar a la

**conciencia-colectiva.** Durkheim se refiere a estos hechos sociales y anota como los saberes individuales en ciertos procesos interactivos, las formas de pensar, actuar y sentir de los hechos individuales, adquiere una dimensión social que se va generalizando y constituye una conciencia colectiva.

El aseguramiento de la calidad de la educación por lo tanto se consolidará en el nosotros, supone convertir conocimientos, experiencias y significaciones en procesos que puedan ser aprendidos por otros. De esta manera, las regularidades que surgen no se perciben como externas sino que son productos de la auto reflexión porque somos capaces de convertir nuestras experiencias en procesos con sentido colectivo.

Los nuevos aprendizajes contribuyen a la consolidación del aseguramiento de la calidad, nos conduce a encontrar soluciones a los problemas de manera constante. Son los sujetos los actores de su propio proceso de aseguramiento de la calidad. Aquí podemos acudir a Alain Touraine cuando ilustra nuestras reflexiones con los planteamientos de su libro ¿Podremos vivir juntos? donde se destaca la importancia del sujeto como actor de su propio proyecto de vida personal, para que la existencia no se reduzca a un continuo responder a los estímulos del entorno.

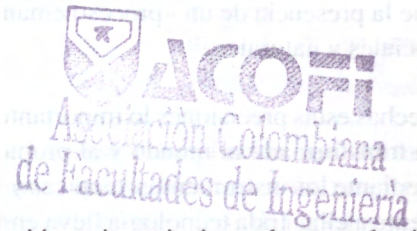
Retornando al título “**el aseguramiento de la calidad es una responsabilidad colectiva**”, nos encontramos que se requiere tender puentes, escapar de las posiciones individuales, superar las barreras disciplinares para reconocer y aceptar el reto de la transformación de la Educación Superior desde una responsabilidad colectiva, donde la acción de mejoramiento compromete a conciliar intenciones y voluntades de acción.

## Bibliografía

1. Asociación Colombiana de Universidades. El sistema de acreditación en Colombia Bogotá 2.004
2. Durkheim, Emilio. Educación y Sociedad. Bogotá. Ariel 1.990
3. Gadamer, Hans- Georg. Verdad y Método. Vol II Salamanca: Sigueme, 1.994
4. Leyva, Jesús Rosario. Diccionario de términos de calidad. México 2.000
5. López, Francisco. Gestión de la calidad. Madrid. 2.002
6. Ministerio de Educación Nacional. El Sistema de Educación Superior en Colombia, Bogotá 2.002
7. Paternon Rene Valdo Implementación del sistema de calidad. Chile. 2.002
8. Roa Varelo Alberto Hacia un modelo de aseguramiento de la calidad en la educación superior en Colombia: Estándares básicos y acreditación de excelencia.. En Evaluación, promoción de la calidad y financiamiento de la educación superior. México 2.000
9. Touraine, Alain. Fondo de Cultura Económica Argentina 2.002
10. Weber Max. Educación y Economía. Fondo de Cultura Económica. Argentina 1.977

# El Futuro de la Educación en Ingeniería: entre la Realidad y la Virtualidad

Asdrúbal Valencia Giraldo  
Universidad de Antioquia  
A. A. 1226, Medellín., COLOMBIA  
Avalen@udea.edu.co



## Resumen

Sin duda, de los factores que más están influyendo e influirán sobre la educación en ingeniería son las tecnologías informáticas y de telecomunicación, las cuales han generado ambientes como la realidad virtual. Lo fundamental de esto es que no se trata simplemente de tecnologías educativas reducibles a equipos y procesos; no, se trata de un nuevo universo educativo que emerge como un entorno cultural total y no sólo tecnológico.

Ello es así porque la cultura, la ciencia y la tecnología, aunque distintas en niveles específicos, han estado y siguen estando inextricablemente unidas entre sí de tal modo que, en realidad, cada una de ellas se funde con las otras, estableciendo líneas de contacto y apoyo. Estas relaciones implican una especie de complejidad que impide afirmar que alguna de ellas sea distintivamente anterior, primordial o fundamental en relación con cualquiera de las otras. Se derivan (y son posibles) varios tipos de relaciones: la tecnología moldea la cultura; la ciencia proporciona una base epistemológica a la tecnología; la ciencia como epistemología presupone lo tecnológico; la tecno(cultura) produce tecno(ciencia); la cultura siempre es tecnológica pero no siempre científica, y así sucesivamente.

En este trabajo se busca analizar las anteriores complejidades a la luz de la realidad mundial y de las características de Colombia, tratando de dar una mirada prospectiva a un aspecto tan central en el futuro de la formación en ingeniería.

Para fundamentar las anteriores apreciaciones se apela no sólo al análisis, la información y la experiencia, sino que se reseñan algunas de las prácticas pertinentes que actualmente se consolidan en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia.

## Introducción

De acuerdo con la opinión general el porvenir está signado por la tecnología, pues si ésta no se aplica adecuadamente ocurrirá sea una regresión indecible o un colapso mundial. Por ejemplo, el hambre y la pobreza en el mundo son inexcusables, pues la tecnología hace posible que pueda darse alimentación y comodidades a toda la gente.

Sin embargo, son los patrones de conducta humana los que impiden que así suceda; es decir, el problema de la tecnología es sobre todo ético y por ello este trabajo se dirige más a esa reflexión que a la instrumentalidad de la educación en ingeniería.

El poder actual de la tecnociencia es tal que afecta el destino del mundo y altera la estructura tradicional de las sociedades; ese impacto profundo provoca, al mismo tiempo, la desestructuración de las culturas y una reconstrucción sobre nuevas bases. Y, puesto que todo ello está relacionado con la idea de modernidad, es necesario precisar algunos términos.

La modernidad está ligada a los cambios tecnológicos de la Revolución Industrial, pero lleva en sí dos contenidos: el modernismo y la modernización. El concepto **modernidad** se refiere a las transformaciones ocurridas en la cultura y la sensibilidad de Occidente a partir de cierta época y que se agrupan bajo el término **modernismo** cuando se relacionan con el arte. Así, la modernidad implica la constitución autónoma de algunas sociedades y

apunta no sólo a la autodeterminación política sino también a la autonomía moral. Por su parte **modernización** refiere a procesos económicos, tecnológicos y políticos ocurridos sobre todo a partir de la Revolución Industrial. En otras palabras, la modernización es el cambio en las formas de producción, de consumo, de modos de vida etc., fenómenos empíricos que no se insertan necesariamente en un conjunto articulado y significativo que implique que la presencia de un «proceso emancipador», se refiere solamente a la calculabilidad y al control de procesos sociales y naturales.<sup>[1]</sup>

Hechas estas precisiones lo importante al considerar la tecnología es saber que la interacción del hombre con ella ha transformado al mundo y al propio hombre. La prolongación de los sentidos y habilidades del ser humano mediante los instrumentos, técnicas y medios de comunicación, ha alterado la naturaleza y la actitud del hombre frente a ella. Toda tecnología lleva en sí una parte de la cosmología del hombre, de su visión del universo, de sus propias facultades, de su raciocinio y de su imaginación, es por ello que se duda de la neutralidad de la tecnología.

En ese panorama, algunas de las realidades que se consolidarán en el inmediato futuro son, de acuerdo con los expertos, las siguientes:

- Habrán redes mundiales de banda ancha, basadas en fibra óptica; otras técnicas, como los satélites de comunicaciones, los celulares y las microondas serán apenas complementos. Las comunicaciones cara a cara, voz a voz, persona a datos y datos a datos estarán disponibles en cualquier tiempo y en cualquier lugar.
- Las tecnologías de realidad virtual serán comunes para el entrenamiento y la recreación, y parte rutinaria en la simulación de toda clase de diseños y planes.
- La fusión de las telecomunicaciones y la informática será completa. Se usará un nuevo vocabulario de comunicaciones, como televoto, telecompra, teletrabajo y teletodo. Lo que se haga y diga en el ciberespacio será completamente distinto.
- Ir a trabajar será historia para mucha gente. Hacia el 2020 o 2025, 40% de la fuerza de trabajo estará en empleo distribuido o teletrabajo.
- La inteligencia artificial florecerá como ayuda para los profesionales, como asistente de los trabajadores, como reemplazo en los trabajos rutinarios y como herramienta de enseñanza y entrenamiento.
- La escasez de energía y las limitaciones económicas reducirán sustancialmente los viajes físicos. La mayoría de las reuniones será vía tele conferencia y realidad virtual.
- Los lugares de trabajo y las convenciones serán menos importantes en la satisfacción de las necesidades de interacción humana.<sup>[2]</sup>

De acuerdo con tales perspectivas, la virtualidad será central en la vida y, por ende, en la educación y mucho más en ingeniería.

## Las tensiones

Frente a los diversos niveles de *realidades*, son posibles dos actitudes: asustarse ante los peligros añadidos de la pérdida de la realidad o, por el contrario, entusiasmarse con las posibilidades de estas nuevas técnicas de simulación del mundo.<sup>[3]</sup> Los ingenieros, amantes de la modernización, adoptan una desmedida euforia frente a las posibilidades tecnológicas y ejemplos de ello, en Colombia, son los trabajos presentados en la XXII Reunión Acofi.<sup>[4]</sup> Sin embargo, el otro aspecto, sus repercusiones en la interacción humana, no se aborda en su alcance trascendencia y, en general, queda por fuera la abundante temática de índole pedagógica, psicológica y ética.<sup>[5]</sup>

De acuerdo con un experto, “la tensión está en cómo hacemos dialogar dos objetivos que responden a dos racionalidades distintas, la de los ingenieros y la de los humanistas: parece que el objetivo de la modernización está respondiendo a la racionalidad instrumental y de fines y medios, que es la racionalidad del mercado, así el desafío de las facultades de ingeniería es cómo hacemos dialogar estas dos racionalidades: la instrumental propia de la modernización y la axiológica, comunicativa y ética propias de la ilustración, de la emancipación y la modernidad.

¿Cómo hacemos dialogar en un currículo a estas dos racionalidades? Esa es la tensión porque la tendencia más **plazante** es que la racionalidad instrumental **desplaza**, crea un lenguaje dominante que no da lugar a la racionalidad **axiológica**, como si esta no fuera parte del proceso de la modernidad y de la modernización, como si la **universidad** tuviera que preparar exclusivamente sujetos muy instrumentales para entrar a agregar valor absoluto, **porque con la entrega de valor absoluto vamos a poder ser competitivos.**"<sup>161</sup>

## Las estrategias

La **virtualidad** ha permitido trabajar en dos grandes aspiraciones del sector educativo: la **ampliación de cobertura** y el **mejoramiento de la calidad**. Sin embargo, de acuerdo con las anotaciones que se hicieron atrás, **una tarea pendiente** y la mayor perspectiva que se vislumbra con las nuevas tecnologías es la **re-ingeniería de la pedagogía, las instituciones y los sistemas educativos.**

La **educación** mediante la aplicación de las tecnologías digitales es una experiencia reciente, pero se ha expandido **en todo el mundo** y, de acuerdo con Facundo Ángel, se ha desarrollado desde dos enfoques estratégicos.<sup>171</sup> Entre estos dos polos de desarrollo se da un amplio espectro de realizaciones.

El **enfoque** estratégico más conocido y extendido consiste en aplicar las nuevas tecnologías a cursos y programas de **formación y capacitación** para estudiantes remotos o a distancia. En este caso del conjunto de nuevas tecnologías de **información y comunicación (NTIC)** se da **prelación** a las de comunicación, que se usa como medio de **entrega de contenidos**, como mecanismo para facilitar y ampliar la cobertura, preferentemente a estudiantes **remotos**. Las cuatro tecnologías principales son: la **videoconferencia**, la **transmisión satelital**, los **discos compactos** y los **diversos tipos de la Internet**. A estas aplicaciones se las denomina genéricamente como la **educación virtual** o de **aprendizajes electrónicos (e-learning; e-training; e-ducation)**. Sin embargo, estos términos también **incluyen** los desarrollos del otro enfoque, es decir, los **programas académicos a distancia** apoyados en **tecnología virtual**, o **educación a distancia - virtual**, cuya evolución parte de la **tecnología tradicional de la educación a distancia** (módulos en papel, apoyados en **casetes de audio y video** e **interacción vía postal, telefónica o con tutores**). Todo esto funciona también en la denominada **semipresencialidad**, que combina los nuevos y viejos **métodos**.

El **segundo enfoque** estratégico aplica las **NTIC** a la **investigación y desarrollo de la virtualidad** en aspectos como la **administración y los servicios académicos** y, por supuesto, también a la **docencia (presencial y remota)**, pero da **prelación** a la **tecnología informática**. Aunque en algunas de ellas se experimenta igualmente con programas a **distancia - virtuales**, como los desarrollos se han dado generalmente en los programas de **ingeniería de sistemas** o en **instituciones** donde no existía interés por la **modalidad a distancia**, las **aplicaciones virtuales** se dan, por lo **menos** en buena parte de los casos, dentro de una **reafirmación de la vocación presencial** como mecanismos de **apoyo** de los procesos de **aprendizaje presenciales** y formas de dar **valor agregado** a la **interacción** entre **alumnos y docentes** en el aula de clase.

En este caso se adelantan programas de **adopción, adecuación o desarrollo de software** para el **mejoramiento de la calidad**, tanto de las **metodologías y prácticas docentes**, de los **diferentes servicios educativos**, así como de la **organización y administración de las propias instituciones educativas**; ésta es la denominada **informática educativa**. Los avances son **diferenciales** y van desde el desarrollo del **software educativo y las plataformas**, el desarrollo de **micro-mundos virtuales**, hasta la **inteligencia artificial**, tanto para la **educación presencial** como a **distancia**.

Esta **doble perspectiva** de la virtualidad es, como ya se anotó, la **expresión de las dos grandes aspiraciones y estrategias** del sector educativo: **ampliación de cobertura y mejoramiento de la calidad**.

Como señala el mencionado autor, "en la actualidad no sólo se comienza a contar con programas de **educación a distancia - virtual** mas elaborados; sino que igualmente se ha producido una **lenta pero gradual transformación de las prácticas docentes** (presenciales y a distancia), **administrativas, de intercomunicación e interacción** en los más



diferentes servicios educativos, gracias a cada vez más poderosas, flexibles e integradas herramientas virtuales. Ellos son producto de los importantes procesos de convergencia en marcha, particularmente entre las NTIC, la pedagogía y las más diferentes ciencias naturales y sociales que permiten entender cada vez mejor los procesos del conocimiento y la intercomunicación. Si, por medio de las necesarias decisiones ético-políticas estos procesos de convergencia que se dan con ocasión de las nuevas tecnologías y de la virtualidad se aceleran y profundizan -tanto a nivel global como de los países, no cabe duda de que podrá comenzar a repensarse y a reinventarse un nuevo tipo de institución y práctica educativa, a partir de la virtualidad. Quizás entonces, estos nuevos desarrollos de la educación virtual puedan efectivamente comenzar a responder a las diversas y ya viejas aspiraciones de transformación del sector educativo.”<sup>181</sup>

## El caso de la Universidad de Antioquia

Los dos enfoques mencionados, y el amplio espectro de posibilidades que hay entre ellos, han sido utilizados desde hace años en la Universidad de Antioquia. De manera particular pueden indicarse algunas estrategias que van desde la educación a distancia tradicional, ofrecida por la Facultad de Educación, la experiencia de formación virtual en cursos de inglés: *English for Every One*, hasta desarrollos de mundos virtuales en las facultades de Ciencias Exactas y Naturales y de Ingeniería. En esta última las aplicaciones van desde los apoyos más tradicionales a los cursos por medio de las comunicaciones y la informática, la modalidad de los cursos semipresenciales y la educación flexible, hasta programas virtuales como la Ingeniería de Sistemas, que se dicta en la sede del Suroeste o la organización de la Universidad Electrónica, en junto con el Municipio de Medellín.<sup>19, 101</sup>

La Universidad de Antioquia está formulando un macroproyecto denominado *U de @*, que pretende vincular las regiones y el resto del país con la educación semipresencial de calidad ofrecida, desde su sede. Este macroproyecto debe involucrar de manera oficial a todos los estamentos. Por lo pronto, y a modo de programa piloto, la Universidad de Antioquia adquirió en el año 2002 el compromiso de participar en el desarrollo de la Universidad Electrónica de Medellín, ordenado por el acuerdo del Concejo municipal 55 de 2002 con contraprestación por parte de la U. de A. consistente en la ampliación de cobertura mediante el uso de las NTIC<sup>(11)</sup> Inicialmente se ofrecen los programas de Ingeniería de Sistemas, de Telecomunicaciones y de Industrial, ya aprobados por el ICFES.<sup>(11)</sup>

Para la Universidad de Antioquia la cobertura y la calidad son propósitos que no pueden separarse y, por ello, todos los desarrollos se van dando con alguna pausa y dentro de un proceso global que coordina la Vicerrectoría de Docencia, pues, como anota una autora: “Lo preocupante en cualquier institución educativa es que se acceda a las nuevas tecnologías más por una tendencia que por una reflexión profunda acerca de su verdadero valor pedagógico y a cómo se inscriben dentro de un contexto determinado. Antes de incorporar una nueva tecnología nos corresponde preguntarnos qué hicimos en el terreno de la educación con las anteriores, que hicimos con el libro, con el tablero, con el retroproyector, con los circuitos cerrados de televisión... Nadie discute las posibilidades de las NTIC para la educación, lo discutible es la apropiación de ellas en las situaciones educativas dominantes. No quiere decir descartar las antiguas.”<sup>1121</sup>

## Conclusiones

En este limitado espacio apenas es posible esbozar someramente las grandes cuestiones que la aplicación de las NTIC suscita en la formación de los ingenieros. El proceso creativo –la generación de buenas ideas– depende de imágenes mentales, con la virtualidad –sobre todo con la realidad virtual (RV)–, estas imágenes mentales pueden compartirse fácilmente con otros y así proporcionar a los ingenieros medios de entrada y realimentación que elevan sus capacidades creativas. La RV es una posibilidad de llevar la simulación hasta límites no imaginados y ésta ha sido la clave del diseño en ingeniería, sin aquélla no hubiera sido posible el viaje a la luna, los transbordadores espaciales, el túnel de la Mancha o el aeropuerto de Hong Kong.

En la formación de los ingenieros la virtualidad es una forma de enseñar y aprender especialmente adecuada para las mentalidades del siglo XXI, por ejemplo, con la RV se pueden simular todo tipo de situaciones, desde la

estructura de un material, el comportamiento mecánico de un elemento, la respuesta de un reactor, la solidificación de una pieza, el comportamiento de un circuito hasta situaciones complejas donde se manejan materiales y energías. A pesar de los costos iniciales, los laboratorios virtuales son más versátiles y económicos a largo plazo, por lo cual el papel de la RV será cada vez mayor, con la posibilidad de compartir experiencias a distancia con otros grupos de trabajo y universidades. <sup>[13]</sup>

Mientras la virtualidad sea un medio de estudio e investigación, será un poderoso auxiliar en la enseñanza de la ingeniería; el peligro es caer en los mundos inmateriales, que sólo existen en los imaginarios tecnológicos y dejarse absorber por los simulacros, que reemplazan la realidad concreta de lo local y lo humano sin las adecuadas defensas intelectuales, pues de esta textura dialéctica es de lo que carece mucha información del ciberespacio.

Ella está dirigida y condicionada, ex profeso, para una masa impersonal y anónima, de la que no se espera otra cosa que el simple consumo de lo que se le ofrece, y en esa masa se pueden contar a demasiados ingenieros. En otras palabras, el riesgo es que el individuo se sumerja en esa información, sin que se sienta íntimamente aludido por el proceso histórico que vive. Así, la técnica de la información, al prescindir de las respuestas emocionales o intelectuales de los hombres, acaba por afectar, de un modo sensible, las fuentes retribuidas de la cultura <sup>[14]</sup> Y se debe repetir, los ingenieros son propensos a ello, a dejarse llevar por la tecnología, que distancia de la gente; tal vez esto se comprenda mejor leyendo lo que dice un ingeniero electricista estadounidense:

“Actualmente nos elevamos sobre las alas de la informática a alturas donde las minucias de la ingeniería se divisan indistinguibles abajo en el suelo. A veces pienso en la palanca de Arquímedes: *dadme un punto de apoyo y moveré la tierra*. A nosotros nos han dado la palanca y el punto de apoyo, y siento que podemos mover la tierra.

Ese sentimiento de poder es embriagador. Mi preocupación es el precio que hemos pagado por elevarnos por encima del paisaje. En nuestra profesión hay un distanciamiento creciente con respecto a la realidad. Es como el profundo sentimiento de desconexión que experimento cuando miro por la ventana de un avión. Pienso que esas casas de abajo no parecen reales y no estoy efectivamente sentado en un tubo de aluminio en lo alto del cielo, sin medios de soporte visibles. ¿Qué me dice el piloto cuando anuncia que la temperatura afuera es de  $-50^{\circ}\text{C}$ ? Eso no tiene significado para mí, porque el mundo exterior es apenas un diorama pintado en mi ventana. Pero tan pronto como esos pensamientos me perturban, la azafata me dice que baje la persiana de modo que pueda ver mejor la película, sustituyendo una irrealidad con otra.”

“Hoy en día la ingeniería es como ese asiento junto a la ventana en un avión. ¿Esos alambres y transistores debajo son reales? Mirar las simulaciones en la pantalla de mi computador es como ver la película en el avión – una irrealidad arrojada por otra–. Siento que he perdido contacto con el mundo real de la electricidad, un mundo de amperímetros y voltímetros de baquelita negra, motores chirriantes, acres olores químicos, y conductores calientes. Echo de menos los *testers* y el olor de la soldadura fundida y los aislantes quemados – los aspectos sensoriales de la ingeniería que han sido reemplazados por muchas pantallas antisépticas, ubicuas e impersonales.”

“Tengo la profunda preocupación de que la matemática misma se está deslizándose dentro de las nubes de software que nos rodean. Camino por los pasillos de los laboratorios y veo ingenieros mirando vacuamente en las pantallas, sus escritorios sepultados por pilas de anacrónico papel desechado. Me pregunto si alguien estará haciendo matemática a mano. ¿Les hará falta el alimento cerebral de resolver ecuaciones? Quizá la matemática en el futuro será una provincia exclusiva de un culto de sacerdotes que embeben su capacidad en software encriptado y envuelto de papel.”

“No puedo creer que dentro de 20 años los ingenieros todavía estén parpadeando frente a las pantallas, manejando herramientas CAD y archivando sus resultados en PowerPoint. ¿Pero, que harán? Mi más profundo temor es que la distancia a la realidad se haga tan grande que el mejor software se llame *Ingeniero en una caja*” <sup>[15]</sup>

A pesar de las características de nuestra ingeniería, los temores que expresa el doctor Lucky son generales si se sigue pensando que la sociedad postindustrial es el paradigma hacia el que se debe dirigir el mundo.

Como se observa, la virtualidad trae consigo una serie de preguntas sobre las industrias y aptitudes científicas que hace posibles, así como un conjunto de interrogantes sobre los usos humanos de la tecnología, sobre todo tecnologías que no existen todavía pero que se vislumbran en el horizonte. La R V demuestra de forma vívida que el contrato social con las propias herramientas ha llevado a un punto en el que se tiene que decidir, más bien pronto, qué llegar a ser como humanos, porque se está a punto de poder crear cualquier experiencia que se desee. Hay, sobre todo, dos preguntas que están estrechamente relacionadas ¿cómo afectará el modo de vivir, pensar y trabajar? ¿Y como afectará el ciberespacio el modo en que se aprehende el mundo, la forma en que el ser humano se define a sí mismo como ser que siente, piensa y se comunica?

La simulación cognitiva, la creación de modelos mentales, es una de las cosas que los hombres hacen mejor. Lo hace tan bien que tiende a encerrarse dentro de sus propios modelos del mundo, en una red sin costuras de convicciones inconscientes y percepciones sutilmente moldeadas. Y los computadores son las herramientas por excelencia para confeccionar modelos, aunque sólo ahora se aproximen al punto en se podría confundir la simulación hiperreal y la realidad. El día en que las simulaciones se vuelva tan realistas que la gente no pueda distinguir las de la realidad no simulada, se encontrará con cambios importantes y habrá un salto cualitativo.<sup>16]</sup>

Ojalá que no se llegue el día en que a los estudiantes haya que llevarlos a conocer la realidad concreta, olvidada en los mundos fantásticos de la virtualidad.

## Referencias

1. Valencia G., Asdrúbal, "Tecnología, modernidad, modernización y posmodernidad", *Ciencia, tecnología y sociedad*, CESET – Universidad de Antioquia, Medellín, 1997, p. 17.
2. Valencia G., Asdrúbal, "El futuro de la ingeniería", *Revista Facultad de Ingeniería – Universidad de Antioquia*, No. p.
3. Quéau, Philippe, *Lo virtual*, Piados, Barcelona, 1995, p. 20.
4. ACOFI, "La Internacionalización y la virtualidad en la formación en ingeniería". *XII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería*, Cartagena, 2002.
5. Hoyos B., Consuelo, "Un cuestionamiento ético sobre la educación virtual", *Revista El Ágora*, Vol 02, No 3, En – jun 2003, p. 201.
6. Magenzo, Abraham, "Currículo, educación superior y modernización en América Latina", *Conferencia en la Universidad de Antioquia*, Medellín, 24 de noviembre de 1997.
7. Ángel H., Facundo, "Estrategias de desarrollo en la educación virtual", *E - learning América Latina, Año I, No 10, 13 de julio, 2003*. [http://www.elearningamericalatina.com/edicion/mayo1/na\\_1.php](http://www.elearningamericalatina.com/edicion/mayo1/na_1.php)
8. Ángel, F., *Op. Cit.*
9. Salazar T., Julio César, *La tecnología informática en la educación*, Departamento de Recursos de Apoyo e Informática, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, 2002.
10. Salazar T., Julio César, *Informe de asistencia a Online Learning '99 & Expo y Performance Support '99*, Departamento de Recursos de Apoyo e Informática, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, 2000.
11. Ospina, Guillermo, *ProyectoUde@*, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, 2002.
12. Celis Quintero, Janeth, "Nuevas tecnologías, realidad virtual y educación", *Perspectivas*, No 08, Dic, 1998, p. 45.
13. Valencia G., A., "Una nueva forma de pensar y hacer: el computador", *Revista Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia*, No 22, Junio, 2001, p. 186.
14. Valencia, Asdrúbal, "¿Nos incluirá el futuro?", *Memorias XXII Reunión Nacional de ACOFI*, Cartagena, 2002, p.171.
15. Lucky, Robert W., "The future of Engineering" *IEE Spectrum on line*, may 10, 2003. <http://www.spectrum.ieee.org/WEBONLY/resource/sep02/refl.html>
16. Rheingold, Howard, *Realidad Virtual*, Gedisa, Barcelona, 1994, p. 401.



# EL Papel de las Sociohumanísticas en la Transformación Curricular de los Programas de Ingeniería

Grupo “Ingeniería y Sociedad”, Facultad de Ingeniería

Luis Fernando Mejía Vélez

Luz Dary Muñoz Ortiz

Carlos Mario Parra Mesa

Jaime Ochoa Angel

Guillermo Restrepo González

Asdrúbal Valencia Giraldo

Universidad de Antioquia

*“La educación del futuro necesita una gran religazón de los conocimientos resultantes de las ciencias naturales con las ciencias humanas” (Edgar Morin)*

## Resumen

Se parte por reconocer un diagnóstico casi generalizado en el mundo académico y empresarial acerca de un currículo de ingeniería no sistémico, ni integral en la formación científica, tecnológica, social y humana. Ello obedece al énfasis en las temáticas que se tratan disciplinariamente en menoscabo de las miradas integradoras.

El componente sociohumanístico, tradicionalmente, se asocia a un mínimo de conocimientos de “cultura general” que el ingeniero debe tener como ciudadano o persona. En ese sentido son pocos los esfuerzos por relacionar sus contenidos, los profesores y la bibliografía con los problemas y contextos en que se desenvuelve el ejercicio profesional.

El trabajo propone la discusión de diseños donde las asignaturas como sus profesores estén organizadas y referidos a una temática, problema o proyecto en lo posible, interdisciplinario. De esta forma se espera una mayor motivación e integración hacia un enfoque interdisciplinario.

## Introducción

Nadie discute la importancia del área sociohumanística para la ingeniería, especialmente cuando crecen los años de ejercicio profesional. No obstante, ha existido un permanente debate sobre las temáticas, la pedagogía, la metodología, la administración, los profesores, la orientación e incluso la evaluación y la bibliografía en las asignaturas del pregrado.

El grupo “Ingeniería y Sociedad” en el momento está preocupado por diseñar un componente sociohumanístico que sea simultáneamente pertinente, motivador y que contribuya a la formación integral de los profesionales en ingeniería.

## I. Diagnóstico

Existe un consenso muy generalizado en el mundo académico, gubernamental y empresarial sobre las falencias de los currículos en los diversos programas de ingeniería. Las voces tienden a unificarse para reclamar una formación integral, donde lo científico, lo tecnológico, lo social y lo humano hagan parte de un todo sistemáticamente organizado e intencionado.

De diferentes formas y en distintos escenarios se plantea que “la población ingenieril se polariza hacia la técnica y en el mundo mandan los hombres y es penoso decirlo, a pesar del apremio de técnicos, la urgencia de hombres

<sup>1</sup> Integrado por profesores de la Universidad de Antioquia.

es todavía mayor y no obstante su asombroso influjo en la vida cotidiana, se sabe que los ingenieros tienen una influencia social exigua” (1).

En similar dirección se pronuncia el ingeniero Darío Valencia Restrepo (2), cuando afirma que “la concentración del ingeniero en lo técnico y el orgullo de su técnica le han impedido a ese profesional la visión sistémica, lo han llevado a desconocer con frecuencia implicaciones sociales, y le han dificultado el diálogo con otras disciplinas y profesiones. Su poca relación con las humanidades y el arte explica en algún grado una pérdida del sentido de grandeza, sentido que se relaciona con los aspectos éticos y estéticos que debe llevar consigo toda obra de ingeniería”.

Este preocupante panorama es alimentado por diferentes factores, presentándose, con mayor o menor frecuencia, en los distintos programas de ingeniería:

- Los profesores, los estudiantes y los directivos de los programas de ingeniería continúan siendo depositarios del paradigma tradicional que establece dos culturas lejanas entre sí. Una espiritual que busca vigorizar las fuerzas interiores del hombre y otra cultura material que se ocupa más del fomento y utilización de las energías físicas o naturales.
- Los directores, coordinadores o jefes de los programas tienden a preocuparse, fundamentalmente, por las asignaturas técnicas específicas de la carrera.
- Los estudiantes, por diferentes motivos, en muchas ocasiones prefieren estudiar ingeniería en un proceso de escape de todo lo que tenga relación con las ciencias o disciplinas humanas.
- Los profesores del área sociohumanística encargados de la formación de los ingenieros desconocen, frecuentemente, los objetivos más generales de cada programa de ingeniería. Y, además los docentes de las áreas más técnicas y profesionales de la ingeniería ignoran o subvaloran los principios básicos de las ciencias humanas y su importancia en el ejercicio de la vida laboral de los ingenieros.
- Las asignaturas que se establecen en los currículos como componentes sociohumanísticos son diseñadas exclusivamente por los profesionales de las áreas sociales y humanas sin interactuar con los ingenieros, con el fin de construir cursos pertinentes que le den sentido humano y social al mundo de la técnica.
- Las direcciones académicas de los programas de ingeniería no tienen una participación decisiva en la selección de los docentes vinculados al área sociohumanística e igualmente no acompañan ni a los profesores ni a los cursos en procesos de evaluación o de estímulo académico. Lo anterior parece tener mayor ocurrencia en las universidades públicas.

La consecuencia, de lo antes enumerado, es una universidad que limita a sus ingenieros, pues no les ofrece un espectro científico-tecnológico y sociohumanístico para que desarrollen sus potencialidades. Y, por ello, es impensable que se destaquen por su liderazgo y capacidad de comunicación en una sociedad todos los días más compleja y globalizada.

Es necesario y urgente conducir un proceso que rectifique de modo paulatino y con certeza la idea de que el área sociohumanística, tanto en los currículos como en las actividades extracurriculares, es un apéndice sin dirección, ni control, sin responsables de su suerte y sin estatus académico, y de ahí el lamentable calificativo de “rellenos” para sus asignaturas. Persistir en el panorama descrito significa malgastar, y desacreditar las elaboraciones teóricas de corte humanístico y social, una pérdida cierta de tiempo para los estudiantes, un gasto inútil de recursos y, lo más grave, una renuncia injustificada e irresponsable a desarrollar al máximo los talentos humanos.

## 2. Sustentación filosófica de la propuesta

### 2.1. Desde la teoría de la complejidad

Edgar Morín (3) es uno de los filósofos que han aportado a la teoría de la complejidad y a la búsqueda de la integración sistémica y han logrado que la UNESCO recomiende uno de sus textos como guía para la educación del futuro. El primer gran planteamiento general lo lleva a decir: “... Existe una inadecuación cada vez más amplia, profunda y grave entre, por un lado, nuestros saberes desarticulados, parcelados y compartimentados y,

por el otro, las realidad ó problemas cada vez más **polidisciplinarios, transversales, multidimensionales, transaccionales, globales, planetarios...**"

De otro lado es consciente de la separación de lo técnico y lo social: "Los sistemas de enseñanza establecen la **disyunción** entre las humanidades y las ciencias, así como la separación de las ciencias en disciplinas que han alcanzado una hiperespecialización y concentración sobre sí mismas". Incluso en lo social hay "una separación de la **psicología, la sociología, la filosofía y la literatura**" Morín le reclama a la educación del futuro una comprensión planetaria que "genere conciencias: antropológica (de unidad y diversidad); ecológica (convivir con la tierra, no dominarla); cívica-terrenal (responsabilidad y solidaridad) y una conciencia espiritual y ética (autocriticarnos y comprendernos)"

## 2.2. Desde la innovación curricular

La UNESCO, en la declaración mundial en París (4), plantea para la educación superior métodos educativos innovadores: "En un mundo en rápida mutación, se percibe la necesidad de una nueva visión y un nuevo modelo de enseñanza superior, que debería estar centrado en el estudiante (el subrayado es nuestro), lo cual exige reformas en profundidad... como renovación de contenidos, métodos, prácticas y medios de transmisión del saber..."

Al mismo tiempo reclama ciudadanos críticos y motivados, es decir, que las universidades "... deben formar a los **estudiantes** para que se conviertan en ciudadanos bien informados y profundamente motivados, provistos de sentido crítico y capaces de analizar los problemas, buscar soluciones y asumir responsabilidades sociales".

Aboga también por "propiciar la adquisición de conocimientos prácticos, competencias y aptitudes para la **comunicación, el análisis creativo y crítico, la reflexión independiente y el trabajo en equipo**". De otro lado, varios expertos en currículo plantean nuevas estrategias. Graciela Amaya (5) recomienda: "... los currículos están dejando de ser la sumatoria de asignaturas y el establecimiento de requisitos y correquisitos para ser concebidos en términos de ejes problemáticos, de núcleos de interrogantes sobre la constitución y los paradigmas de las **ciencias, sobre las relaciones científico-tecnológicas que se generan, sobre las relaciones interdisciplinarias que explican sus objetivos de saber... sobre las aplicaciones prácticas del conocimiento y los requerimientos del mercado laboral en una cierta profesión u oficio**".

Abraham Magendzo (6) critica el modelo curricular actual al afirmar "nuestras clases, nuestra enseñanza, continúa siendo muy vertical, muy acrítica, muy repetitiva, muy enciclopédica". Para el diseño curricular recomienda al menos para una parte del mismo "núcleos temáticos problematizados que integren el conocimiento, que lo profundicen y que lo hagan más interdisciplinario".

## 2.3. Desde la organización industrial

Los esquemas fordistas y tayloristas de organización de la producción han pasado de la **especialización** en tareas y movimientos a esquemas más integrados como "celdas de trabajo" ó "módulos de producción". La reingeniería promovida por Michael Hammer hace dos décadas tiene como uno de sus propósitos reemplazar el esquema **burocrático y funcional** por un proceso integrado que apoyado por tecnología tendrá un "dueño", frente al cual **acude el cliente**. La "Ingeniería simultánea" busca que un grupo de expertos interdisciplinarios diseñen o apoyen cada fase del proceso. En todos los casos el enfoque de sistemas y la integración están presentes.

## 3. Una propuesta: El currículo modular integrativo:

El grupo está discutiendo otros dos modelos que aplican la anterior filosofía: El Taller Pedagógico (7) y el Seminario Integrativo. Por problemas de espacio solo incluimos el primero de los mencionados. Acá el "módulo" se concibe como un "conjunto unitario de piezas", pero para el diseño curricular corresponde a un "conjunto de **asignaturas teóricas y prácticas que se reúnen alrededor de un(os) problema(s) por resolver, a partir de un enfoque**

epistemológico y de estrategias” (8). El módulo normalmente corresponde a un semestre y es a la vez estrategia de enseñanza-aprendizaje y organización de asignaturas alrededor de un objeto central (temática, problema ó proyecto). Ver fig. 1. Hay experiencias en la U. de Ulm, UPB, U. Nal y U. de A.

El programa es la conjunción de áreas, una de los cuales es la central que normalmente identificará al profesional.

Para ingeniería, una de las otras será la sociohumanística. Varios módulos (semestres) se asignan a un ciclo. El ciclo debe tener un objetivo y unas estrategias específicas. En algunas propuestas se trata de los ciclos: básico, conceptual y profesional. En otros se identifican como inmersión, profundización y consolidación.

En el módulo hay un docente que toma la responsabilidad estratégica alrededor de una temática, problema ó proyecto y deberá coordinar los colegas de las asignaturas auxiliares (ver figura 2). Generalmente al final del semestre se hace una sustentación pública de los resultados.

El Comité de Carrera estaría formado por los coordinadores de los módulos y por lo tanto su rol es académico y de administración de la docencia. (Ver figura 3).

#### 4. Temáticas del componente sociohumanístico para ingeniería

Tomando como base lo existente en los diseños y las opiniones de los egresados hemos encontrado las siguientes temáticas sociohumanísticas como fundamentales para la formación en ingeniería:

- Comunicación: verbal y escrita tanto en la lengua materna como en un idioma extranjero.
- Administración: el proceso administrativo y el emprendimiento empresarial.
- Ética: escuelas filosóficas; ética profesional (códigos); bioética; ambiente.
- Política: organización política y jurídica del país; partidos políticos; problemas actuales.
- Economía: economía política (los grandes paradigmas económico-políticos); fundamentos de macro y microeconomía. Plan de desarrollo del gobierno vigente.
- Historia: de Colombia desde la constitución de 1991; de la ingeniería; geografía económica.
- Cultura: conceptualización; el problema de las dos culturas (técnicos e intelectuales); diversidad cultural; cultura e individuo. La comunicación, la administración, la política y la ética en buena parte contribuyen al liderazgo.

#### Curriculo Modular Integrativo

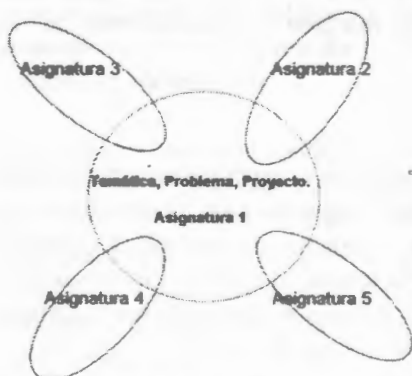


Figura 1, Modulo Típico

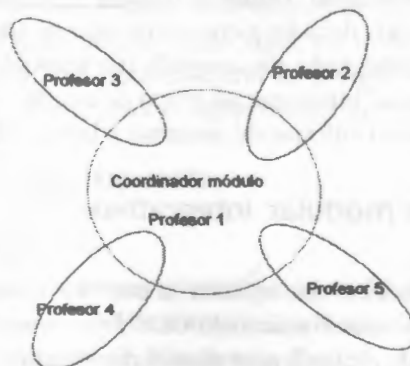


Figura 2: Profesores

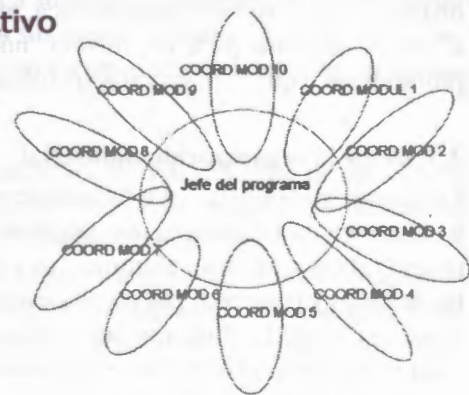


Figura 3: Comité de Carrera

## 5. Conclusiones y recomendaciones

El objetivo de construir un componente curricular sociohumanístico en los programas de ingeniería debe convocar energías intelectuales similares, o incluso mayores a las que giran alrededor del diseño curricular de las áreas técnicas y profesionales. Ello conduce a las siguientes recomendaciones:

- Las propuestas curriculares en las áreas sociohumanísticas deben ser pensadas, discutidas y definidas por los profesionales de estas disciplinas y los profesionales de la ingeniería. La propuesta debe ser, en consecuencia, fruto de un consenso inteligente entre estos dos grupos.
- Los programas de ingeniería deben darle vida orgánica y real a comités encargados de administrar académicamente las áreas sociohumanísticas. Estos comités permanentes constituidos por docentes ingenieros y docentes de las áreas sociohumanísticas evaluarán estos cursos con el fin de hacerlos todos los días más pertinentes e importantes en la mente de los futuros ingenieros.
- El componente sociohumanístico no pretenderá abarcar todos los temas referidos al hombre y a la sociedad. Se ha de entender que la universidad cumple apenas un papel en la etapa de formación del ingeniero, donde el sistema educativo y el sistema social, en general, también deben contribuir a este objetivo.
- Por lo anterior, lo que se ofrezca al estudiante debe ser de óptima calidad, partiendo de los profesores y siguiendo con los contenidos y las metodologías de las asignaturas.
- Se debe motivar el trabajo por proyectos o problemas que exijan una mayor integración de lo técnico-científico con lo social y humano, sin desconocer la necesidad de cursos teóricos que permitan la reflexión y la creación de criterios para interpretar la realidad cambiante.
- Desde el principio se debe estimular en los futuros ingenieros el estudio constante del contexto nacional e internacional que les ha correspondido vivir para que sus acciones tengan pertinencia social.
- Sin renunciar a los fundamentos teóricos ni a las raíces históricas se debe propiciar el estudio de la realidad actual nacional, es decir, ese mundo que los alumnos sienten, leen, escuchan o ven pero que no logran explicar más allá de las descripciones empíricas o de las argumentaciones detenidas en los lugares comunes.
- Los estudiantes de ingeniería deberán saber sobre el modelo económico y el modelo político vigente en el país y sobre los valores que les permiten reconocerse como seres humanos.
- Los directores de los programas de ingeniería deberán asumir el papel de directores de una gran orquesta sinfónica que logra armonizar todos los componentes curriculares, todos los docentes y todas las metodologías, sin que ninguna parte desafíe o se constituya en un lastre o en un simple formalismo.
- Se debe pretender, en consecuencia, que el futuro ingeniero, al igual que debe seguir estudiando toda la vida temas técnicos y profesionales, siga interesado en conocer el mundo del ser humano y el mundo de las relaciones sociales. Sin embargo, previamente, se debe haber logrado un profesional que sabe leer y sabe comunicar verbalmente y por escrito sus ideas. En resumen, el objetivo es otorgarle estatus académico a las asignaturas sociohumanísticas de los programas de ingeniería. Se requieren, entonces, esfuerzos para diseñar contenidos pertinentes y cambiantes, metodologías efectivas y flexibles, y una dirección académica responsable y convencida de su función.

## Bibliografía

1. Valencia, Asdrúbal. "La enseñanza de las ciencias básicas en Ingeniería". XVII reunión de Acofi. 1997. Cartagena.
2. Valencia, R. Darío. "Crisis y futuro de la ingeniería", 2000. Univ. Tecnológica de Pereira.
3. UNESCO. "Los siete saberes necesarios para la educación del futuro". 1999. París.
4. UNESCO. "Conferencia mundial sobre la educación superior", 1998, París.
5. Amaya Ochoa, Graciela. "La Universidad: Futuro de la sociedad". En: Seminario internacional de Filosofía de la Educación Superior. U. de A. 1996. Memorias. Medellín
6. Vicerrectoría de Docencia: Entrevista al experto Abraham Magendzo en: Boletín "Rediseño curricular", Universidad de Antioquia, 1997. Medellín.
7. Ander Egg, Ezequiel. "Hacia una pedagogía autogestionaria". Ed. Humanitas, 1977, Buenos Aires.
8. Goyes, Isabel y Uscátegui, Mireya. "Teoría curricular y Universidad". 2000. U. de Nariño

# El Proyecto Integrador en Ingeniería, la Búsqueda de un Modelo de Evaluación por Competencias

Ing. Henry Gaitán Gómez  
Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura, Bogotá  
E-mail: hegaitan@usbog.edu.co

## Resumen

Muchas veces nos encontramos con nuestros estudiantes en diferentes escenarios académicos y siempre surgen preguntas como: ¿Y esto para que me sirve?, o ¿esto para que lo vemos?, y los más osados tienen afirmaciones como: “Yo creo que esta materia no es necesaria en la carrera”.

El no responder a estas preguntas, conlleva a que nuestro estudiante fraccione su formación en cuatro áreas: (Ciencias Básicas, Formación Ingenieril, Formación Específica, y Socio Humanística), con fronteras infranqueables, que impiden la comunicación, haciendo que al final de su pregrado, el estudiante se enfrente a proyectos que ponen a prueba su interdisciplinaridad, obligándolos a recuperar conocimientos vistos con anterioridad, que han olvidado y no han vivenciado

La Facultad de Ingeniería, encontró que la evaluación estaba asociada a una asignatura y a un docente, la evaluación era calificación y la aprobación estaba dada por escalas numéricas, el estudiante no conocía las preguntas que se le iban a formular y disponía de un tiempo definido para dar sus respuestas

Para ver la evaluación como un componente de la formación y no como un fin, surge el proyecto integrador que ve esta evaluación como un proceso dinámico, donde se valora la evidencia como elemento de diagnóstico tanto para el docente como para el estudiante; donde se forman equipos de trabajo bajo la coordinación del nodo de investigación, con tutores que los guían en la búsqueda de desempeños satisfactorios para su momento de formación.

Al iniciar cada año el equipo de estudiantes elige la situación problema y las materias inscritas durante el semestre apoyarán el desarrollo del proyecto integrador, donde se definen los objetivos, y se recolectan las evidencias, realizando encuentros permanentes de comparación entre evidencias y objetivos. Al finalizar su proyecto integrador el estudiante valora la importancia de las asignaturas en su plan de estudios, así como el desarrollo de competencias que permiten un alto desempeño en situaciones reales, en la que las soluciones no obedecen a escalas de notas ni a factores de tiempo.

## Antecedentes

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Buenaventura y en particular el programa de Ingeniería de Sistemas, encontró que en sus escenarios de aprendizaje, se presentaban problemas en la evaluación, ya que en la mayoría de los casos el docente y el estudiante asumían la evaluación como el resultado final del proceso de enseñanza-aprendizaje y no como el escenario de intercambio de saberes, que permitieran potenciar el desarrollo del estudiante.

Así mismo, se encontraba que cada semestre era programado de forma vertical, con poca relación de continuidad y con proyectos individuales en cada asignatura.

## El proyecto integrador y la evaluación

Fue así como buscando escenarios y herramientas, que permitieran la integración de saberes, surgió la estrategia del proyecto integrador, dicho proyecto fue implementado en cada semestre, con las siguientes características:

- Se elegía un tema para cada semestre
- La calificación se entregaba al final de cada semestre, con porcentajes diferentes para cada asignatura
- Se asignaba un tutor, para cada grupo de trabajo
- Los horarios de tutoría, hacían parte de la programación normal de asignaturas

Durante el desarrollo de esta experiencia, la evaluación se caracterizó por::

- Estar asociada a cada asignatura
- Se evaluaba en escenarios diferentes el proyecto integrador y el contenido de la asignatura
- Era cuantitativa basada en escalas de puntos
- No se conocían las preguntas

## La evaluación por competencias

El programa de Ingeniería de Sistemas, busca desarrollar las siguientes competencias en el estudiante<sup>1</sup>:

### Competencias Básicas

- Trabajar en equipo multidisciplinario
- Comunicarse efectivamente
- Contar con la capacidad de Autoaprendizaje
- Identificar y manejar fuentes de información

### Competencias Ingenieriles

- Identificar, formular y solucionar problemas de ingeniería
- Asimilar, adaptar e implantar nuevas tecnologías
- Diseñar y conducir experimentos, proyectos e investigaciones
- Analizar e interpretar datos
- Aplicar conocimientos matemáticos científicos y de ingeniería

### Competencias Socio-Humanísticas

- Entender la responsabilidad civil y ética
- Administrar efectivamente los recursos financieros y humanos
- Interactuar en forma responsable y coherente frente al entorno social y ecológico
- Demostrar el espíritu emprendedor para la generación de fuentes de empleo

### Competencias Específicas

- Diseñar e implementar soluciones sistematizadas
- Desarrollar aplicaciones informáticas
- Administrar los recursos de comunicación

En la búsqueda de estas competencias, se fortaleció la estrategia del Proyecto Integrador, ya que dicho proyecto es uno de los mejores escenarios para el desarrollo de estas competencias, donde la evaluación, se caracteriza por

- Articular el proceso de formación
- Valorar el desempeño
- No estar asociada a ningún saber en particular

<sup>1</sup> PEP: Proyecto Educativo del Programa

- Se basa en evidencias
- El estudiante es quien avala lo aprendido

## Buscando un modelo la evaluación por competencias

A partir del primer semestre del 2004, el Programa de Ingeniería de Sistemas, encontró en este nuevo Proyecto Integrador, la estrategia que le permite alcanzar altos niveles de aceptación de los estudiantes hacia su proceso de formación.

Son características particulares del Proyecto Integrador en el programa de Ingeniería de Sistemas:

- La transversalidad en la conformación de los equipos de trabajo, formados por estudiantes de diferentes semestres
- La actitud del estudiante, siempre en la búsqueda de un mejor desempeño y en el desarrollo de soluciones, para ser aplicadas al contexto
- El acompañamiento de docentes y directivos, realizado en escenarios flexibles y aplicados en encuentros permanentes de socialización del proyecto
- La rigurosidad en la muestra de evidencias de conocimiento y de desempeño, que hacen que el estudiante vea su proyecto como el motor que impulsa su formación.

Podemos mencionar casos exitosos, como el Proyecto Integrador llamado SIMON, desarrollado por los estudiantes Nicolás Losada, Oscar Morales, Juan Felipe Ibáñez y Jhon Bocachica, ganador de la VI Semana de la Tecnología y la Ingeniería Bonaventuriana y segundo lugar en el XIII Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería de Sistemas realizado en la Universidad Tecnológica de Bolívar.



Estudiantes realizadores Proyecto SIMON

Para concluir, es necesario que en el desarrollo del Proyecto Integrador, el estudiante sienta el acompañamiento de parte de profesores y compañeros, lo que le permitirá superar barreras de tiempo, herramientas tecnológicas, falencias académicas y desmotivación propia de cada proyecto.

Solo asumiendo el Proyecto Integrador como el pasaporte a la transversalidad e interdisciplinaridad, podremos estar mas cerca de "Hacer en Contexto".



# El Rol del Reconocimiento en Ingeniería de Sistemas desde la Biología del Conocer: Reflexiones desde la Investigación al Aula de Clase

Jorge Andrick Parra Valencia  
Universidad Autónoma de Bucaramanga  
Grupo de Investigaciones en Pensamiento Sistémico  
Facultad de Ingeniería de Sistemas  
Escuela de Ciencias Naturales e Ingeniería  
Correo electrónico: jparra@unab.edu.co

## Resumen

El presente artículo presenta las reflexiones del autor alrededor del proyecto de investigación titulado “*Una explicación de la experiencia del reconocimiento dinámico sistémico desde la biología del conocer*”<sup>1</sup> con respecto a la naturaleza y condicionantes biológicos quehacer del Ingeniero de Sistemas. Se propone en el marco de lo fundamental en Ingeniería de Sistemas, además de la aplicación del principio de sistemas en donde se supedita lo tecnológico a lo sistémico en el diseño e implementación de sistemas de cualquier índole, la consideración del siguiente condicionante que llamaremos condicionante biológico y que puede enunciarse así: las características como seres biológicos tanto de los usuarios de los productos de la Ingeniería de Sistemas como los propios Ingenieros de Sistemas son determinantes no sólo en su conocer, sino en la posibilidad de construir cualquier sistema o dispositivo tecnológico. Lo que propone el autor es que este condicionante ha sido muy poco abordado no sólo desde los fundamentos y lineamientos metodológicos de la Ingeniería de Sistemas, sino que en la práctica del presente el problema al que apunta dicho condicionante se ha reducido a una capacidad de escucha y empatía del Ingeniero de Sistemas con relación a los usuarios de sus aplicaciones. En el documento se articulan las reflexiones y se define un área novedosa y fundamental de formación de los Ingenieros de Sistemas del futuro, que impacta a los cursos de Teoría de Sistemas, Deontología de Sistemas, Análisis y Diseño de Sistemas de Información e Ingeniería del Software.

## 1. Hipótesis

Se propone una mirada a procesos de Ingeniería de Sistemas tales como el diseño de sistemas de información como un proceso de reconocimiento de la perspectiva ajena. Esta reflexión se realiza abordando las siguientes preguntas. ¿Cómo se aparecería el proceso de Diseño de sistemas de información, si se pensara como un proceso de reconocimiento de la perspectiva ajena, desde la Teoría Biológica del Conocer? ¿Esta reflexión podría implicar un “nuevo papel para el Ingeniero de Sistemas en el presente” en el Diseño de Sistemas de Información, con respecto al papel que dicho proceso pudo tener desde el Enfoque Clásico de Diseño de Sistemas de Información?

## 2. Marco conceptual

Para ubicar las anteriores preguntas presentaremos los elementos fundamentales de una narrativa propuesta originalmente por el profesor Hernán López Garay (López Garay, 2003) que da cuenta del desarrollo del diseño sistemas de información hasta el presente de los más recientes avances en Pensamiento Sistémico y fenomenología. Este devenir en la narrativa debe permitirnos el situarnos en la pertinencia y contenido de las anteriores reflexiones.

### 2.1. Concepción clásica del diseño de sistemas de información

Durante los años sesenta y setenta, se impuso en occidente, para el estudio de lo real un híbrido de dos metáforas: la metáfora del organismo y la que soporta el lenguaje de representación formal utilizado. La realidad terminó

<sup>1</sup> Convocatoria Interna de Investigación 2003-2004. Dirección de Investigaciones. Universidad Autónoma de Bucaramanga.

siendo asumida exclusivamente como si fuese un organismo cibernético. Esa máquina cibernética sería diseñada para adaptarse como un organismo vivo en un medio ambiente, realizándose al perseguir objetivos predeterminados. La realización de la organización como máquina organísmica cibernética estaría basada en sistemas de entrada salida articulados por procesos de realimentación de información y control para mantener los objetivos con criterios de efectividad y eficiencia. Rápidamente esta metáfora híbrida para asumir la realidad organizacional se convirtió en la única representación de lo real, llevando a explicar e intervenir la realidad como si ella fuera un sistema mecánico-organísmico. En dicha metáfora la información es fundamental. Ella se constituye en un recurso vital para el proceso de toma de decisiones en la corrección de las desviaciones en el logro de los objetivos del sistema. Los sistemas de información se constituyen en los proveedores de las necesidades de información de la organización acerca su ambiente, mercado, desempeño de los competidores, proveedores, de las tendencias generales de la industria, del comportamiento del consumidor etc.

## **2.2. Fenomenología y diseño de sistemas de información**

En contraste, para la fenomenología, la realidad es socialmente construida, como producto de la continua iteración social de sus miembros. Este proceso de construcción social de la realidad, se constituye en el aspecto central del proceso de diseño del sistema, más que la búsqueda positivista de la organización y de los requerimientos “verdaderos” como sucede usualmente en el desarrollo clásico de sistemas. Tales sistemas pueden ser descritos con relación a los diferentes puntos de vista de los miembros de la organización y sus interpretaciones. (Boland (1990), Checkland and Scholes (1990), López-Garay (2003)).

La información emerge del proceso de construcción de sentido de la organización mediante el enriquecimiento de las perspectivas de los miembros, acerca de la realidad organizacional (López-Garay, 2003). La ontología de la fenomenología está basada en la idea de que la realidad no está dada o estructurada independientemente o por fuera del observador o de su contexto social, cultural e histórico. Las organizaciones humanas viven un proceso complejo de construcción de sentido y consenso entre sus miembros. No obstante, cuando los diseñadores de sistemas preguntan por los objetivos y propósitos que el sistema de información debe servir, en una organización particular, su pregunta no puede resolverse leyendo meramente el balance general de la organización, sus normas o preguntándose a la administración (López-Garay, 2003).

## **2.3. Teoría biológica del conocer y diseño de sistemas de información**

Ingeniería de la Coordinación Humana. ¿Pero cómo construimos a nivel individual las explicaciones que negociamos socialmente en la construcción de la realidad organizacional? Consideremos los planteamientos de la Biología del Conocer.

### **2.3.1 Caminos explicativos y teoría biológica del conocer de Humberto Maturana**

Este planteamiento del profesor Maturana, es un desarrollo de la teoría de la Autopoiesis<sup>2</sup>. (Maturana, Varela, 1997). Existen dos modos, según Maturana, para escuchar explicaciones por parte de un observador, según si él considera o no la explicación biológica de sus habilidades cognitivas. Estos caminos, exclusivos, se conocen como objetividad sin paréntesis u objetividad trascendental y objetividad entre paréntesis u objetividad constitutiva (Maturana, 1997).

## **Objetividad trascendental u objetividad sin paréntesis**

En este camino explicativo el observador acepta (implícita o explícitamente) sus habilidades cognitivas y en esta aceptación rechaza una completa búsqueda de su origen biológico. Asume que las cosas son independientes de lo que él o ella hace o si él o ella puede o no puede conocer acerca de las cosas a través de la percepción o la razón.

El observador usa como referencia alguna entidad externa y trascendental a él o a lo que él hace, tales como materia, energía, mente, conciencia, ideas, o Dios, como argumento final para validar y para aceptar explicaciones acerca de lo real, determinando así una reformulación de la praxis del vivir.

<sup>2</sup> La teoría de la Autopoiesis propone una organización para lo vivo destacando como característica central sus propiedades de auto-organización.

En resumen, se vive la objetividad sin paréntesis, cuando el criterio de aceptación del escuchar de un observador supone una referencia a alguna entidad que existe independientemente de lo que él o ella hace. En consecuencia este camino es sordo a la participación del observador en lo que él acepta como una explicación. Las entidades asumidas como existentes fuera de lo que el observador hace, así como las surgidas como construcción de éstas, constituyen lo real y cualquier otra cosa es ilusión. Sostener que una afirmación es una ilusión, es rehusar su realidad y negar su validez.

### **(Objetividad constitutiva o en paréntesis)**

En este camino explicativo, el observador acepta: que es un ser humano, un sistema viviente (Un sistema autopoietico), que sus habilidades cognitivas, constitutivas de su capacidad de observar, son fenómenos biológicos, ya que se ven alterados cuando su biología es alterada y que desaparecen cuando él desaparece. que si desea explicar sus habilidades cognitivas como observador, él debe mostrar cómo surgen ellas como fenómenos biológicos y debe aceptar su incapacidad de distinguir en la experiencia de la vida diaria entre percepción e ilusión, que un observador no tiene la base operacional para hacer cualquier declaración o afirmación acerca de objetos, entidades externas o relaciones, como si ellas existieran independientemente de él como observador o de lo que él hace y que el acuerdo de una comunidad de observadores en una explicación, no da validez operacional a la distinción que ninguno de ellos pueda hacer individualmente. Expresa Maturana, que si la condición biológica del observador es aceptada, la suposición de que un observador puede hacer cualquier declaración sobre entidades que existen independientemente de él, en un dominio de realidad objetiva, se vuelve o absurda o vacía, pues no existe operación del observador que pueda satisfacerla. En este camino explicativo, la existencia es constituida con lo que el observador hace, y éste trae a mano objetos que él distingue con sus operaciones de distinción, como distinciones de distinciones en el lenguaje.

En este camino explicativo, el observador construye su existencia con sus operaciones de distinciones. Por esto, él no puede fundar sus explicaciones en objetos o entidades externos a su existencia. Sobre este planteamiento Maturana ha realizado desarrollos en educación y política (Maturana, 2002 b) y en antropología (Maturana, 2002 a).

Así, el reconocimiento de la perspectiva o explicación ajena para el diseño de sistemas de información pasa por entender la dinámica de construcción de explicaciones de la experiencia, como observadores condicionados en su conocer por sus capacidades biológicas. Revivir la experiencia ajena pasa por el asumir las coherencias operacionales de dominios de praxis ajenos, teniendo la posibilidad de distinguir lo distinguido por otro en el lenguaje. El profesor Maturana define dos ontologías para el reconocimiento, según se consideren o no las limitaciones biológicas del conocer humano.

### **3. Diseño de sistemas de información como un proceso de reconocimiento de la perspectiva ajena: Una idea de reconocimiento**

Se entenderá por reconocimiento en este artículo la capacidad de ponerse en el lugar del otro, de ver el mundo con los ojos del otro o de revivir la experiencia ajena. La importancia de este reconocimiento, así entendido, se deduce como crucial para cualquier proceso de participación social. Así mismo, los conflictos del presente podrían explicarse como un debilitamiento de esta capacidad de hacer reconocimiento o como una pérdida de la voluntad de hacer o vivir en reconocimiento.

#### **3.1. Un proceso de reconocimiento en el diseño de un sistema de información**

Quien reconoce y quien es reconocido, los dos protagonistas del proceso de reconocimiento, deben abordar un terreno común que está definido previamente por un acuerdo inicial sobre la situación problemática, los límites y las fronteras del sistema. Los dos deberán realizar un proceso de conceptualización, que podrán asumir estructuras compatibles con la metáfora que soporta el lenguaje de representación formal utilizado en el diseño del sistema de información en cuestión.

El núcleo de reconocimiento se genera mediante la articulación de dos ciclos de aprendizaje individual, que constituyen un espacio de conceptualización o espacio de auto\_reconocimiento, en donde se viven los estadios fundamentales del reconocimiento en el diseño, a saber: expresión en prosa, expresión en la metáfora que soporta el lenguaje de representación formal utilizado y la explicitación de las implicaciones dinámicas. El proceso comienza con la definición de una situación problema común, la cual impulsará la construcción de perspectivas. Las perspectivas en confrontación de reconocimiento, asumen la metáfora del lenguaje formal de representación. En estadios avanzados de reconocimiento, sería posible asumir arquetipos o estructuras genéricas como parte del terreno común. En el estadio de expresión en prosa, se hace una descripción enriquecida de la perspectiva, en prosa y su correspondiente confrontación. En esta descripción deben incluirse todos los aspectos que el poseedor de la perspectiva considere relevantes para hacer comprensible, recreable por otro, su experiencia. En este terreno común sucede un primer reconocimiento. En el estadio de expresión en términos de la metáfora que soporta el lenguaje de representación formal utilizado, se construyen los modelos de representación de perspectivas. En el proceso de construcción de dichos modelos se representa sistémicamente el fenómeno. En este diagrama confluye el análisis, al identificar los elementos del sistema, y la síntesis, al articular los elementos antes señalados mediante relaciones. La interpretación de la dinámica de comportamiento de los modelos, se realiza en el estadio de explicitación de las implicaciones dinámicas de las perspectivas. Las perspectivas mismas tienen una idea previa de su comportamiento, que en el proceso de auto\_reconocimiento y co\_reconocimiento se van desarrollando, ganando coherencia. Finalizado el primer ciclo de reconocimiento, se realiza un proceso de reflexión y de síntesis, en el cual se da cuenta de las semejanzas y diferencias encontradas, de las confusiones, de las nuevas preguntas y de los acuerdos logrados, si es que los hubiere. A pesar que no se espera que se logre un acuerdo, sí es coherente pensar que como resultado del proceso de reconocimiento es posible distinguir la perspectiva del otro. Esta actividad da cierre al espacio de co\_reconocimiento. Luego, es deseable, el replantear la situación problemática, para iniciar un nuevo ciclo de reconocimiento. En este proceso, que como se entiende podría continuar indefinidamente, la finalización del mismo se da por consenso (Parra, Andrade, 2003).

Entre los procesos de aprendizaje de los comprometidos en el reconocimiento, se configura el espacio del reconocimiento, el lugar común donde se produce el fenómeno de la síntesis que se materializa en los acuerdos, desacuerdos, preguntas, inquietudes y confusiones.

### **3.2. El software como solución a un problema ajeno**

Si asumimos que los programas de computadora o software se constituyen en un modelo de una estrategia o un esquema que pretende describir cómo se soluciona o resuelve un problema, es coherente pensar que el software, como solución, se debe al problema que le dio génesis. El software está en deuda con el problema que pretende resolver, es en gran parte el problema y la pretensión de solucionarlo lo que le da sentido al software. Y por supuesto, será crucial para las posibilidades de usabilidad, eficiencia y eficacia que puedan aplicarse al software y para hacer estos juicios, que se sopesen, se estudie, se considere el problema. Pero el estudio del problema tiene aspectos que usualmente no se destacan, o no se asumen, o se asumen de manera inconsciente. Primero se refiere a que gran parte de lo que es el problema, de la manera como se aparece el problema, se debe a una persona diferente al desarrollador del software, que normalmente se conoce como cliente o propietario del problema. El segundo aspecto es que la solución que el desarrollador del software provea al problema depende en gran medida de cómo se le aparezca el problema de su cliente. Es decir, que la claridad con que se asuma el problema depende no solamente de entender cómo se le aparece el problema al cliente, sino del problema del cliente se le aparezca efectivamente o auténticamente al diseñador de software mismo. El propietario del problema vive una perspectiva. La perspectiva que vive el cliente da coherencia al problema planteado. El problema planteado se debe a la perspectiva. El diseñador del sistema de información debe entender cómo se constituye el problema para su cliente individual y para la organización. El Ingeniero de Sistemas como analista del sistema va construyendo una representación del problema del cliente. Para construir dicha representación no sólo requiere del alimentarse del problema y de la perspectiva de su cliente, sino que debe reconocer que escucha el problema de su cliente desde su propia perspectiva tanto personal como de representación desde los paradigmas, metodologías y experiencias como diseñador de software. Desde este escuchar hace una reducción del problema de su cliente. Desde dicha reducción es que el diseñador propone una solución. Nótese que existe la posibilidad de que el problema resuelto

por el analista ya se encuentre muy lejano del problema del cliente. Sería importante que el analista expresara la solución en confrontación por el problema inicialmente planteado por su cliente. Esto implicaría un reconocimiento mutuo de perspectivas desde la idea del problema de cada uno.

El dar cuenta del problema implica desocultar el fondo que soporta tanto el problema del cliente como la tecnología de representación del problema del cliente.

#### 4. Cierre. Un papel para el ingeniero de sistemas en el presente

Como cierre, se le propone al lector un nuevo rol para el Ingeniero de Sistemas en el presente: la articulación de la negociación de lo real para la construcción de una sociedad mejor, desde su labor como diseñador de sistemas de información. Este rol comienza a vislumbrarse, al asumir como central en el diseño de dichos sistemas, el reconocimiento de la perspectiva ajena, que no es más que el mantenimiento, en la formación y desempeño del Ingeniero de Sistemas, del condicionante sistémico sobre el tecnológico.

#### 5. Referencias

1. Andrade Sosa, Hugo Hernando y Parra Valencia, Jorge Andrick. (2003). Propuesta de una Dinámica de Sistemas para el Reconocimiento de la Perspectiva Ajena: Una reinterpretación de un afán esencial del Enfoque de Sistemas. Tesis de Maestría en Informática. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.
2. Boland, R. (1985). Phenomenology: A Preferred Approach to Research in Information Systems, in *Research Methods in Information Systems*, E. Mumford, R.A. Hirschheim, G. Fitzgerald, and T. WoodHarper (eds.), NorthHolland, Amsterdam, pp. 193-201.
3. Boland R. Jr. (1987). The Information of Information Systems. *Critical Issues in Information Systems*, edited by R. J. Boland Jr. and R. A. Hirschheim, John Wiley & Sons Ltd.
4. Boland R. Jr. (2001). The Everyday Experience of Virtuality. Short paper for the Social Study of Information Technology Workshop. Weatherhead School of Management, Case Western Reserve University.
5. Checkland, P. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*, Wiley.
6. Checkland, P. & Scholes, J. (1990). Appendix in *Soft Systems Methodology in Action*. Wiley.
7. López Garay, H. (2003). Extending Checkland's Phenomenological Approach To Information Systems. Chapter in: Cano, Jeimy. *Critical Reflections On Information Systems: A Systemic Approach*. Idea Group Publishing, 2003.
8. Maturana, Humberto. La objetividad, un argumento para obligar. Dolmen Ediciones, Santiago. 1997. Pág. 149.

# Elementos Básicos para la Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas desde una Orientación Sistémica

Juan Guillermo Paniagua C.  
Carlos Mario Uribe G.  
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

## Resumen

Esta propuesta pedagógica, inmersa dentro de las Tendencias curriculares, nace debido a un problema encontrado en el desarrollo de nuestras prácticas docentes al interior del aula. El desarrollo de ésta se hace a través de la Investigación Acción Educativa, cuyo propósito es el de transformar el quehacer pedagógico.

Para esta transformación, comenzamos con un diagnóstico pedagógico en los cursos de Matemáticas dictados en la Institución, en los cuales encontramos debilidades en la asimilación de la estructura matemática. Posteriormente se planteó y se delimitó un problema; se desarrolla todo el proceso metodológico, iniciando con la deconstrucción de un segmento de nuestra práctica docente, luego se realiza una reconstrucción del quehacer docente (análisis hermenéutico), el cual se interviene, utilizando una de las teorías planteadas (Teoría de sistemas); finalmente se analiza la práctica reconstruida, buscando la efectividad de la transformación.

El haber implementado en un segmento de nuestra práctica docente el Enfoque de Sistemas, mostró en un gran porcentaje el aprendizaje de las matemáticas en nuestros alumnos.

En los últimos años, se ha venido buscando en Educación una propuesta que pretenda solucionar las carencias en los procesos matemáticos..

El problema radica en que los modelos educativos tienen una fuerte tendencia mecanicista y fragmentan la realidad. Son academicistas porque están centrados en el desarrollo de contenidos; fragmentan la realidad porque están dispersos en sinnúmero de áreas y especialidades, sin la capacidad suficiente de integrar el conocimiento, de manera que sirva de soporte para la actuación humana.

“Con respecto a las matemáticas, algunos docentes las asumen como un cuerpo estático y unificado de conocimientos, otros las conciben como un conjunto de estructuras interconectadas, otros simplemente como un conjunto de reglas, hechos y herramientas; hay quienes las describen como la ciencia de los números y las demostraciones.

En lo que al hacer matemático se refiere, algunos profesores lo asocian con la actividad de solucionar problemas, otros con el ordenar saberes matemáticos establecidos y otros con el construir nuevos saberes a partir de los ya conocidos, siguiendo reglas de la lógica.

El conocimiento matemático escolar es considerado por algunos como el conocimiento cotidiano que tiene que ver con los números y las operaciones, y por otros, como el conocimiento matemático elemental que resulta de abordar superficialmente algunos elementos mínimos de la matemática disciplinar. En general consideran que las matemáticas en la escuela tienen un papel esencialmente instrumental, que por una parte se refleja en el desarrollo de habilidades y destrezas para resolver problemas de la vida práctica, para usar ágilmente el lenguaje simbólico, los procedimientos y algoritmos y, por otra, en el desarrollo del pensamiento lógico-formal<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Lineamientos Curriculares en Matemáticas. 1998. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional., p.9.

Los docentes en su gran mayoría piensan que el problema de la no asimilación de la estructura matemática tiene que ver directamente con el estudiante, recargándole la responsabilidad totalmente a su falta de estudio, de dedicación, y no teniendo conciencia de que el docente hace gran parte de este problema, ya que es él quien debe velar para que la relación dialéctica entre la enseñanza y el aprendizaje se pueda dar de manera eficiente.

En la mayoría de los docentes se nota una marcada tendencia a la **desafortunada identificación de la matemática con el arte de calcular**; tradicionalmente se ha pensado que al hacer “cálculos” con suficiente rapidez y precisión se es un buen “matemático”.

Los métodos utilizados por la mayoría de los docentes hacen que la comprensión de los conceptos matemáticos se haga difícil para los estudiantes, logrando en ellos una apatía y una resistencia hacia la asignatura.

El profesor no puede concebirse como un libro, sino como un intelectual que comprende la lógica de la estructura de su ciencia, y que entiende de forma histórica y evolutiva los procesos y vicisitudes de su formación.

El aprendizaje no debe constituir una actividad meramente de repetición y memorización. Se trata de relacionar las ideas con lo que el alumno ya sabe, de forma organizada y no de modo arbitrario.

Para que se produzca el aprendizaje significativo es preciso coherencia en la estructura interna del material y secuencia lógica en los procesos. Además, los contenidos deben ser comprensibles desde la estructura cognitiva que posee el sujeto que aprende.

La eficacia a largo plazo se sitúa en la calidad de las estructuras internas, de los esquemas de pensamiento y actuación que desarrolla el individuo, no en asociaciones pasajeras.

A lo largo de nuestras actividades desarrolladas en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, y a partir de nuestra experiencia docente en el área de Matemáticas, hemos observado que a pesar de que nuestra evaluación de desempeño docente ha sido muy buena, nos preocupa que el alumnado, en su gran mayoría, ha presentado los siguientes problemas: su motivación hacia el área no es la más adecuada debido a la no ilación de la teoría con la aplicabilidad en su entorno; los procesos de deducción e inducción que se deben generar en el alumno, no se dan como consecuencia de que la relación dialéctica Docente-Discente no se establece de una forma que propicie el desarrollo de la capacidad de análisis, interpretación y deducción en el alumno, todo esto ocasionado por las deficiencias en la comunicación y el lenguaje utilizados durante las clases; la teoría adquirida anteriormente en la educación secundaria, no fue asimilada en forma competente, generándose así grandes vacíos tanto en la conceptualización como en su aplicación.

Cabe anotar que estos problemas, los cuales se han originado desde la educación básica primaria, pasando por la secundaria y posteriormente en la universitaria, han causado en el estudiante desmotivación, una gran mortalidad y bajo rendimiento académico.

En vista de esto, y conscientes de nuestra participación directa en la solución de estos problemas, se plantea “una posible solución” que permita subsanar en gran parte las deficiencias académicas presentes en los alumnos.

De la eficacia o competencia docente del profesor va a depender la relación entre lo que se enseña y lo que el alumno aprende. Es el cambio experimentado por el estudiante, lo que acontece al alumno como consecuencia de la actividad del profesor, un criterio fundamental para determinar el éxito de la actividad didáctica.

Con base en lo anterior, se desarrolla todo un proceso metodológico, iniciando con la deconstrucción de un segmento de nuestra práctica docente, utilizando el diario de campo que es el que nos permite ubicar tanto las categorías principales como secundarias y poderlas decodificar de tal manera que nos orienten en forma sistémica a una descripción y análisis pertinente.

Seguidamente, se realizó el proceso de reconstrucción de nuestro quehacer docente, haciendo un análisis hermenéutico de la deconstrucción, para reconocer así las teorías implícitas en la práctica pedagógica, identificando y/o construyendo estrategias que permitan tener alternativas para la intervención de nuestra práctica.

Una vez realizada la reconstrucción de la práctica docente, teniendo plenamente identificadas las posibles teorías dentro de ésta y las categorías que se deben implementar, iniciamos la introducción en la práctica una metodología basada en el **Enfoque de Sistemas** planteado por el Dr. Carlos Eduardo Vasco Uribe.

Un sistema es un conjunto de objetos con sus operaciones y relaciones.

“El punto central ... el concepto de sistema, que envuelve no solo las nociones correlativas de conjunto y objeto, sino principalmente las nociones de operación y relación, es el concepto que debe guiar en el futuro el aprendizaje de la Matemática”<sup>2</sup>.

El alumno no se encuentra en su cotidianidad con conjuntos, sino con sistemas. Lo que conoce y se conoce son sistemas.

No encuentra elementos de conjuntos totalmente aislados, sino por el contrario con objetos inmersos en un contexto, en relación, y que son manipulables, transformables, movibles.

“Son esas actividades, manipulaciones, prácticas, transformaciones, operaciones, las que tienen el papel determinante en el aprendizaje. Y son las relaciones las que se aprenden a través de operaciones, a través del éxito y el fracaso de las acciones. Las relaciones de un sistema solo se hacen perceptibles por la interacción entre la teoría y la práctica. Las operaciones corresponden a la práctica, las relaciones a la teoría”<sup>3</sup>.

Retomando la definición de lo que es un sistema, tenemos que se determina completamente por medio de tres conjuntos: Un conjunto de elementos, un conjunto de operaciones y un conjunto de relaciones.

Carlos Eduardo Vasco formula algunas reglas metodológicas para una enseñanza de la Matemática, basadas en los conceptos de sistema, operación y relación:

- El ser humano siempre se encuentra con sistemas.
- Sobre el mismo conjunto hay infinidad de sistemas posibles.
- Un conjunto es un sistema al que se le han vaciado activamente los conjuntos de operaciones y de relaciones.
- Lo que en un sistema es operación y relación en otros sistemas puede ser objeto.
- Una operación nunca puede ser una relación.
- Una relación nunca puede ser una operación, a menos que se considere el lenguaje acerca de los objetos del sistema,  $L_A$ , como posible conjunto de llegada de una operación de tipo  $A^n L_A$ .
- Lo más importante en el conocimiento de un sistema es su manejo práctico.
- A través del manejo práctico se descubren y dominan las relaciones del sistema.
- Los sistemas matemáticos son muy simplificados, los sistemas reales son siempre más complejos.

“El dominio del concepto de sistema en Matemáticas prepara para el dominio del concepto y sus aplicaciones en las ciencias naturales y sociales, en el lenguaje, y en la solución de problemas de la vida real”<sup>4</sup>.

Una vez implementado este Enfoque en las prácticas docentes, se notaron algunos cambios significativos durante el desarrollo de las clases, los cuales se ven reflejados en los siguientes indicadores:

<sup>2</sup> VASCO, Uribe Carlos Eduardo. Un nuevo enfoque para la didáctica de las Matemáticas. 1994. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Vol. I. p.10. (Serie: Pedagogía y currículo).

<sup>3</sup> VASCO, Uribe Carlos Eduardo. Un nuevo enfoque para la didáctica de las Matemáticas. 1994. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Vol. I. p.10. (Serie: Pedagogía y currículo).

<sup>4</sup> Íbidem



- La asimilación e interpretación de los conceptos por parte de los alumnos, ha aumentado de manera considerable. Con respecto al momento de la deconstrucción se ha presentado un aumento del 30%, representado en un mejor desempeño durante las clases y a la hora de enfrentarse a situaciones problemáticas.
- Aunque en todos los grupos se observan alumnos con un adelanto mayor que otros, los resultados académicos demuestran que se ha logrado una mayor homogeneidad en su proceso de aprendizaje.
- La participación ha dejado de ser exclusiva de dos o tres alumnos adelantados, para pasar a ser más distribuida entre los integrantes de la clase, generándose una mayor cantidad y calidad en las intervenciones de ellos. Se ha pasado de un porcentaje 10% a un 70%.
- Se ha observado en los alumnos una mejor actitud en las clases, dado que encuentran una presentación más adecuada en las temáticas, más ordenadas, más efectivas y visualizando una mayor aplicabilidad en otras áreas de su programa académico.
- Ya no hay una confusión tan generalizada con las operaciones que se realizan en la Matemática, ya que las identifican, teniendo en cuenta las condiciones de frontera y las propiedades de éstas y las llevan a cabo con una mayor facilidad, debido a que en el proceso de enseñanza se han dado las correspondientes definiciones, los conjuntos donde se pueden aplicar, las posibles relaciones que se generan y las limitaciones que tienen cada una de ellas en los sistemas numéricos.
- La mortalidad académica de los estudiantes ha disminuido considerablemente; se ha pasado de un porcentaje del 45% a uno muy gratificante del 16%. Se ha mejorado el nivel académico en la mayoría de los alumnos.
- El Planteamiento y Resolución de problemas por parte de los estudiantes ha mejorado un poco, de un 15% que se tenía antes de intervenir la práctica se pasó a un porcentaje del 45%.
- El Razonamiento Matemático tiende a aumentar en las estudiantes progresivamente, ya, aproximadamente se logró un aumento del 30%.
- La Comunicación Matemática ha mejorado en gran medida. Se tenía un porcentaje del 5% en el manejo del lenguaje y comunicación matemática y se pudo aumentar hasta un porcentaje del 40%, mostrándose así una asimilación de la estructura de la matemática en la gran mayoría de los alumnos.

El docente debe estar totalmente comprometido con el proceso enseñanza – aprendizaje del discente, de tal manera que, constantemente esté valorando las fortalezas y debilidades a fin de que ambos (docente – discente) se retroalimenten, deconstruyan y reconstruyan nuevos conceptos y procedimientos.

La educación actual demanda que los currículos estén centrados en el sujeto; lo que implica atender a las características de estos, a sus necesidades y a sus posibilidades. El docente debe entonces motivar constantemente a sus alumnos de manera que estos alcancen las metas propuestas, potencien sus capacidades y desarrolle su pensamiento lógico – matemático.

“Según Piaget, todo el conocimiento y en especial el entendimiento lógico-matemático que constituyó su principal centro de atención, se deriva en primera instancia de las acciones propias sobre el mundo”<sup>5</sup>.

“Para Piaget el pensamiento lógico-matemático es el aglutinante que unifica toda la cognición”<sup>6</sup>.

Finalmente, en el Enfoque de Sistemas se observan tres ventajas:

Una al interior de la matemática (contribuye al logro de los objetivos, ya que unifica, organiza y proporciona las bases necesarias para desarrollar los contenidos mínimos del programa de la matemática y de sus diversas ramas); otra integra o articula la matemática con otras ciencias (facilita la articulación de la matemática con las demás áreas del currículo); y otra respecto a la metodología propuesta para desarrollar los contenidos, atendiendo a las características de los alumnos y al contexto donde se desenvuelven.

<sup>5</sup> GARDNER, Howard. Estructura de la mente: La teoría de las inteligencias múltiples. 1998. Barcelona: Fondo de cultura económica. p168.

<sup>6</sup> ibidem

La Matemática debe potenciar al estudiante para aplicar su conocimiento en la resolución de problemas tanto al interior de la Matemática misma, como en otras disciplinas, debe desarrollar además habilidades para usar el lenguaje matemático y comunicar ideas, razonar y analizar, cuestionarse, interpretar críticamente información y tomar decisiones consecuentes, en fin, para enriquecer y ampliar continuamente su conocimiento.

## Bibliografía

1. ADECOPRIA. Programa Investigación Acción Educativa. Documentos de apoyo 2. 1999. Medellín: Adecopria. 58p.
2. ALVAREZ, de Saya Carlos M., GONZÁLEZ, Agudelo Elvia María. Lecciones de Didáctica General. 1998. Medellín: Edinalco. 131p.
3. ARREDONDO, Galván Víctor. PÉREZ, Rivera Graciela. AGUIRRE, Lara María. Didáctica General: Manual Introductorio. 1992. México: Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. 145p.
4. COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Lineamientos Curriculares en Matemáticas. 1998. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. 103p.
5. COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Marcos generales de los programas curriculares. Matemática. 1984. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Dirección general de capacitación y perfeccionamiento docente, currículo y medios educativos. 168p.
6. MONTENEGRO, Aldana Ignacio Abdón. Aprendizaje y Desarrollo de las Competencias. 2003. Bogotá: Editorial Delfín. 138p.
7. SABINO, Carlos A. El Proceso de Investigación. Bogotá: El Cid Editor, 1978. 244p.
8. VASCO, Uribe Carlos Eduardo. Un nuevo enfoque para la didáctica de las Matemáticas. 1994. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Vol. I. 133p. (Serie: Pedagogía y currículo).
9. VASCO, Uribe Carlos Eduardo. Un nuevo enfoque para la didáctica de las Matemáticas. 1994. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Vol. II. 191p. (Serie: Pedagogía y currículo).

# Enfoque de Competencias en la Formación de Ingenieros: Identificación y Evaluación

María Eugenia Guerrero Useda<sup>1</sup>

Diomedes Andrés Gómez Patemina<sup>2</sup>

Centro de Investigación y Desarrollo Académico

## Resumen

En los últimos años hemos asistido al origen y decadencia de diferentes enfoques y discursos sobre la formación profesional, no obstante, el enfoque de las competencias lejos de perder vigencia, se consolida en el ámbito internacional como una alternativa válida para el diseño, estructuración y evaluación de programas de formación. Colombia, siguiendo las tendencias regionales en política educativa, ha incorporado la evaluación por competencias, entre otros mecanismos, como un referente obligado para diagnosticar la situación educativa y viene avanzando en la incorporación del enfoque de la educación basada en competencias (EBC) en el subsistema de la educación técnica y tecnológica. Este trabajo sistematiza los resultados de indagaciones teóricas tendientes a construir un posible marco conceptual para la introducción de las competencias en los currículos de programas de ingeniería.

**Palabras Clave:** Desarrollo Cognitivo, Competencias Básicas, Formación de Ingenieros.

## I. Introducción

Con el propósito de estructurar una oferta de formación que respondiera a las necesidades del ámbito laboral, varios países industrializados incorporaron a sus sistemas educativos un enfoque que hoy se ha denominado “*Educación Basada en Competencias*”. El Reino Unido y Australia, países pioneros en la incorporación de este enfoque, introducen en la década de los ochenta sendas reformas en el sector educativo, para implantar posteriormente sistemas de formación profesional basados en competencias. De igual forma México, en 1995, instala el Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral, y posteriormente un Sistema Normalizado de Certificación de Competencia Laboral. Actualmente la mayoría de los países industrializados han incorporado el enfoque de la EBC a sus sistemas educativos y los que no, se encuentran trabajando en este sentido (v.g., “*Tuning Education Structures in Europe*”, “*Expansión de la Educación Profesional*”, “*Chile Califica*”).

Colombia, aunque lentamente, viene avanzando en la incorporación de un sistema educativo basado en competencias. Así, la conformación del Sistema Nacional de Formación para el Trabajo, la Evaluación Censal por Competencias y los Exámenes de Calidad de la Educación Superior, constituyen tres ejemplos de ello. La Educación Basada en Competencias constituye una opción mediante la cual se pretende *adecuar la educación a los requerimientos de un mundo que estaría cada vez más basado en el conocimiento y la información, y de asumir que esto exige un énfasis mayor en un humanismo que no pierda de vista la necesidad de proporcionar una educación integral y permanente a la totalidad de los habitantes, que insista en los valores comunitarios y en la solidaridad* (CINTERFOR, 2003).

Es de mencionar que las experiencias nacionales y regionales en la incorporación del enfoque EBC, se ubican en los ámbitos de la formación laboral y la formación técnica. Incluso es posible referenciar algunos trabajos para el ciclo tecnológico, no obstante para programas de larga duración y para la educación profesional, es necesario desarrollar esquemas y modelos de trabajo específicos. La adopción de un modelo de formación basado en competencias demanda la construcción de un marco de referencia conceptual común de lo que se entiende por compe-

<sup>1</sup> Ph. D. en Ciencias Físicas y Matemáticas. Investigador del Centro de Investigación y Desarrollo Académico, Director de Investigaciones y Director de Ciencias Básicas de la Universidad Católica de Colombia. meguerrero@ucatolica.edu.co

<sup>2</sup> Ingeniero Industrial. Licenciado en Química y Biología. Investigador de Centro de Investigación y Desarrollo Académico. diomedes11@hotmail.com

tencia, por desarrollo de competencias y por evaluación de competencias, así como la definición de métodos y procedimientos para la identificación de las competencias claves en un área específica y para el diseño de programas de formación que propicien su desarrollo. La universidad colombiana y sus académicos, apenas están comprendiendo que estos temas constituyen tópicos de estudio que exigen ser abordados rigurosamente para dar respuesta a las demandas impuestas a la universidad por la sociedad moderna.

En efecto, la internacionalización y flexibilización de la universidad y sus currículos, garantizando una calificación idónea para los egresados, difícilmente se logrará si el análisis de las tendencias del mercado laboral, la identificación de competencias básicas, genéricas y específicas, la construcción de programas de formación basados en competencias y el diseño de estrategias pedagógicas para el desarrollo de las mismas no se constituyen en actividades propias del discurrir de la universidad.

## 2. Las competencias como unidad integral de formación

Uno de los problemas referidos a las competencias es la multiplicidad de significaciones sobre el término que se suelen encontrar en la literatura. Esto, sumado a la débil fundamentación teórica sobre la educación y la psicopedagogía que caracteriza al grueso de los docentes universitarios, junto con la presión ejercida por los entes reguladores para forzar la inclusión de este enfoque, han llevado, a que lejos de aportar en la conceptualización y categorización de las competencias, la universidad y sus académicos se muestren esquivos al estudio del tema.

Aunque el término se hace explícito en documentos de política de carácter nacional e institucional, y se vienen aplicado instrumentos de evaluación censal, supuestamente por competencias, en Colombia no se ha construido, ni apropiado un discurso sólido sobre las competencias. Lo cual no es de extrañar, tampoco lo tenemos sobre otros tópicos tales como el de currículo, evaluación o ingeniería, por citar algunos. El problema de la conceptualización de las competencias ha sido abordado en trabajos nacionales e internacionales. Uno de los programas estratégicos subsidiados por la OCDE durante la década de los noventa, fue precisamente el de la Fundamentación Teórica y Conceptual de las Competencias (OCDE, 2003), cuyo informe final contribuyó enormemente al entendimiento de las competencias y sus implicaciones a nivel individual y social. La Sociedad Colombiana de Pedagogía hizo lo propio en el 2000, al coordinar un seminario sobre el concepto de competencia (Torres, 2002), cuyas memorias recogen una serie de trabajos que presentan el significante de competencia en campos, tales como la filosofía, la lingüística, las ciencias cognitivas y la política social.

Este documento presenta en forma sucinta el resultado de un trabajo original tendiente a construir el concepto (en el sentido kantiano de “marco conceptual” o “paradigma”) de competencia. En coherencia no pretende formular una definición, sino enlistar una serie de atributos y características referidos a las competencias. El trabajo inicio hace cerca de cuatro años, cuando empezamos a seguir las huellas de las competencias y encontramos que éstas, lejos de ser una noción moderna, tienen orígenes lejanos. La reflexión sobre las leyes, los principios y los métodos de valoración de las conductas observables del individuo, se evidencia incluso en la obra de Aristóteles (Torres, 2002).

Siguiendo esta huella, encontramos filósofos, lingüistas, socio lingüistas, científicos cognitivos, teóricos de la mente y educadores que han aportado en la conceptualización de las competencias. El recorrido por las fuentes bibliográficas nos mostró como las diferentes significaciones sobre competencias se suscriben incluso a enfoques o paradigmas disciplinares específicos. Por lo tanto, trasladar o pretender que alguna de ellas se adecue al contexto educativo es una falacia. Ahora bien, aunque las competencias han estado rondando en trabajos teóricos desde tiempo atrás, irrumpen con fuerza en el discurso político y educativo en el marco del enfoque sobre desarrollo humano, al mostrarse como una categoría de desempeño (actuación) que comporta la formación integral del individuo.

Y no es que se pretenda tomar la noción Chomskiana de competencia lingüística para aplicarla al ámbito educativo y específicamente al de la formación profesional, se trata de reconocer, al igual que Chomsky, una categoría

denominada "competencia", como objeto de investigación (Bustamante, 2002). En efecto, el análisis de la literatura no nos llevo a una noción universal sobre competencia, pero nos permitió entender porque las "competencias" se proponen como unidad de análisis y como eje articulador de los procesos de formación profesional.

Veamos esto en detalle. Los currículos de los programas de formación profesional, han instrumentado tradicionalmente el aprendizaje de conceptos (saber), el desarrollo de habilidades (saber hacer), y el desarrollo de actitudes y valores (ser). Sin embargo en la práctica, se termina haciendo énfasis en el primer aspecto dejando de lado, los demás. Gracias a ello creemos tener claro, que es lo mínimo que debe saber un profesional en un campo determinado y en consecuencia los planes de estudio y las evaluaciones se centran en ello. No obstante, este esquema de formación se vuelve obsoleto cuando se trata de garantizar la formación de un profesional que además de estar en capacidad de diseñar e implementar soluciones a problemas complejos y multidimensionales en contextos específicos, al momento de graduarse, este preparado para un desempeño competente en un mercado laboral cambiante y dinámico. Las competencias son categorías que articulan saberes, habilidades, destrezas y valores que se evidencian en desempeños idóneos frente a tareas, problemas o situaciones, este hecho hace que sea atractiva la idea de pensar las competencias como unidad integral para el diseño de programas de formación profesional. Lo cual no signifique que sea viable.

### 3. El enfoque de competencias en la formación de ingenieros

La sociedad moderna demanda ingenieros competentes para resolver problemas complejos en contextos particulares y la educación por competencias pretende ser una opción metodológica para lograr este propósito. La pregunta es ¿Es viable el diseño, implementación y desarrollo de programas de formación profesional de ingenieros por competencias? El diseño de programas de formación por competencias comprende tres etapas la identificación, la derivación y desarrollo, y la evaluación. La identificación se refiere al proceso de reconocimiento de las competencias demandadas para el desempeño en un campo profesional dado. Las competencias se identifican usualmente sobre la base de la realidad del ámbito de desempeño profesional, para lo cual se hace necesario establecer una relación directa con el sector profesional.

La derivación de las competencias comprende el proceso de caracterización de los conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y valores referidos a una competencia específica. La derivación abarca la identificación de los niveles de desarrollo que caracterizan una competencia dada.

Una vez la competencia ha sido caracterizada, se debe formular una propuesta pedagógica y didáctica para su desarrollo. Es decir que la derivación de la competencia deja planeado el problema de la instrumentación de los procesos de conceptualización, desarrollo y apropiación de campos conceptuales, procedimentales y actitudinales que caracterizan la competencia. Desde el ámbito de las competencias laborales, se han definido varios métodos para la identificación y derivación de competencias, algunos de los cuales se pueden adecuar al ámbito de la formación profesional sin mayor dificultad. Tal es el caso del análisis funcional que en investigaciones previas ha sido validado para este propósito (Hernández, 2004).

Cabe anotar que la identificación de competencias, además de la definición de un marco conceptual sobre competencias, comporta la explicitación de una tipología de competencias. Para referirse a las competencias de los ingenieros nosotros proponemos adoptar la clasificación de las competencias en básicas, genéricas y específicas.

Así, aunque las competencias básicas son definidas como aquellas competencias fundamentales para vivir en sociedad y desenvolverse en cualquier ámbito laboral, y cuyo desarrollo constituye el propósito de la educación básica y media, reconocemos algunas de ellas, específicamente las comunicativas, las matemáticas y las de manejo de tecnologías de la información y comunicación deben ser objeto de la formación profesional en un primer ciclo.

La identificación de las competencias genéricas se orientaría a la determinación de aquellas competencias que son propias para el desempeño del ingeniero independientemente de su campo de especialización, por ejemplo la

resolución de problemas. Finalmente la identificación de las competencias específicas se orienta al reconocimiento de aquellas competencias características del desempeño de un campo concreto de la ingeniería. La opción por esta clasificación de competencias favorecería la estructuración de los programas de formación de ingenieros por ciclos. Podría, por ejemplo, hablarse de un ciclo básico que propende por el desarrollo de competencias básicas y genéricas y de un ciclo profesional que propende por el desarrollo de competencias específicas. En consecuencia, la evaluación censal de los egresados de programas de formación de ingenieros podría valorar los niveles de desarrollo alcanzados en las competencias básicas, genéricas y específicas.

#### 4. Propuesta metodológica

Una segunda fase de la investigación presentada consistió en la construcción de un inventario sobre los métodos generales aplicados al diseño de programas de formación por competencias, para verificar su validez en el diseño de programas de formación profesional. Aquí nuevamente encontramos que el grueso de los métodos existentes se orientaba al diseño de programas de formación para el trabajo. Los programas de formación profesional difieren en sus alcances y características de los programas de formación laboral. Estos últimos se caracterizan por ser muy específicos, de corta duración (menos de dos años) y por orientarse a la preparación para el desempeño en tareas plenamente identificadas. Los programas de formación de ingenieros son de larga duración (de cuatro a cinco años) y deben garantizar las bases para desempeños que probablemente no se hacen evidentes en el análisis del mercado laboral.

En la investigación se tomó el análisis DACUM y se aplicó al diseño de un currículo de ingeniería, para evidenciar la posible generación de momentos críticos. Los cuales efectivamente surgieron en la etapa de contextualización y en el establecimiento de los equipos de trabajo. Se probó entonces el análisis funcional, el cual mostró ser válido para la identificación de competencias profesionales. Sobre esta etapa cabe anotar que el diseño de programas de formación por competencias se guía por las demandas del entorno, y el nivel de análisis del mismo, depende del alcance de los programas. Para el caso de los programas de formación profesional el análisis del entorno debe ser tan amplio como sea posible, ya que debe permitir la identificación de las tendencias de los sectores productivo, científico, tecnológico y gubernamental.

Para el caso de la formación de ingenieros, se propone establecer una relación directa entre los centros de formación, las agremiaciones y las grandes empresas del sector. La identificación de las competencias básicas, genéricas y específicas del ingeniero sería compleja si los centros de formación se mantienen desconectados del sector de desempeño profesional. Se propone entonces, que las facultades y las agremiaciones trabajen conjuntamente en la identificación y derivación de las competencias.

Siguiendo el proceso de diseño del currículo por competencias, después de identificar y derivar las competencias se hizo evidente que una facultad puede asumir independientemente la construcción del programa para el desarrollo de las competencias. Aquí se entiende por desarrollo la instrumentación pedagógica y didáctica de una competencia. Siguiendo el ejercicio, llegamos al diseño de la evaluación, y encontramos nuevamente que en esta fase, se requiere de nuevo la vinculación con el sector de desempeño profesional, representado en las agremiaciones.

Dado que la evaluación por competencias se orienta a la valoración de la idoneidad de los desempeños del individuo frente a un problema dado, y los problemas en este caso serán los propios del desempeño del ingeniero, se hace necesario vincular al sector para construir conjuntamente pruebas pertinentes y para valorar los niveles de desempeño.

#### 5. Conclusiones

Aunque las competencias se perfilan como posible unidad de análisis para la identificación de propósitos de formación, es claro que el análisis funcional deja por fuera todos los elementos que no hacen referencia al desempeño profesional directamente, por ejemplo la formación ética, la formación para el ejercicio de la ciudadanía, el

dominio de protocolos específicos, el pensamiento humanístico, entre otros. Por lo tanto en los programas de formación de ingenieros deben identificarse y evaluarse las competencias a desarrollar, pero el currículo no se puede limitar a ello.

## 6. Bibliografía

1. BAJO, M<sup>a</sup> TERESA Y OTROS. *Las competencias en el nuevo paradigma educativo para Europa*. 2003. Granada: Universidad de Granada. 42 páginas.
2. BUSTAMANTE, GUILLERMO. Las competencias lingüística, ideológica y comunicativa, a propósito de la evaluación masiva en Colombia. En: *El Concepto de Competencia I. Una mirada interdisciplinar*. 2002. Bogotá. Sociedad Colombiana de Pedagogía y Alejandría Libros. Segunda Edición. Página 56.
3. CENTRO INTERAMERICANO DE INVESTIGACIÓN Y DOCUMENTACIÓN SOBRE FORMACIÓN PROFESIONAL (CINTERFOR). "Competencia laboral". En: <http://www.cinterfor.org.uy/>
4. CONSEJO NACIONAL DE ACREDITACIÓN (2001). *Criterios y Procedimientos para la Verificación de Estándares de Calidad de Programas Académicos de Pregrado en Ingeniería*. Bogotá, CORCAS. 99 p.
5. GONZÁLEZ, J. Y WAGENAAR, R. *Tuning Educational Structures in Europe*. Final Report. Phase One. 2003. Bilbao: Universidad de Deusto.
6. HERNÁNDEZ, P., PEDRAZA, N. Y GUERRERO M. *Identificación de Competencias Genéricas para Programas de Ingeniería desde el Análisis del Perfil Profesional*. 2004. En impresión.
7. OCDE. *Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations*. Final Report. 2003. OCDE.
8. TORRES, EDGAR Y OTROS. *El Concepto de Competencia I. Una mirada interdisciplinar*. 2002. Bogotá. Sociedad Colombiana de Pedagogía y Alejandría Libros. Segunda Edición. Página 15.



# Enseñanza de la Física Integrando Teoría y Práctica

Rocío Elejalde Alvarez  
Universidad Pontificia Bolivariana

## Resumen

Esta es una investigación efectuada dentro de la línea de la didáctica de las ciencias, cuyo objetivo es implementar estrategias metodológicas que conduzcan a la integración entre la teoría y la práctica en la materia de Física general, de modo que el estudiante logre un mejor entendimiento y pueda tener una visión integral del tema.

Se eligió la metodología “Investigación Acción Educativa” donde se hace un examen exhaustivo y una interpretación hermenéutica de la práctica docente para lograr una transformación de una parte de ella.

La implementación de estrategias logró cambios significativos en el aprendizaje de los estudiantes, algunos resultados alcanzados fueron: Mayor participación del estudiante en la clase, mejor comprensión del fenómeno físico, mayor profundización en la teoría, la asesoría por parte del profesor fue más efectiva, mayor desarrollo de la creatividad y capacidad de análisis, fomento de la actitud investigadora del estudiante, mayor motivación por aprender, entre otros.

## Introducción

La formación recibida por muchos de los docentes que trabajamos en el área de las ciencias básicas es esencialmente técnica, sin disponer en muchos casos de unos adecuados conocimientos en el campo pedagógico. Esto nos ha llevado a centrarnos en un proceso de enseñanza con alto contenido informativo y de transmisión de conocimientos, imitando en muchos casos antiguos profesores, sin ocuparnos realmente de las metodologías actuales de la enseñanza.

Por su parte, la enseñanza de la Física en la formación de un Ingeniero tiene carácter de fundamental, ya que la Ingeniería es una aplicación de la Física y por tanto el alumno debe desarrollar una serie de habilidades y competencias que le permitan asociar el fenómeno en sus dimensiones física y matemática, de manera que logre plantear y solucionar situaciones que lo conecten con el entorno.

En la reflexión histórica de la práctica docente se ha observado como la teoría se ha dado muy a nivel conductista, sin relacionar adecuadamente los fenómenos físicos, llevando al alumno a un análisis deficiente de la situación y a que no logre plantear y solucionar las situaciones que le rodean en su entorno.

En el proceso enseñanza- aprendizaje debe existir un estrecho vínculo entre el método teórico y el experimental, situación que infortunadamente no ha sido común en nuestros claustros educativos, privilegiando un proceso repetitivo y memorístico a través de guías de laboratorio, sobre uno más inductivo y de descubrimiento que le permita al estudiante ser más inquieto e ir adquiriendo un perfil investigativo.

## Objetivo

En procura de aportar a dar solución a lo anterior, se formuló como el objetivo fundamental de la investigación el implementar estrategias metodológicas que conduzcan a la integración entre la teoría y la práctica en la materia de Física general, de tal modo que el estudiante logre un mejor entendimiento y pueda tener una visión integral del tema.

## Metodología

El reto era entonces gestar y promover un modelo pedagógico donde el profesor con su experiencia cree espacios para el apoo y acompañamiento de procesos que vayan formando al estudiante en una actitud permanente de



búsqueda y de cuestionamiento a los conocimientos aceptados como válidos para ir cambiando en ellos el pensamiento aristotélico que se tiene en la forma de interpretar los fenómenos físicos.

Se eligió para lograrlo la metodología de tipo cualitativa y se realizó con base en las fases establecidas en la “Investigación Acción Educativa”, cuyo objetivo es hacer un examen exhaustivo y una interpretación hermenéutica de la práctica docente a nivel individual, para lograr una transformación de una parte de ella. Dichas fases son: delimitar y plantear el problema, realizar un proceso de deconstrucción, reconstrucción de la práctica docente, aplicación de una propuesta y analizar los resultados.

Después de una reflexión de la práctica docente a nivel individual se llegó a delimitar el problema para luego determinar y caracterizar la población estudiantil que iba hacer objeto de estudio en la primera fase, que consistió en un proceso de deconstrucción detallado y crítico de la práctica, utilizando varias herramientas tales como un diario de campo en el que el docente hace una descripción minuciosa y una auto evaluación permanente de todos los momentos de la actividad docente (la preparación de clases, la clase misma, la asesoría a estudiantes, los procesos de formación y la evaluación permanente); la realizaron de diálogos a nivel grupal que permitieron tener en cuenta la opinión del estudiante; lo ejecución de encuestas anónimas las cuales evaluaron el proceso metodológico; y por último se utilizaron grupos focales.

Posteriormente, se identificaron las categorías que caracterizan la práctica docente: la preparación de clases, la metodología de enseñanza, la formación y la evaluación. Las mismas se organizaron en un mapa conceptual cuya ventaja principal es que muestra la globalidad de la práctica docente.

El análisis crítico de la práctica, y la búsqueda de la solución al problema, permitió realizar una propuesta de reconstrucción apoyada en teorías actuales en pedagogía, considerando básico el modelo constructivista mediante diálogos heurísticos, el cambio conceptual, el aprendizaje significativo y la resolución de problemas según Polya.

Para su implementación es condición fundamental que el profesor del curso teórico sea el mismo del laboratorio, permitiendo que el aula de clase se convierta en un análisis permanente del fenómeno a nivel teórico experimental donde el alumno se conecte con el entorno en el que vive.

## Resultados obtenidos

La implantación de las estrategias propuestas trajo cambios significativos en el aprendizaje de los estudiantes, destacándose algunos resultados alcanzados que se muestran a continuación. (Ver Tabla siguiente página)

Para el éxito de esta propuesta metodológica debe tenerse presente que se trata de un proceso en el cual debe trabajar no solo el profesor con el alumno, sino las directivas de la institución, para que el estudiante pueda tener las mejores condiciones en la implementación. Implica la creación de nuevos paradigmas en cada uno de los actores del proceso educativo.

## Conclusiones

- Es muy importante que todo profesor tenga formación en el ámbito pedagógico, no basta sólo con la vocación y el deseo de enseñar, siendo necesario conocer los diferentes modelos pedagógicos en un mundo donde la tecnología avanza y los estudiantes viven en un contexto diferente al nuestro, para que él aprendizaje sea significativo.
- La investigación acción educativa constituye una herramienta muy valiosa para el profesor ya que permite una reflexión permanente de su práctica docente, con el fin de conocer en ella sus fortalezas y debilidades para entrar a transformar aquellas partes que no están dando resultado en el proceso de enseñanza – aprendizaje.
- En la enseñanza de la física el profesor tiene la responsabilidad de integrar la parte teórica con la experimental mediante diferentes estrategias metodológicas como: el constructivismo, el aprendizaje significativo, el cambio conceptual y la resolución de problemas entre otras para que el alumno logre la comprensión de los fenómenos físicos y pueda establecer la relación entre ciencia, tecnología y sociedad.

Característica	Estado observado del Indicador
Participación del estudiante.	Las clases participativas en donde se emplea el diálogo heurístico favorecen y mejoran la participación del estudiante en forma verbal.
Comprensión del fenómeno físico.	Al trabajar de una manera simultánea la parte teórica con la práctica hay mayor comprensión de los fenómenos físicos por parte del estudiante.
Profundización de la teoría.	Al tener que resolver problemas consultan más a fondo la teoría para involucrar todas las variables físicas en él.
Efectividad de la asesoría por parte del profesor.	Como el profesor de la parte teórica es el mismo del laboratorio se orienta mejor el trabajo del estudiante, pues integran todos los elementos físicos.
Desarrollo de la creatividad y la capacidad de análisis.	Al tener que proponer un montaje, y de éste varios procedimientos para la aplicación de la teoría, el estudiante aumenta la capacidad de análisis y desarrolla la creatividad que tanto necesita para su formación como ingeniero.
Fomento a la actitud investigadora del estudiante.	Al aplicar la metodología de resolución de problemas el estudiante se ve abocado desde la formulación hasta la experimentación de una hipótesis, de tal manera que empieza a despertar interés por la investigación.
El laboratorio es dinámico y agradable.	El estudiante, al realizar su propia práctica, se le hace más interesante y menos monótona, porque aprende de todos los montajes de los demás compañeros.
Trabajo en equipo.	En los talleres, las consultas, el laboratorio y demás actividades que involucraban el trabajo en equipo, permitió que los estudiantes aprendieran a interactuar con los compañeros, aprovechando sus conocimientos.
Motivación por aprender.	Hay mayor motivación del estudiante para aprender el curso de física, porque le observa su aplicabilidad en la vida cotidiana.
Preparación de las prácticas del laboratorio.	El estudiante está obligado a preparar la práctica que va a realizar, lo que no sucedía con una guía ya establecida.
Evaluación por equipos.	Los equipos que cumplen con los objetivos propuestos son más que en la metodología anterior y presentan trabajos de mayor calidad.

- La teoría del constructivismo representa un aporte interesante para la práctica docente, pues a veces por el hecho de estar en la enseñanza de ciencias exactas tales como la matemática y la física se ha tenido la idea que el estudiante no tiene conceptos previos y se convierte la clase en una transmisión del conocimiento de la forma tradicional. Pero si se tiene en cuenta que el alumno está en un medio cultural con unas ideas preconcebidas, se puede partir del mundo en el que se vive para que tanto profesor y alumno construyan el conocimiento dándose un aprendizaje más significativo.
- Hay que trabajar para cambiar la cultura del estudiante que en la mayoría de los casos sobre todo en los adolescentes, no tiene hábitos de estudio para el cual el mejor profesor es el que les dice todo en clase no incitando al análisis y a la investigación, donde todo está dado.
- Un conocimiento que el estudiante vaya construyendo desde sus convicciones y desde la confrontación con saberes previos, es más duradero ya que será más significativo.
- La creación de situaciones problemáticas es una eficaz vía para que el estudiante logre la comprensión de los conceptos y leyes físicas ubicándose dentro de un contexto real que le permita la aplicación de dichos conocimientos.
- La implementación de cualquier estrategia pedagógica es efectiva si el alumno tiene una verdadera motivación intrínseca como extrínseca, de manera que pueda concientizarse que la responsabilidad del aprendizaje está en él.
- Hay que resaltar que a pesar de los excelentes resultados obtenidos, este trabajo corresponde a una primera etapa que se constituye en una semilla, la cual sirve para definir una línea de investigación.

## Bibliografía

1. ALVAREZ DE SAYAS, Carlos; La Escuela en la vida, didáctica. 1999. La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 177p.
2. ALVAREZ, Rita M. Hacia un currículo integral y contextualizado. 1997. Honduras. 186p.
3. AUSUBEL, D.P; NOVAK, J.D y HANESIAN, H. (1978) Educational Psychology. A cognitive view, 2a Ed.

Nueva York: Holt, Rinchart & Winston (Trad. Cast. De M. Sandoval: psicología Educativa, 1983. México: Trillas. 354p.

4. CARRETERO, Mario. Construir y enseñar las ciencias experimentales. 1996. Buenos Aires: Aique. 247p.
5. J.I. POZO, Juan Ignacio y M.A. GÓMEZ CRESPO, Miguel Ángel. Aprender y enseñar ciencia del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. 1998. Madrid: Morata. 331p.
6. MINNICK SANTA, Carol y E. ALVERMANN, Donna. Una didáctica de las ciencias procesos y aplicaciones. 1994. Buenos Aires: Aique. 313p.
7. PÉREZ MIRANDA, Royman y GALLEGO BADILLO, Rómulo. Corrientes constructivistas. 1997. Santafé de Bogotá: Magisterio. 346p.
8. POLYA, G. Cómo plantear y resolver problemas. 1984. México: Trillas. 215p.
9. POZO MUNICIO, Juan Ignacio; PÉREZ Echeverría, María del Pay y otros. La solución de Problemas. 1998. Madrid: Santillana. 230p.

# Estructura Curricular del Proceso Formativo del Ingeniero de la Universidad de la Sabana

Subcomisión de Currículo de la Facultad de Ingeniería: Josefina Gracia, Ricardo Castillo Castillo, Luis Alfredo Paipa, Leonor Téllez Téllez, Asesora

## Resumen

Este artículo muestra el proceso de reflexión de la comunidad académica de Ingeniería en torno a la Implementación y Desarrollo Global del Currículo. Incluye elementos como: la contextualización macro y micro, que permite identificar las necesidades reales de formación; la definición de perfiles; formulación de objetivos; formulación del propósito de formación y el respectivo plan operativo para alcanzarlo. Como resultado de éste proceso la Facultad cuenta con un Modelo Conceptual de Organización y Estructuración de los Programas Académicos de Ingeniería desde la perspectiva de su naturaleza académica y con un enfoque sistémico y de contingencias que facilita el reconocimiento del contexto en el cual opera y destaca las relaciones existentes entre las actividades que deben realizarse para alcanzar el propósito de formación en cada uno de los programas.

La Facultad de Ingeniería pretende contribuir desde una perspectiva académica, al esfuerzo de la Universidad, por acertar integralmente en sus políticas de “innovación y de cambio” en los procesos formativos de sus programas académicos, ligados al progreso de la humanidad a través de la formación de personas en las más diversas dimensiones y en los más altos niveles de conocimiento.

La Universidad, asume como propuesta al respecto, potenciar su contribución a la sociedad, y poner su empeño, en aquellas áreas que como la ingeniería, es una de “las profesiones que se basan, en el denominado “conocimiento en acción”, es decir, saberes cuyo dominio y pertinencia pasan por una constante interrelación con el mundo real a través de la incorporación sistemática y permanente en la formación del componente experimental y práctico. La práctica social, es elemento central, es de su esencia.”<sup>1</sup>

Se plantea una concepción de currículo, dirigida a considerarlo como un proceso investigativo, en permanente construcción, por aproximaciones sucesivas y por acuerdos teóricos conceptuales y metodológicos, hacia la búsqueda y logro de la intencionalidad, que otorga sentido al proyecto de estructura curricular de cada programa académico, lo cual lo convierte en un medio importante en la definición del rumbo del trabajo formativo.

El anterior planteamiento, fundamenta la construcción, organización y operacionalización específicas, de la Estructura Curricular del Proceso Formativo del Ingeniero de la Universidad de La Sabana<sup>2</sup> caracterizada por un enfoque y pensamiento sistémico, contingente, interdisciplinario e investigativo, con un enfoque pedagógico, desde la perspectiva de las competencias, y con un desarrollo global nuclearizado. Dos preguntas abren el documento que al filo de cada aparte del mismo, inducen a la comunidad académica a hacer propuestas de innovación y de cambio sobre lo existente en el proceso formativo.

¿Cómo convertir en realidad hacia un futuro el que el profesional de Ingeniería de la Universidad de La Sabana sea competente con una formación integral desde las perspectivas siguientes?: El “Saber Ser”, <los valores >. La práctica ética con una visión cristiana del mundo y del hombre. El “Saber” <lo cognitivo>.

Principios científicos y humanísticos con fines de incorporarlos en los procesos tecnológicos de su quehacer profesional. El “Saber Hacer” <lo académico- profesional>. Planteado como una acción idónea en la práctica profesional visible solo a través de desempeños. El “Saber Sentir” <lo socio afectivo>. El compromiso social. Pensar y actuar para

<sup>1</sup> Misión Nacional para la Modernización de la Universidad pública. Estudios de base. P26.

Universidad de La Sabana. Documento resultado del trabajo de la Subcomisión de Currículo de la Facultad de Ingeniería.

nuestra sociedad. Actitudes, criterios y posiciones éticas comprometidas en afrontar la construcción de nuestro país. El “Saber Comunicar” <socio interactivo> Manejo de los lenguajes simbólicos propios de la Ingeniería.

Y de otra parte...¿Cómo se podrían pensar en el proceso formativo del futuro ingeniero del siglo XXI, los problemas inherentes a su ámbito de acción y los problemas de su tiempo con fines de poner su ingenio al servicio de soluciones abiertas y óptimas?

El análisis de éstas preguntas generó diferentes momentos en la realización de la propuesta curricular que se denominó el Desarrollo Global del Currículo y cuya interacción visualiza las relaciones entre los mismos, a saber:

La contextualización macro y micro, es factor determinante en la detección de las necesidades que argumentan y justifican la existencia de programas académicos de ingeniería y avalan consistentemente la decisión institucional de ofrecer una opción de formación. Una vez detectadas las necesidades reales, a escala macro y micro, se hace necesario trabajar detenidamente en el proceso de jerarquización y priorización de las mismas, desde la óptica de criterios concertados, de manera que permitan garantizar pertenencia social y pertinencia académica en el proceso curricular.

Con la participación de los gremios, asociaciones, comunidades académicas, científicas, usuarios potenciales, autoridades locales, etc., se proponen los perfiles que definen responsabilidades, conocimientos y aptitudes requeridas para asumir pertinente y responsablemente el objeto de transformación y posteriormente, tomando como fuente de información la contextualización (macro y micro) se define el propósito de formación.

Como precisión de los anteriores aspectos contemplados dentro del desarrollo global del currículo, la formulación de los objetivos –general y específicos- integrados a la percepción holística de la realidad estudiada, es un acto sustantivo e imprescindible, porque amplían el sentido del objeto de transformación y del propósito de formación, lo operacionalizan y lo desagregan.

En este aspecto, surgen diferentes preguntas relacionadas con la opción escogida como objeto de transformación (formar un profesional, crear unas políticas de estímulo a la investigación, etc.). Este objeto orientará los desarrollos específicos en lo relacionado con las acciones de investigación que lo soportan, como también las áreas o actividades prácticas de extensión y vinculación a la comunidad.

El propósito de formación desempeña el papel de síntesis creativa de la contextualización, los perfiles, los objetivos y la definición del objeto de transformación en el desarrollo de las diferentes estructuras curriculares. De ahí que se considere el norte o la misión de todo programa académico y es el resultado de acciones de participación, cooperación, negociación y concertación, y como tal es objeto de un permanente análisis. Por lo tanto, se constituye en la verdadera carta de navegación del proceso formativo. Al igual que el objeto de transformación, se constituye en uno de los acuerdos sustantivos que propician la participación y el compromiso de los diferentes agentes que intervienen en el proceso formativo.

## **Proceso de organización, construcción, estructuración y desarrollo del currículo**

**De las competencias como estrategia pedagógica de estructuración curricular y de los indicadores de logro competencia:** Dentro de este proceso de desarrollo global del currículo, la identificación de las competencias (saber hacer en contexto), desde la perspectiva del propósito de formación y del objeto de transformación y dentro de la contextualización macro y micro, que visualiza las necesidades reales de formación, en forma jerarquizada, se requiere una mirada en forma hermenéutica sobre los perfiles y objetivos determinados, para responder funcionalmente a las preguntas sobre el saber ser, el saber, el saber hacer y el saber comunicar; competencias éstas, pertinentes a lo que podríamos denominar en el proceso formativo del ingeniero, “ser competente en”. Es decir precisar, dichos aprenderes mediante la reflexión atinada y colectiva de la comunidad académica de la facultad.

Identificadas las competencias pertinentes a cada programa académico, se les define desde la perspectiva de la diferenciación de sus elementos y se expresan en sus diferentes componentes (conocimientos, habilidades, actitudes y valores), los cuales se explicitan en forma de indicadores de logro competencia. Éstos indicadores constituyen el criterio fundamental para valorar el desempeño logrado por el estudiante en cada competencia identificada.

Cumplido éste proceso y desde la perspectiva de los campos de formación requeridos por la educación superior, se adelanta con fines de categorización, una primera interacción entre los indicadores enunciados y los campos de formación establecidos por la comunidad académica y fundamentados en lo sugerido por la normativa del Estado al respecto.

Del plan de estudios: En esta dirección y siguiendo el proceso del desarrollo global del currículo y dentro de la concepción del proceso formativo se adelanta una segunda interacción entre el desempeño del futuro profesional (indicadores de logro desempeño), los campos de formación y las dimensiones formativas para diseñar una propuesta de plan de estudios que desde la perspectiva del propósito de formación, sirva de instrumento de apoyo en la reflexión sobre la selección de las disciplinas más adecuadas y pertinentes para la formación del futuro profesional de ingeniería y, que a su vez, sea guía en la ubicación de éstas, en los diferentes ciclos del proceso formativo.

De los núcleos temáticos, como una muestra estratégica en la organización de la estructura curricular con un enfoque “interdisciplinario” y con una visión “concurrente”: En ésta línea, diseñado el plan de estudios, se realiza una tercera interacción entre el “propósito de formación” - que como antes se explicó es producto de la reflexión colectiva dentro de la comunidad académica sobre la contextualización, los perfiles y los objetivos propuestos- y el conjunto de conocimientos de las posibles disciplinas, que puedan convertirse en alternativas de solución al problema implícito en la pregunta formulada como resultante de un proceso de indagación dentro del ámbito del propósito de formación, tomando de éste, uno o varios puntos de todo su contexto, y expresándolo desde la perspectiva de la pregunta.

La utilización de la pregunta pone al estudiante, futuro profesional de la ingeniería, en camino hacia la construcción del conocimiento y a su práctica específica en un contexto determinado desde la perspectiva de la duda. La anterior operación, constituye los núcleos temáticos y problemáticos, entendidos como:

Una forma organizativa del currículo, una estrategia curricular interdisciplinaria, lo cual implica el agrupamiento de un conjunto de conocimientos y problemas de una o varias áreas del conocimiento, que se relacionan según el grado de relevancia en la construcción de alternativas abiertas de solución al problema planteado.

Es decir que en éste tipo de estructura curricular es fundamental que se considere la articulación o interdependencia (y no jerarquía ni relaciones de aplicación) entre conocimientos y problemas o prácticas. De ahí que ésta articulación implica, que la formación se entienda, en éste caso, como un proceso que interrelaciona un campo de conocimiento y un campo de práctica.

Trabajar con la estrategia núcleo temático y problemático advierte una correlación directa con el propósito de formación que orienta y determina el desarrollo académico del proceso formativo, en la medida en que se convierte en un dispositivo que facilita la integración de la formación, la investigación y la proyección social, considerados procesos determinantes de la identidad de las instituciones del nivel de educación superior. Además, exigirá un trabajo de mentes abiertas, con capacidad de aceptación a lo desconocido, lo inesperado, lo impredecible, de argumentar con rigor, de permitir el paso del monólogo disciplinario al diálogo interdisciplinario, de entender el sentido de ciencia y disciplina desde la perspectiva de su marco de acción, de adopción de sus métodos y la definición de los objetos sobre los cuales se ha buscado la intervención humana.

Todo lo anterior incluido en el proceso de desarrollo global del currículo, daría como resultado la idoneidad (el saber, el saber hacer, el saber comunicar) y la ética (el saber ser). Elementos, todos estos, requeridos para el profesional en las diferentes opciones de la ingeniería.

El diseño de la estructura curricular de los programas académicos de ingeniería, existentes en la Facultad, seguirá todo el proceso de desarrollo global descrito en este aparte.

## Bibliografía

1. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI, ICFES. Actualización y Modernización del Currículo en Ingeniería Industrial. Documento Final. Bogotá, 1996.
2. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI- ASCUN. El Proceso de Construcción de las Bases de la Educación Superior. Documento elaborado por Camilo Noguera Calderón y Patricia Linares. Una Tarea Inconclusa de la Sociedad. Compilación Normativa Comentada. Bogotá, julio de 1996
3. Colombia. Congreso de la República. Ley 30 del 28 de diciembre de 1992.
4. Colombia. Ministerio de Educación Nacional. Decreto 808 del 25/ 4/ 2002. Art. 5
5. Colombia. Ministerio de Educación Nacional. Decreto 792 del 8 de mayo de 2001.
6. Colombia. Ministerio de Educación Nacional. Congreso Nacional de Acreditación. C.N.A. Criterios y Procedimientos para la Verificación de Estándares de Calidad de Programas Académicos de Pregrado en Ingeniería. Bogotá, diciembre de 2001.
7. Colombia. Dirección Nacional de Planeación. Plan de Desarrollo ———
8. García Amilburu, María. Aprendiendo a Ser Humanos. Una Antropología de la Educación. Segunda Edición. Pamplona. Eunsa, 1997. 198p.
9. López Jiménez Nelson. La Reestructuración Curricular de la Educación Superior. Hacia la Integración del Saber. ICFES. Universidad Surcolombiana. Bogotá, Presencia, 1995.
10. La De-Construcción Curricular. Colección Seminarium. Bogotá, Magisterio. 2001. 172p.
11. Ministerio de Ciencia, Educación y Desarrollo. Colombia al Filo de la Oportunidad. Informe Conjunto. Bogotá, Magisterio.
12. Misión Nacional para la Modernización de la Universidad Pública. Estudios de Base. Bogotá, presencia, 1997.
13. Morin Edgar. Los Siete Saberes Necesarios para la Educación del Futuro. UNESCO. Bogotá, magisterio, 2001, 134p.
14. Stiglitz, Joseph. El Malestar en la Globalización. Cuarta reimpresión. Bogotá-Taurus. 2003. 314p.
15. Universidad de Los Andes. Facultad de Administración. Magister en Dirección Universitaria. Luis Enrique Orozco Silva. Compilador. Educación superior. Desafío Global y respuesta Nacional I. Bogotá, Alfomega, 2001. 197p
16. Universidad del Norte. Ingeniería-Desarrollo. Revista de la División de Ingeniería. Nill. Barranquilla, I.S.S.N., 2002.
17. Universidad de La Sabana. Estatutos, Chía, 2002.
18. Universidad de La Sabana. Proyecto educativo Institucional. Chía. 1993.
19. Universidad de La Sabana. Pautas para el Desarrollo Curricular. Programas de Pregrado. Documento elaborado por Graciela Amaya de Ochoa. Chía, 2002.
20. Universidad de La Sabana. Vicerrectoría Académica. Dirección de Investigación y Docencia. Procedimientos Generales en Relación con la Investigación en la Universidad de La Sabana. Primera edición. Chía, 2002.
21. Universidad de La Sabana. Vicerrectoría Académica. Investigaciones Científicas. Investigación, Balance y Perspectivas. 1996- 1998. Chía, 1998.

# Experiencia Evaluativa Basada en una Estrategia Pedagógica de Resolución de Problemas

Dalton Moreno Girardot  
Germán García Vera  
Universidad Industrial de Santander  
Escuela de Ingeniería Civil

## Resumen

El conocimiento no se transmite, se construye a través de procesos de enseñanza aprendizaje, a partir de una evaluación de preconocimientos que permitan detectar falencias e implementar actividades de mejoramiento que conduzcan a un aprendizaje significativo (saber hacer).

Se busca superar el mero operativismo y manejo de formulas para abordar una propuesta de construcción de competencias generales y específicas por intermedio de un conjunto de actividades y evaluaciones concertadas que le permitan al estudiante ser autor o protagonista principal y el docente ser un guía activo y contextualizado.

La resolución de problemas aglutina dicho conjunto de actividades pedagógicas y permite además proponer un nuevo contexto para la evaluación que supera el marco puntual del examen tradicional.

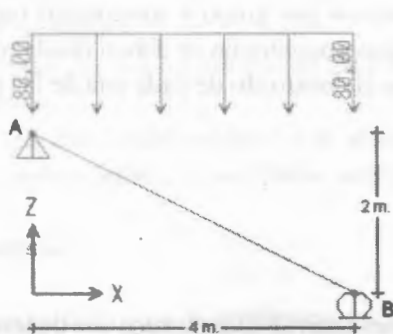
## Experiencia Evaluativa Implementada en el curso de Análisis de estructuras

Los autores del presente artículo hacen parte del Grupo de Investigación Pedagógica RESPROM de la UIS y han decidido presentar la experiencia en Análisis de Estructuras, sin embargo, el grupo cuenta también con experiencias en otras materias.

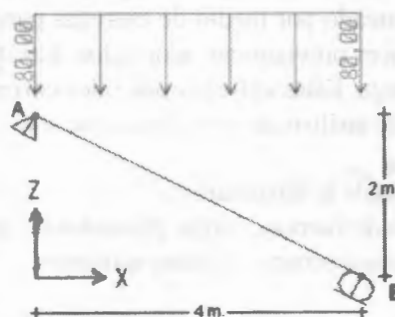
La experiencia realizada en el curso de Análisis de Estructuras, materia que se encuentra en el sexto semestre de la carrera de Ingeniería Civil, comenzó con una evaluación de preconocimientos relacionada con la estática de dos vigas inclinadas de igual geometría y cargas, con variación en la orientación de los apoyos. Para detectar si los estudiantes dominaban la influencia en las reacciones debido al cambio en los apoyos, además, observar las destrezas en la elaboración de diagramas de cortante y momento. Ver figura 1.

## Diagnóstico inicial

Analice y desarrolle cada uno de los siguientes ejercicios, establezca diferencias entre las 2 situaciones, si existen realmente.



Ejercicio 1



Ejercicio 2

Figura 1. Diagnóstico inicial



Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1

Calificación de la respuesta	Evaluación de la comprensión del problema	No. De Est.	Porcentaje
llegaron a las respuestas	Comprendieron la diferencia entre los a problemas	2	5
No llegó a las respuestas por error numérico	comprendió los problemas, planteándolos perfectamente	1	2.5
Llegaron a la primera respuesta, pero no llegaron a la segunda	Comprendieron el primer ejercicio pero tuvieron serias dificultades en el segundo ejercicio	7	17.5
Sólo realizaron el primer ejercicio, y llegaron a la respuesta	Manejaron bien el primer ejercicio y el segundo lo dejaron en blanco	10	25
Obtuvieron las reacciones y diagramas de cortante del primer ejercicio	No tuvieron problemas en la obtención de las reacciones pero si en los diagramas	4	10
Obtuvieron las reacciones del primer ejercicio	Sólo trabajaron el primer ejercicio, teniendo dificultad en la construcción de los diagramas	7	17.5
no llegaron a ninguna respuesta	no hubo un planteo coherente del problema	5	12.5
obtuvo las primeras respuestas	no realizó ningún tipo de análisis y de la nada colocó las respuestas, sin procedimiento alguno	1	2.5
Obtuvieron las primeras respuestas	No es entendible los razonamientos de los estudiantes por no existir coherencia en las ecuaciones planteadas	2	5
No llegó a las respuestas	No se pudo entender el tipo de letra del estudiante	1	2.5

Tabla 1. Evaluación inicial

Como resultado de la evaluación de conocimientos se puede decir que existe un afán por hacer cálculos y una carencia de dedicación de tiempo para analizar el problema, además, no se hace uso correcto de la técnica del diagrama de cuerpo libre lo que conduce a errores en los planteamientos de ecuaciones, verificación de resultados, etc.

También se efectuó una encuesta sobre como planean el tiempo los estudiantes, lo cual permitió ver que ellos están utilizando 1.5 horas en Internet, del cual solo utilizan el 30% para reforzar el programa de estudio.

Respecto al desarrollo del curso se planteo lo siguiente:

- El objeto del curso es desarrollar la competencia de Análisis de Estructuras.
- Las actividades planteadas para el desarrollo del objetivo son: planteamiento de un problema por parte del profesor que consiste en analizar una estructura de un edificio determinado, presentación por parte del profesor de algunos temáticos relacionados con conceptos básicos para desarrollar la competencia de análisis estructural, visita de la obra, conferencia de un experto externo, video sobre laboratorio de fenómenos estructurales, taller de presentación del programa comercial SAP-2000, lectura y discusión sobre problemas de aprendizaje.
- Refente a la evaluación del curso se propone: hacer seguimiento del trabajo del estudiante al desarrollo del problema planteado por medio de entregas parciales escritas por grupo y sustentadas individualmente con fechas y alcances previamente acordados. Las deficiencias encontradas se deben resolver e incorporar en la siguiente entrega. Estas entregas parciales corresponden al desarrollo de cada una de las componentes de la competencia de análisis de estructuras que son:
  - Idealización de la estructura
  - Evaluación de fuerzas, cargas y estados de carga.
  - Interacción estructura y fuerzas actuantes.

Una segunda actividad de evaluación consiste en dos exámenes individuales escritos que tienen una alta exigencia de planteamiento, proceso de solución y resultados.

La tercera actividad evaluativa corresponde al conjunto de informes sobre las otras experiencias curriculares.

La evaluación conduce a una nota conformada por los siguientes porcentajes:

Desarrollo del problema (Proyecto)	40%
Primer examen	20%
Segundo examen	15%
Participación en clases, tareas y quices	10%
Informe sobre el video	5%
Informe sobre visita de obra	5%
Informe sobre el taller de SAP-2000	5%

## Aportes

- Aplicación real del conocimiento.
- Profundización de temas específicos.
- Globalización de la ingeniería.
- Integración de conocimientos
- Análisis de muros estructurales.

**Conferencia:** Plan de Ordenamiento Territorial para Bucaramanga, Conferencista, Ingeniero Alexis Vega.

- Conocer técnicas utilizadas hoy.
- Nueva información sobre temas diferentes.
- Globalización de la carrera.
- Enterarme de temas municipales actuales.
- Conocimiento y aplicación del urbanismo.

**Visitas de Obra:** A la construcción del edificio del Instituto de Lenguas de la Universidad Industrial de Santander.

- Aclarar dudas muy práctico.
- Aporte de tipo visual.
- Materialización de conceptos.
- Contacto con el campo constructivo.
- Conocer la aplicación de la ingeniería.

## Presentación de Videos:

- Estructuras en miniatura.
- Comprender mejor el comportamiento de las estructuras.
- Ilustrar conceptos.
- Aclaré dudas que traía desde resistencia de materiales.
- Visualización de los efectos en elementos cargados.

## Lectura Programada:

- Dificultades en la resolución de problemas.
- Revisar y reflexionar sobre mis métodos de estudio.
- Entender los problemas del aprendizaje.
- Análisis del proceso educativo.



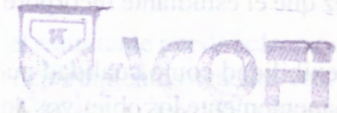
## Evaluación de la propuesta pedagógica

El 100% de los estudiantes encuestados se identificaron con la propuesta presentada por las siguientes razones:

- Es más pedagógica.
- Forma conciencia del aprendizaje.
- Mayor integración docente-estudiante.
- Las clases son más dinámicas.
- Aprendemos más manejando conceptos que mecanizando procesos.
- Uno mismo descubre las cosas y por consiguiente las maneja mejor.
- Por que uno mismo construye su conocimiento.
- Hicimos actividades extraclase muy productivas.
- Permite un aprendizaje integral, menos estresante.
- Es mas practica, más real, más interesante y de más participación del estudiante, la tradicional aburre y es muy irreal.
- Permite una mayor visión e identificación con la carrera.

# Flexibilidad Curricular Entendida como Métrica y como Calidad en los Programas de Ingeniería de la Universidad del Norte

Amparo Camacho Díaz  
Javier Páez Saavedra  
Universidad del Norte



## Resumen

Se presenta la conceptualización de la característica de flexibilidad y su implementación en los nuevos currículos de los seis programas de Ingeniería (Civil, Eléctrica, Electrónica, Industrial, Mecánica y de Sistemas) de la Universidad del Norte.

Los currículos de los programas de Ingeniería han sido reformulados dentro del proyecto de modernización curricular institucional, utilizando como estrategia del mismo la flexibilidad curricular entendida esta tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Esta característica permite que los nuevos currículos atiendan de una forma oportuna y apropiada las demandas de la sociedad contemporánea caracterizada por la impredecibilidad, la multidimensionalidad y la complejidad dinámica, y que asimismo se favorezca el desarrollo de condiciones que faciliten la internacionalización de los programas de Ingeniería y la interdisciplinariedad de los mismos facilitándose de esta manera la incorporación de los intereses de los estudiantes en sus procesos de formación.

El diseño de currículos flexibles estuvo orientado por directrices institucionales referentes a: la estructura curricular de los programas académicos de la institución la cual se presenta en forma de componentes de formación que comprenden y articulan saberes, tipos de créditos los cuales permiten operacionalizar la flexibilidad curricular, y un índice de flexibilidad el cual determina en forma cuantitativa la misma.

Uno de los resultados importantes del proyecto de modernización curricular (PMC) ha sido el de la flexibilización, la cual se ha manifestado en forma cuantitativa mediante los índices alcanzados y en forma cualitativa mediante las posibilidades ofrecidas a los estudiantes para su formación integral y a la administración académica para revisar permanentemente los objetivos de formación de los programas de Ingeniería.

## 1. Introducción

La División de Ingeniería desarrolló el proyecto de modernización de sus currículos teniendo en cuenta tendencias internacionales y nacionales para la formación en educación superior particularmente la de los ingenieros, características propias del entorno, recomendaciones producto de procesos nacionales e internacionales de acreditación de sus programas, lineamientos institucionales para el PMC, plan de desarrollo institucional y de la división para el quinquenio 2003 – 2007, y utilizó como estrategia fundamental la flexibilización curricular con el objeto de formular currículos que respondan adecuadamente a las necesidades del mundo contemporáneo en sus diferentes dimensiones.

## 2. Marco de referencia

### 2.1. Antecedentes

La División de Ingeniería se ha caracterizado por mantener una cultura de autoevaluación permanente lo cual se manifiesta entre otros aspectos importantes, por los procesos de revisión y ajuste curricular desarrollados hasta la fecha; dentro de dichos procesos es importante reseñar, por su relación con el tema aquí expuesto, el proceso de reconceptualización del crédito desarrollado en 1994, cuyo objetivo fundamental era revisar y reconceptualizar si fuese necesario la medida de crédito utilizada. Los resultados de este proceso sentaron las bases para procesos posteriores de ajuste curricular en lo referente a la estimación de número máximo de créditos por semestre, y en

cuanto a flexibilidad curricular se analizaron las posibilidades existentes de espacios curricularizables diferentes al aula de clase y los enfoques pedagógicos más apropiados para los mismos.

## 2.2. Marco Conceptual

El aspecto más importante que subyace a esta propuesta curricular es la flexibilidad curricular, la cual ha permitido enriquecer los planes de estudios con la amplia variedad de saberes presentes en la universidad y permitir a su vez que el estudiante incorpore en su formación sus intereses particulares.

La flexibilidad como cualidad puede ser entendida como: “capacidad de la comunidad académica para revisar permanentemente los objetivos de los programas académicos, de acuerdo con los avances del conocimiento y de la sociedad y la posibilidad de escoger, entre múltiples opciones, los caminos para lograrlos”<sup>1</sup>. Esto se materializa en los nuevos currícula en la capacidad de ofrecerle al estudiante la posibilidad de enriquecer su formación ingenieril con conocimientos provenientes de otros saberes y permitirle mayor movilidad dentro de su plan de estudios y posteriormente como ingenieros en el ejercicio de sus profesiones.

La flexibilidad entendida como métrica hace referencia a la posibilidad de medir que tan flexible es el plan de estudios mediante un índice que toma en cuenta el tipo de créditos y en que medida cada uno de ellos está presente en los diferentes componentes de formación que constituyen el plan de estudios.

### 2.2.1 Componentes de Formación.

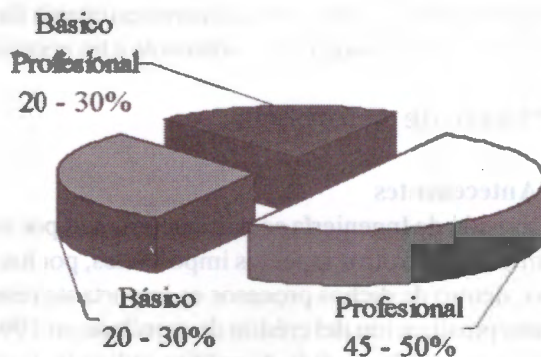
Uno de los aspectos importantes dentro de este proceso fue la determinación, dentro del plan de estudios, de los componentes de formación en cuanto su contenido y cantidad de créditos. Quedaron establecidos como sigue:

- **Componente de Formación Básica:** Conformado por asignaturas que proporcionan la formación básica y que buscan proporcionar estructura al pensamiento y al conocimiento. Comprende áreas comunes a los programas de ingeniería: matemáticas, ciencias naturales, informática, ciencias sociales y humanidades.
- **Componente de Formación Básica Profesional:** Conformado por asignaturas, en las diferentes disciplinas de Ingeniería, que sientan las bases para la formación profesional específica. Comprende algunas áreas comunes y otras propias dependiendo de la disciplina particular de ingeniería.
- **Componente de Formación Profesional:** Conformado por asignaturas que aseguran la formación específica en el saber y hacer propio de cada disciplina de ingeniería. Este componente está organizado en cada programa en ejes temáticos que garantizan la coherencia y consistencia de los conocimientos adquiridos a lo largo del plan de estudios.

Institucionalmente se estableció que cada programa podría distribuir sus créditos para cada uno de los componentes de formación en el siguiente rango de porcentajes:

- **Componente de Formación Básica:** 20 % - 30 %
- **Componente de Formación Básica Profesional:** 20 % - 30%
- **Componente de Formación Profesional:** 45 % - 50 %

Se ilustra a continuación los componentes de formación con sus correspondientes porcentajes:



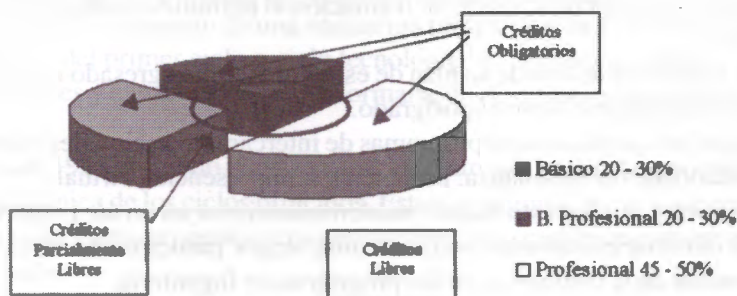
<sup>1</sup> UNIVERSIDAD DEL NORTE. Comité de Modernización Curricular. Proyecto de Modernización Curricular. Publicación de la Dirección de Proyectos Académicos. 2002. P. 32

### 2.2.2 Tipos de créditos

Un aspecto importante para la operacionalización de la flexibilidad fue la tipificación de créditos de la siguiente manera:

- **Créditos Obligatorios:** Son créditos que corresponden a asignaturas definidas por cada programa como de obligatorio cumplimiento, es decir, no hay posibilidad por parte del estudiante de escogencia. Estos créditos son ofertados por el departamento propio de cada programa de ingeniería.
- **Créditos Parcialmente Libres:** Son los que corresponden a asignaturas que el estudiante puede seleccionar de una lista establecida por cada programa y que son ofertados por diferentes departamentos académicos.
- **Créditos Libres:** Son aquellos que corresponden a asignaturas que están relacionadas ó nó con la profesión y que el estudiante puede seleccionar libremente de la oferta de asignaturas de los departamentos académicos de la universidad.

A continuación se ilustra los componentes de formación y los tipos de créditos:



### 2.2.3 Índice de Flexibilidad

Teniendo estructurado el plan de estudios por componentes de formación en los cuales se han identificado los créditos de acuerdo con la tipificación anteriormente descrita, se puede determinar el índice de flexibilidad para cada programa como la proporción de la suma de los créditos libre y los parcialmente libres sobre el total de créditos, expresada esta medida porcentualmente, así:

$$If = \frac{CL + CPL}{TC}$$

If = Índice de flexibilidad

CL = Créditos Libres

CPL = Créditos Parcialmente Libres

TC = Total de créditos del programa

Institucionalmente se estableció como meta a alcanzar en este proceso, un índice de flexibilidad curricular del 20%.

## 3. Metodología

El desarrollo del proyecto de modernización curricular se realizó colectivamente con la participación de directores de programa, profesores, estudiantes, egresados y directivos de la división.

A partir de la definición de un perfil de ingeniero exitoso realizado por el comité de currículo de cada programa, se inició el desarrollo del proyecto; durante el desarrollo del mismo se formularon las competencias tanto genéricas como específicas requeridas en cada profesión de ingeniería para desarrollar los perfiles exitosos formulados y a



partir de ellas se estructuró el plan de estudios atendiendo los lineamientos establecidos institucionalmente en cuanto a flexibilidad y fundamentos de la modernización curricular.

Cada programa estableció sus ejes temáticos y estructuró su plan de estudios de acuerdo con los componentes de formación anteriormente descritos determinando concurrentemente en este proceso el tipo de créditos presente en los mismos.

El anterior proceso fué de carácter iterativo y requirió de la participación activa de todos sus actores, trabajando en diferentes instancias y en diferentes momentos del desarrollo pero de una manera articulada lo cual permitió la formulación de currículas coherentes con las expectativas formuladas.

### 3. Resultados

La flexibilidad de los nuevos currícula de los programas de Ingeniería, permite:

- Facilitar a los estudiantes la estructuración de su formación al permitirle incorporar en su plan de estudios temáticas de su interés.
- Mayor movilidad del estudiante dentro de su plan de estudios y como egresado en su ejercicio profesional.
- Facilitar la articulación del pregrado con el postgrado.
- Facilitar la movilidad de los estudiantes en programas de intercambio nacionales e internacionales.
- Ofertar diferentes modalidades de enseñanza: presencial, semipresencial, virtual.
- Aumentar la oferta de cursos que los estudiantes pueden seleccionar en un área específica del conocimiento.
- Promover una mayor interdisciplinariedad mediante una mayor participación de la oferta de cursos de los departamentos académicos de la institución en los programas de Ingeniería.
- Promover la formación de un profesional autónomo al tener el estudiante la posibilidad de elegir entre diversas opciones para su formación.
- Mantener en los currícula referentes nacionales e internacionales para la formación de ingenieros.
- Facilitar la revisión permanente de los objetivos de formación de los programas
- Facilitar la posibilidad de que el estudiante realice un segundo programa de Ingeniería en un número de años menor a los regularmente establecidos.

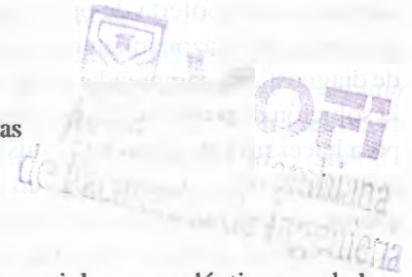
Finalmente, cabe resaltar que los programas de Ingeniería, cumplieron las expectativas institucionales en cuanto a porcentaje de componentes de formación e índice de flexibilidad: en cuanto a los componentes de formación en promedio los programas están dentro del rango establecido con tendencia al 30% en el componente de formación básica, y en cuanto al índice de flexibilidad, en promedio se aproxima al 20%, y se espera en posteriores ajustes llegar al 30%, índice previsto para el año 2006.

### Bibliografía

1. COLCIENCIAS. Conversatorio: "Tendencias y desafíos de los programas de formación en Ingeniería". Memorias. Bogotá. 2004.
2. UNESCO. Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y Acción. 1998
3. UNIVERSIDAD DEL NORTE. Comité de Modernización Curricular. Proyecto de Modernización Curricular. Publicación de Dirección de Proyectos Académicos. Barranquilla. Uninorte. 2002.
4. UNIVERSIDAD DEL NORTE. División de Ingeniería. Plan de Desarrollo 2003 – 2007. Publicación de la División de Ingeniería. Barranquilla. Uninorte. 2003.
5. UNIVERSIDAD DEL NORTE. División de Ingeniería. Proyecto de Modernización Curricular de Ingeniería. Monografía. Barranquilla. Uninorte. 2003.

# Formación de Ingenieros por Ciclos Propedéuticos. Experiencia de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Dora Marcela Martínez Camargo  
Iván Darío Zuluaga Atehortúa  
Germán Arturo López Martínez  
Roberto Vergara Portela  
Docentes Facultad Tecnológica  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas



## Resumen

La Universidad Distrital ofrece siete programas de formación de ingenieros por ciclos propedéuticos, en la localidad de Ciudad Bolívar de Bogotá D.C. El modelo adoptado por la Universidad a través de la Facultad Tecnológica, tiene como población objetivo personas de bajos recursos y consideradas de alto riesgo socioeconómico. El modelo se caracteriza por el ofrecimiento de una educación profesional de calidad que propende por el ingreso al mundo del trabajo después del primer ciclo o ciclo tecnológico y, después de obtener experiencia laboral como tecnólogo, según necesidades y capacidades, poder formarse en el segundo ciclo como ingeniero.

El modelo adoptado desde 1998 ha tenido algunos cambios tanto curriculares como pedagógicos, que han contribuido a la evolución académica de los ciclos ofrecidos. Estamos seguros que el conocer nuestra experiencia en la formación de ingenieros por ciclos propedéuticos enriquecerá la discusión que, sobre el tema, se ha desarrollado durante las últimas décadas.

## Introducción

La política educativa en el país, ha enmarcado a la educación superior en una estructura de universidad esencialmente confesional y por la inflexibilidad de su carácter, ha contribuido a la agudización de grandes problemas, como: la exclusión social, la desaptabilidad del individuo formado y la ineffectividad de las inversiones para la formación de los ciudadanos.

De otro lado, la educación tecnológica en el país ha atravesado un desfavorable trayecto legislativo y social en el transcurrir de las últimas décadas, «cada institución interpretó de maneras muy diversas y aun antagónicas entre sí el concepto de educación tecnológica» [1], situación que ha dejado a la educación tecnológica a la deriva, en las manos de la explotación mercantilista, con una intervención estatal tardía y tímida, para educar a las clases populares, o en las manos de una sociedad para la cual el objeto de la educación es cultivar una ciudadanía letrada.

En la perspectiva de contribuir a la ineludible responsabilidad histórica y global que tiene el Estado de construir un proyecto educativo colombiano que propicie el desarrollo del país a través de la búsqueda y consecución de los grandes ideales sociales, los valores fundamentales y los escenarios futuros deseables, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en la visión de consolidar su modelo pedagógico de cara al distrito y a la nación, viene implementando y desarrollando en una de sus facultades, un modelo de formación de ingenieros por ciclos propedéuticos.

## Conocimiento tecnológico y educación tecnológica

El conocimiento tecnológico se constituye a partir de la aptitud teórica coherentemente acompañada de la actitud investigativa. Es el resultado de la teorización de problemas técnicos; fundamentada en la concepción científica,



que incorpora leyes y principios, permitiendo anticipar resultados en un proceso, que crea y fortalece vínculos entre ciencia y técnica y entre técnica y producción de bienes y servicios.

Relacionado con lo anterior, «la educación tecnológica se entiende como *la formación de la capacidad de investigación y desarrollo tecnológico, de innovación tecnológica en la respectiva área del conocimiento*»[2] y se asimila como la oferta de oportunidades de formación teórico-práctica con bases científicas y teóricas sólidas, que facilitan el razonamiento científico sobre el objeto técnico. Es decir desarrolla un pensamiento con capacidad de diagnosticar, comprender y explicar las realidades, *-hacer ciencia-*; innovar en los medios de intervención para la solución de problemas concretos, *-hacer tecnología-*; administrar, supervisar, operar y experimentar el medio para hacer más efectivas sus transformaciones, *-hacer técnica-*. Consecuentemente, ella requiere que la institución que la oferte cuente con: un recurso humano especializado para hacerla científica, aplicada y pertinente; además de una infraestructura de laboratorios actualizados y una permanente y estrecha relación con las fuentes de problemas; como la industria, la empresa y su entorno social.

En esta dirección, la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital enfoca su acción educativa, hacia los procesos de diseño y construcción de tecnologías adaptadas a necesidades concretas, en la solución de un conjunto de problemas identificados.

## Conceptualización del modelo

En la clara relación entre ciencia y tecnología que muestra el carácter práctico y aplicado, creativo y experimental de la educación tecnológica moderna, se requiere una relación biunívoca con la formación en ingeniería. Esta última, como área del conocimiento aplicado, hace parte fundamental del campo de la tecnología, se deriva y epistemológicamente está ligada con ella y por lo tanto no pueden separarse.

Con base en lo anterior, la Facultad Tecnológica ofrece educación tecnológica como una «*modalidad de formación en un nivel del conjunto de las profesiones técnicas; las cuales se estructuran en un continuum que se inicia con el profesional técnico y culmina con el nivel de ingeniero. En muchos países, la educación tecnológica constituye el primer ciclo de formación en ingeniería, de tal manera que el título de tecnólogo es equivalente al de ingeniero de primer ciclo o ingeniero práctico.*» [1]. Esta educación se enmarca en el modelo de formación de ingenieros, estructurado en ciclos propedéuticos.

En esta oferta de formación se identifican y definen claramente los objetivos y títulos ocupacionales propios de cada ciclo. El primer ciclo, en la Facultad, está orientado hacia la formación del ingeniero *técnico o práctico*; en el cual, se forma un profesional para solucionar problemas tecnológicos en la producción. Al egresado de este ciclo se le concede el título de Tecnólogo; este título es equivalente a los otorgados en diversos países europeos y asiáticos, en donde se ofrecen modalidades de formación similares. Un primer ciclo de 3 años, un segundo ciclo de 2 años y al egresado del primero ciclo se le denomina: ingeniero técnico, ingeniero práctico, tecnólogo, ingeniero de producción, ingeniero asociado, técnico o tecnólogo en ingeniería, donde su equivalencia lingüística es: *gradueirter ingeniur, ingenieur techniker, ingeniero técnico, technician engineer, engineering associate, engineering technician, profesional engineer, field engineer, technikum ingenior, engineering technologi:t*[3]. Al segundo ciclo, acceden tecnólogos según sus intereses académicos, capacidades y necesidades de formación en un campo puntual de la ingeniería e interés hacia el trabajo de investigación y desarrollo. Éste ciclo está orientado a la formación de ingenieros con capacidad para desarrollar proyectos de investigación tecnológica de alto nivel. Al egresado se le concede el título de ingeniero.

La tendencia hacia el fortalecimiento de la inclusión social y considerando que «*un ser humano al recibir la misma educación que cualquier otro –algo que se deriva del hecho de ser un derecho universal– no significa igualarlos entre sí*»[4], hace de este modelo una respuesta a la creciente carencia de ofertas de formación en educación superior de calidad y se flexibilizan las estructuras curriculares pueden garantizar la permanencia y movilidad de los estudiantes, persistiendo además en la política de mejoramiento continuo de la calidad. Un

modelo de estas características es socialmente más equitativo e innovador en la formación de ingenieros para Colombia.

## Reseña de la Facultad Tecnológica

La Facultad Tecnológica nace por acuerdo del Consejo Superior Universitario en junio de 1994. Se ubica en el sector de Ciudad Bolívar, localidad 19 del Distrito Capital y surge como respuesta de la Universidad del Distrito, para llevar educación superior a los sectores más desfavorecidos y populares. Se crearon inicialmente programas tecnológicos, previo estudio[5], en el cual se observó que la demanda estudiantil requería de un ciclo corto fundamental, que formara a los bachilleres en competencias básicas para salir a enfrentarse al mundo laboral. La creación de la Facultad Tecnológica fue, en cierto modo, una respuesta a las inquietudes y recomendaciones que simultáneamente estaba planteando por la Misión de Ciencia Educación y Desarrollo[6], para contribuir socialmente al proceso de formación de ciudadanos en la construcción de una cultura tecnológica propia que permita innovar y mejorar los procesos de producción a través desde una formación de alto nivel que integra la teoría y la práctica, el saber hacer y el saber reflexionar sobre la técnica, haciendo coherente con el carácter de la educación superior que se ofrece, con la calidad y la cobertura social, democratizando así las oportunidades de acceso a ella.

En su propósito de consolidar el nuevo modelo, la Universidad Distrital decide abrir en primera instancia y gradualmente en el tiempo, seis programas de Tecnología: Construcciones Civiles, Sistematización de Datos, Electrónica, Electricidad, Industrial y Mecánica, cada uno de ellos con un alto contenido de fundamentación científica directamente relacionado con el área objeto de estudio y una estrecha articulación con la solución de problemas tecnológicos, a través de la realización de actividades prácticas en el desarrollo del currículo. Estos programas se estructuraron en seis semestres académicos, contando con una alta fundamentación teórica en ciencias básicas para posibilitar el acceso al segundo ciclo y adicionalmente proporcionar las competencias laborales que permitan una salida eficiente al mundo del trabajo. De esta forma se cuenta con una modalidad de ingreso y dos modalidades de salida laboral, una como tecnólogo y otra como ingeniero.

En los años 1997 y 1998, la Universidad Distrital, basada en la normatividad vigente, solicita los registros de siete ingenierías y, en ejercicio de la autonomía universitaria, se ofrecen los ciclos de ingeniería para los egresados de carreras tecnológicas, acogiendo entre las condiciones de ingreso al segundo ciclo, tener título de Tecnólogo, lo cual, de facto implementó el modelo de formación de ingenieros por ciclos propedéuticos. Como resultado de lo descrito anteriormente, se obtienen los registros de los siete programas de ingenierías, los cuales guardan correlación con los programas de tecnología ofrecidos, estos programas son: Ingeniería en Producción e Ingeniería Mecánica, Ingeniería Civil, Ingeniería en Telemática, Ingeniería en Control, Ingeniería en Telecomunicaciones e Ingeniería en Distribución y Redes Eléctricas. De esta forma, la formación de ingenieros por ciclos propedéuticos permite a los egresados de los programas de tecnología de la Universidad Distrital y de otras universidades una opción de formación de ingenieros según sus intereses y capacidades.

Es así como esta oferta se constituye en un modelo educativo con visión de futuro dirigido a los sectores más necesitados de ascenso social y de diversidad de ofertas educativas de calidad. Campos en los cuales la universidad pública ha incursionado tímidamente hasta ahora. Por ello la Universidad Distrital ha propugnado por que la calidad de la educación científica y tecnológica que ofrece, se traduzca en conocimiento y, como tal, en poder económico, social y político que fortalezca la competitividad de sus egresados en el mercado profesional y laboral.

## Ciclos propedéuticos

La formación de ingenieros por ciclos propedéuticos integra la teoría con la práctica, innova sobre las formas como tradicionalmente se han organizado los saberes y propicia la articulación de perspectivas científicas con fundamento epistemológico diferente, en un trabajo sistémico que promueve el aprendizaje y que representa para el estudiante y el docente un desafío a su creatividad, llevándolos a la necesidad de contextualizar lo aprendido a

la hora de simular y transformar la realidad, es decir propone una construcción de conocimiento desde los saberes previos en una situación novedosa.

Este modelo de formación permite al estudiante progresar en su formación según sus intereses y capacidades; por otro lado, permite a la institución, concebir la educación como un proceso permanente y continuo, de adaptabilidad a nuevas oportunidades ocupacionales; donde no es posible educar para un momento, período o necesidad determinada, sino para toda la vida productiva del ser humano.

Aquí subyacen algunas características que armonizan la estructura del modelo para garantizar su pertinencia y la calidad de la formación, en correspondencia con el nivel de educación superior. Es así como, la concepción de los ciclos para la Facultad, orientan hacia una educación para el trabajo y no para el empleo, no es una educación diversificada para un oficio, orientada hacia el entrenamiento en destrezas y habilidades específicas, sino una educación que prepara al estudiante en competencias básicas y laborales que le permiten al egresado desempeñarse profesionalmente y permanecer en el sistema educativo, mediante un currículo que estimula la creatividad y fomenta las destrezas del aprendizaje.

Los ciclos concebidos en la Facultad Tecnológica son considerados mutuamente interdependientes, articulados y complementarios entre sí, pues la naturaleza del ciclo de ingeniería es la complementación teórica y metodológica de la formación básica común y de la propiamente tecnológica que se postula en el ciclo tecnológico. De esta forma, para la facultad los ciclos son propedéuticos, mas no el acceso a ellos; es decir, la promoción al segundo ciclo no es automática.

## **Estructura curricular**

Los actuales programas de primer ciclo, se encuentran estructurados en promedio según las siguiente áreas y porcentajes: ciencias básicas: 18%, básicas de ingeniería: 30%, ingeniería aplicada: 31%, económico administrativa: 8% y socio-humanística 13%. El proceso de reforma que actualmente se está abordando en la Facultad propende por un mínimo de 28% en el área de ciencias básicas-es decir 27 créditos del total de los créditos del primer ciclo-, con el fin de garantizar la formación y competencias básicas necesarias para responder adecuadamente a las exigencias del segundo ciclo.

La investigación en la Facultad Tecnológica orienta el desarrollo académico de los proyectos curriculares, enfocando un perfil del egresado acorde con la modalidad de formación de ingenieros por ciclos. La investigación actualmente aporta a la comunidad y la industria mediante la consolidación de grupos, líneas y proyectos de investigación. Existen diferentes modalidades de trabajo en investigación. Se destacan los proyectos transversales que buscan articular el desarrollo de diferentes asignaturas en la elaboración de un único proyecto y la formulación de proyectos por parte de los docentes, en los cuales se busca la participación activa de los estudiantes de los diferentes ciclos ofrecidos. Por otra parte, la Extensión, que ha tenido impacto en el desarrollo social y local del entorno de la Facultad, se encuentra en un proceso de reforma, con miras a acercar más las actividades curriculares al sector productivo y viceversa. Esta reestructuración contribuirá a la articulación de las tres actividades sustantivas propias del quehacer universitario, dando a su oferta educativa una mayor pertinencia.

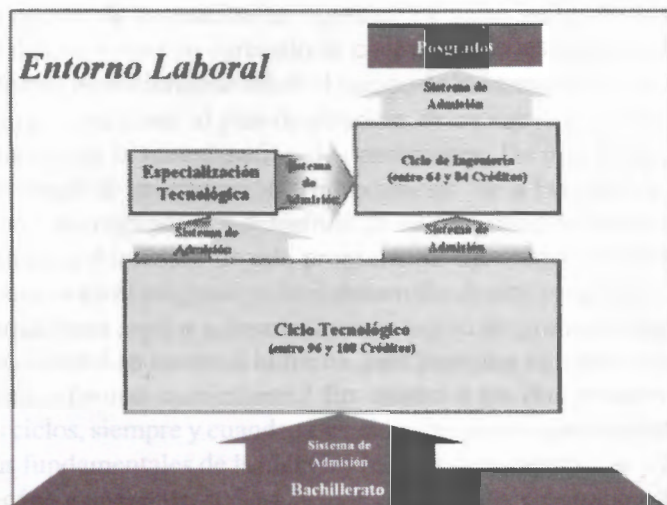
## **Ingreso a los ciclos**

### **Ingreso al Primer Ciclo**

Para acceder al primer ciclo, se requiere ser bachiller, su ingreso se hace según cupos asignados de mayor a menor puntaje. El puntaje máximo es de 140 puntos, de los cuales 100 corresponden al examen ICFES ponderado donde se privilegian los resultados obtenidos en las áreas de física y matemáticas, que equivalen al 60 % de este valor. Los 40 puntos restantes se asignan según la localidad y el estrato socioeconómico, privilegiando los estratos bajos con el máximo puntaje, el menor valor posible para esta ponderación es de 26.

## Ingreso al Segundo Ciclo

Las condiciones fundamentales para acceder al ciclo de ingeniería son: ser bachiller y tener título de Tecnólogo. Es preferencial el aspirante que demuestre experiencia laboral posterior a la obtención del título de Tecnólogo. La selección de los admitidos tiene en cuenta los siguientes criterios: 30% por el puntaje ponderado del ICFES, donde se privilegia las áreas de física y matemáticas, las que cubren el 60% de este ponderado al igual que en el primer ciclo, 30% por el promedio académico obtenido en el programa de Tecnología; 30% por la afinidad al ciclo de ingeniería al que aspira, que se asigna de acuerdo al estudio de los contenidos e intensidades horarias, tomando como referencia el programa de Ingeniería al que aspira y 10% por la experiencia profesional certificada como Tecnólogo. Después de los procesos de admisión y matrícula se realiza la homologación de asignaturas. Donde se evalúan los objetivos, contenidos programáticos e intensidades horarias de las asignaturas cursadas en la Tecnología y, con base en esto, se determina el porcentaje de similitud con las asignaturas del programa de ingeniería por ciclos ofrecido en la Facultad Tecnológica. Para que una asignatura sea homologada, su similitud debe estar entre un 75% y un 100% y haber sido aprobada en la institución correspondiente.



Modelo Facultad Tecnológica



A manera de síntesis, se ilustra el modelo ofrecido en la Facultad Tecnológica. Se puede observar una formación en dos ciclos: un primer ciclo de formación tecnológica al cabo del cual el egresado puede ir al entorno laboral a desempeñarse como tecnólogo o acceder a una especialización tecnológica y; un segundo ciclo ó ciclo de ingeniería, cuyo acceso se hace luego de un proceso de admisión que tiene como requisitos el haber terminado el primer ciclo, es decir, poseer título de tecnólogo y contar con una experiencia laboral en el área de formación. El egresado del ciclo de ingeniería podrá continuar su formación en niveles de posgrado según sus intereses y expectativas o desempeñarse.

## Bibliografía

1. GÓMEZ VÍCTOR MANUEL, La Educación Tecnológica en Colombia, 1995, Bogotá, p 82, p 7 Ed. Universidad Nacional
2. ICFES, Educación Técnica y Tecnológica, Comisión para su Fortalecimiento, 1998, Bogotá
3. FRENCH, H. W Los técnicos en Ingeniería. Algunos problemas de nomenclatura y clasificación en Estudios sobre la enseñanza de la Ingeniería p 7 UNESCO. 1986.
4. GIMENO SACRISTÁN, La educación obligatoria: su sentido educativo y social, 2000, Madrid, p. 62. Ed. Morata
5. ASESEL, Facultad Tecnológica Universidad Distrital. Informe Final, Bogotá. 1994.
6. ALDANA E, CHAPARRO L, GARCÍA G, et al., Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo. Colombia al Filo de la Oportunidad. Informe Conjunto. Bogotá, pp 45-48, Ed. Magisterio, 1997

# Formación del “Ingeniero del Agua”: Un Diseño Curricular en Línea desde el Pregrado hacia la Maestría y el Doctorado

Nelson Obregón Neira (IC, MSc, PhD)

Director del Grupo de Investigación “Hidrociencias”. Director de la Maestría en Hidrosistemas de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. Carrera 7 No. 40-67 Universidad Javeriana/Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia. nobregon@javeriana.edu.co

Profesor Catedrático Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá  
Postgrado de Recursos Hidráulicos. Facultad de Ingeniería

## Resumen

El término “Ingeniero del Agua” es introducido en este trabajo, no como un egresado de una nueva denominación de programa; sino como una opción de formación en ingeniería a partir de las denominaciones de programas actuales. En este contexto, se discute como un egresado de cualquiera de las ingenierías convencionales en Colombia puede formarse y contribuir profesionalmente en el campo de los recursos hídricos. Este ejercicio conlleva al diseño curricular, en particular a lo tocante al plan de estudios, de un nuevo programa de maestría centrado en la investigación y particularmente en la investigación de operaciones. De esta forma, se presenta y discute la experiencia desarrollada por el Grupo de Investigación “Hidrociencias” de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana en torno a la concepción y desarrollo de un programa de Maestría en Investigación denominado Maestría en Hidrosistemas. Alrededor de este programa de aproximamos preguntas como: (i) es viable la formación por ciclos propedéuticos en el pregrado para el desarrollo de este programa? (ii) Cuáles son los requerimientos mínimos en el pregrado para aspirar a desarrollar este nuevo programa de maestría en investigación? y (iii) Es posible una formación doctoral en recursos hídricos, para personas egresadas de programas de ingeniería con las actuales y las posibles reformas curriculares? En cuanto a las dos primeras preguntas, este trabajo argumenta que son viables los ciclos, siempre y cuando se establezcan unos requerimientos mínimos de formación relacionadas con las temáticas fundamentales de la ciencias básicas de Matemáticas y Física, principalmente los cálculos, las álgebras y la mecánica newtoniana. Para la tercera pregunta, este trabajo afirma que sí es posible la formación doctoral, a partir de una maestría de Investigación como la de Hidrosistemas, y de las eventuales reformas curriculares discutidas en la actualidad.

## I. Introducción

En Colombia por razones históricas los estudios del agua han sido principalmente aproximados por profesionales de la Ingeniería e incluso a veces en forma elitista mayormente por Ingenieros Civiles, Agrícolas, Sanitarios y Ambientales. No obstante, la misma complejidad de los procesos involucrados en el aprovechamiento y conservación de este recurso ha impuesto la necesidad de reconocer un espectro más amplio de participación proveniente de diferentes disciplinas. Hoy en día es fácil encontrar estudios integradores de todas las disciplinas Ingenieriles como por ejemplo los asociados a proyectos hidroenergéticos, de tratamiento de aguas y de riego y drenaje, entre otros. Que no sólo reconocen la necesidad de una verdadera participación interdisciplinaria ingenieril, sino también de otras personas formadas en las “ciencias duras” y las ciencias sociales. Para el caso del presente trabajo la discusión se centrará en el primer caso, es decir, desde la perspectiva de la participación de los ingenieros. Con este marco de referencia surgen preguntas naturales: (i) Es posible concebir y desarrollar programas graduados de recursos hídricos ofrecidos para todos los ingenieros? (ii) En caso afirmativo cuál es el núcleo central mínimo requerido en la formación académica? y (iii) Una formación por ciclos propedéuticos propicia el aprovechamiento de la formación graduada ofrecida en programas graduados de recursos hídricos? Estas preguntas y otras consideraciones son discutidas en este documento. De hecho, la primera de estas tres preguntas ya ha sido aproximada, toda vez que la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana (Sede Central de Bogotá), ya ofrece un programa de investigación denominado Maestría en Hidrosistemas. Así, el documento se estructura de la siguiente forma: En primer lugar se presenta el marco de referencia paradigmático en torno al estudio del agua. Seguidamente se enlazan estos paradigmas con los requerimientos de formación académica

graduada y se justifica porqué la investigación de operaciones es el eje central de este estudio. También se discuten las implicaciones de la formación por ciclos propedéuticos en el marco de la tercera pregunta.

## 2. Ciclos propedéuticos, formación graduada y los recursos hídricos

La primera pregunta planteada anteriormente es aproximada en la presente sección y la respuesta es afirmativa. Efectivamente, es posible concebir y desarrollar programas graduados de recursos hídricos ofrecidos para todos los ingenieros tal y como puede observarse en la Tabla 1 en donde se establecen los requerimientos de formación desde la Informática y la Ciencias de Matemáticas y Físicas (“Ciencias Duras”). Considérese en primera instancia el primer ciclo de formación técnica profesional en donde se asocian *“actividades técnicas que pueden realizarse autónomamente, habilitando para comportar responsabilidades de programación y coordinación”*.

Que para el caso de los proyectos de aprovechamiento y conservación del agua son muy comunes. El agua es un recurso, pero ante todo es un fluido físico, tangible con masa, manipulable y dinámico, captable, conducible, que requiere que personas entrenadas en actividades técnicas especializadas, como la operación de una estructura hidráulica tales como turbinas, válvulas, compuertas, etc. Para estas actividades no se requiera una formación avanzada en cálculo y física, sino más bien que la persona genere *“competencias y desarrollo intelectual como el de aptitudes, habilidades y destrezas..”* que convencionalmente son adquiridas por medio de una vasta experimentación que requiere de conocimientos de álgebra superior, lineal y de la mecánica newtoniana básica expresada en cinemática y dinámica. En la Tabla 1 también se observa que para el caso de la formación Tecnológica (segundo ciclo) se procura *“un pensamiento innovador e inteligente, con capacidad de diseñar, construir, ejecutar, controlar, transformar y operar los medios y procesos..”* que para el caso de los hidrosistemas resulta fundamental y pertinente. En este caso, sí se requiere de conocimientos de comportamientos de fluidos, materiales y equipos, los cuales pueden ser obtenidos mediante una formación impartida en la Mecánicas de Suelos, de Fluidos y de materiales.

FORMACIÓN	DEFINICIÓN	REQUERIMIENTOS
DOCTORADO	"Programa académico que otorga el título de más alto grado educativo en el país y cuyo objetivo es la formación de investigadores con capacidad de realizar y orientar en forma autónoma procesos académicos e investigativos en un núcleo de conocimiento profesional, disciplinario e interdisciplinario" (En Linares, 2003)	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES AVANZADA
MAESTRIA	"Programa académico de formación avanzada, orientado a la solución de problemas teóricos, disciplinarios, interdisciplinarios o profesionales, y a dotar a la persona con capacidades investigativas en un área específica de las ciencias o de las tecnologías, así como en un campo de la filosofía, de las humanidades y de las artes" (En Linares, 2003)	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES BÁSICA + MECÁNICA DE FLUIDOS AMBIENTAL + INFORMÁTICA ESPECIALIZADA
FORMACIÓN PROFESIONAL (Tercer Ciclo)	"Complementará el segundo ciclo, en la respectiva área del conocimiento, de forma coherente, con la fundamentación teórica y la propuesta metodológica de la profesión, y debe hacer explícitos los principios y propósitos que la orientan desde una perspectiva integral, considerando, entre otros aspectos, las características y competencias que se espera posea el futuro profesional. Este ciclo permite el ejercicio autónomo de actividades profesionales de alto nivel, e implica el dominio de conocimientos científicos y técnicos" (Ley 749 de 2002)	LEYES DE CONSERVACIÓN APLICADAS ESPECÍFICAMENTE + MÉTODOS NUMÉRICOS + INFORMÁTICA BÁSICA
FORMACIÓN TECNOLÓGICA (Segundo Ciclo)	"Ofrecerá una formación básica común, que se fundamente y apropie de los conocimientos científicos y la comprensión teórica para la formación de un pensamiento innovador e inteligente, con capacidad de diseñar, construir, ejecutar, controlar, transformar y operar los medios y procesos que han de favorecer la acción del hombre en la solución de problemas que demandan los sectores productivos y de servicios del país. La formación tecnológica comprende el desarrollo de responsabilidades de concepción, dirección y gestión de conformidad con la especificidad del programa..." (Ley 749 de 2002)	MECÁNICAS ESPECÍFICAS + CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL
FORMACIÓN TÉCNICA PROFESIONAL (Primer Ciclo)	"Estará orientado a generar competencias y desarrollo intelectual como el de aptitudes, habilidades y destrezas al impartir conocimientos técnicos necesarios para el desempeño laboral en una actividad, en áreas específicas de los sectores productivo y de servicios... Comprende tareas relacionadas con actividades técnicas que pueden realizarse autónomamente, habilitando para comportar responsabilidades de programación y coordinación" (Ley 749 de 2002)	ALGEBRAS + CINEMÁTICA Y DINÁMICA

Tabla 1. Tipos de formación formal en Colombia, definiciones y requerimientos de formación desde las “ciencias duras”

Una discusión de actualidad en varios sectores académicos tiene que ver con la viabilidad de una formación en ingeniería mediante ciclos propedéuticos como los señaladas en este documento. En opinión del autor, esto es posible y puede ser ejemplificado para el caso del ingeniero que desee orientar su formación hacia el estudio del agua ("Ingeniero del agua"). Así, una persona que inicie su formación de tercer ciclo (que "*complemente el segundo ciclo*") notará la importancia de haber adelantado su formación técnica profesional y seguidamente su formación tecnológica en virtud de la denominada "formación convergente". Esta promulga la necesidad de formar académicamente empleando simultáneamente la ejemplificación y práctica con los conceptos teóricos.

Así, el entendimiento de la aplicación de las leyes de conservación al agua (masa, momentum, energía, biodiversidad) serán desarrollada en forma eficaz y eficiente, toda vez que su experimentación y formación teórica básica anterior, le permitirá contextualizarlo con vivencias personales y contacto directo experimental anterior con los hidrosistemas, lo que a su vez incrementará su motivación e interés general. El Ingeniero (del agua), así formado puede desempeñar sus actividades profesionales igual o mejor que un ingeniero civil, de recursos hídricos, sanitario o ambiental, que haya enfatizado en el estudio del agua.

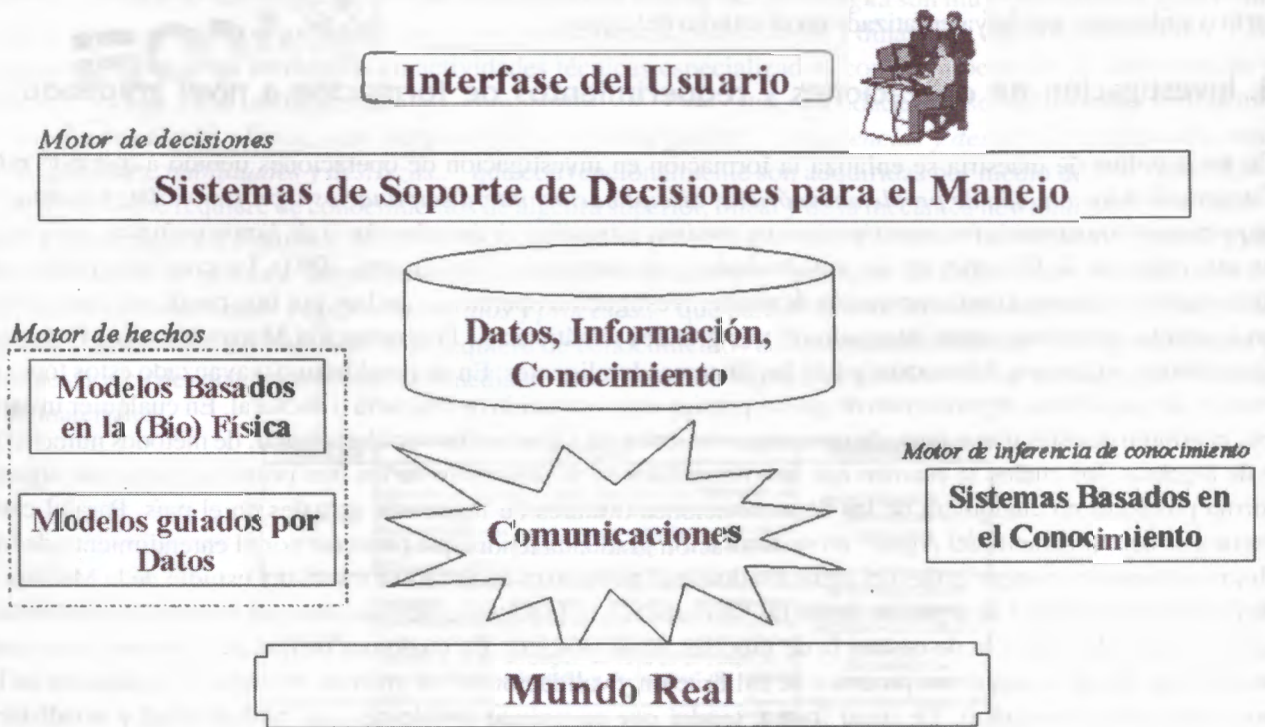
### 3. Investigación de operaciones y requerimientos de formación a nivel graduado

En los estudios de maestría se enfatiza la formación en investigación de operaciones debido a que éste está "*orientado a la solución de problemas teóricos, disciplinarios, interdisciplinarios o profesionales, y a dotar a la persona con capacidades investigativas en un área específica de las ciencias o de las tecnologías, así como en un campo de la filosofía, de las humanidades y de las artes*" (En Linares, 2003). Lo cual sólo puede ser alcanzado si existe una fundamentación desde la investigación operativa, que hoy por hoy puede ser vista como un conjunto armoniosamente integrado de tres grandes temáticas: (i) Programación Matemática; (ii) Procesos Estocásticos y Campos Aleatorios; y (iii) los Sistemas Inteligentes. En un nivel básico o avanzado estas tópicas podrán ser impartidos dependiendo de que se persiga una formación de maestría o doctoral. En cualquier instancia, el estudio de estos temas parte de unos requerimientos de cálculo diferencial e integral, de métodos numéricos y de álgebras, los cuales se asumen que son impartidos en el desarrollo de los tres primeros ciclos, de alguna forma presentes en cualquiera de las denominaciones titulares de Ingeniería actuales en el país. Para el caso particular del "Ingeniero del Agua", en su formación graduada tendrá que procurar por el entendimiento de los flujos ambientales e ingenieriles del agua. En donde el primero es alcanzado a través del estudio de la Mecánica de Fluidos Ambiental y la segunda, desde las hidráulicas e hidrologías especializadas por tipo de hidrosistemas, tales como la de pozos, la de costas, la de tuberías, la de ríos, etc. En cualquier instancia, requerirá lidiar con modelos en donde se requieran procesos de calibración y validación de los mismos (ejemplo de aplicación de la programación matemática). De igual forma, tendrá que aproximar problemas con probabilidad y estadística (asociados a los procesos estocásticos y campos aleatorios), en donde se estudio la incertidumbre inherente en los fenómenos del agua que han sido derivados de nuestra imposibilidad de medir completamente los componentes del ciclo hidrológico. También, y a las luz de los sistemas hidroinformáticos (fundamentales en el estudio del agua a nivel graduado), será imprescindible una formación en herramientas de sistemas inteligentes, los cuales incluyen la inteligencia computacional (redes neuronales artificiales, lógica difusa, algoritmos evolucionarios, etc); y los sistemas basados en el conocimiento (ver Sección 4 y Figura 1). Pues es indudable su impacto que tienen dichas herramientas para soportar las decisiones de una verdadera gestión integral y sostenible del agua (Obregón & Fragalá, 2003).

### 4. Ingeniero del agua y los sistemas hidroinformáticos

El "Ingeniero del Agua" (formado profesionalmente para el estudio de los recursos hídricos) reconoce además de la necesidad de la explotación sostenible del recurso, también la complejidad inherente en los hidrosistemas y la aceptación de nuestras limitaciones de medición biofísica lo que conjuntamente ha presionado por soluciones aceptables, pero no óptimas en el desarrollo de la infraestructura y el aprovechamiento y conservación de los recursos naturales. Por esta razón las aproximaciones para los estudios de modelación han demandado y demandan en la actualidad por nuevas abstracciones que permita mejorar nuestras habilidades predictivas de la natura-

leza y por consiguiente procurar por un desarrollo sostenible (Obregón, 2001). Para el caso específico de los recursos hídricos, la Hidroinformática surge de esta forma, como un paradigma de Información y Comunicaciones que procura disciplinarmente aportar otra condición necesaria en el marco de la sostenibilidad hídrica teniendo en cuenta herramientas derivadas de tecnología de la información. Así, un gran componente de esta nueva disciplina tiene que ver con la aplicación de los denominados sistemas inteligentes los cuales desde hace ya varias décadas viene aplicándose principalmente en el campo de las Ingenierías electrónica, eléctrica, mecatrónica y de telecomunicaciones. Dichos sistemas son asociados con las aplicaciones de “Modelos Guiados por Datos” y de los “Sistemas Basados en el Conocimiento” (Ver Figura 1). Su aparición en estudios de aprovechamiento y conservación de recursos hídricos y en general en la Ingeniería Civil es relativamente reciente comparado con otras ingenierías (diferentes a la asociada con el agua). En nuestro medio, los sistemas inteligentes (y por ende una gran parte de la investigación de operaciones) en el marco de la Hidroinformática aun no es de uso y conocimiento generalizado.



Fuente: Use of Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic for Integrated Water Management, [www.stowa-nn.ihe.nl/index.html](http://www.stowa-nn.ihe.nl/index.html), Nov.2001

Figura 1. Sistemas Hidroinformáticos como Sistemas de Soporte para la Toma de Decisiones

En la Figura 1 se presenta un esquema que reúne los componentes fundamentales de los sistemas hidroinformáticos, y que en opinión del autor debe ser considerado en nuestro medio como una “carta de navegación” para las entidades e instituciones tanto públicas y privadas relacionadas con el aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos. Debe permitir a científicos, profesionales y manejadores del agua establecer el estado del arte de sus proyectos, estudios e investigaciones, no sólo a nivel personal, sino también en el campo institucional. Así por ejemplo, se ha podido establecer mediante una revisión de la literatura especializada que mientras en Colombia se ha hecho progreso con las modelaciones basadas en la (Bio)física, aún los modelos guiados por datos y los sistemas basados en el conocimiento no son todavía de uso generalizado en nuestro medio (Duque, 2002). De igual forma, la noción de estos sistemas hidroinformáticos concebidos como Sistemas de Soporte de Decisiones, han permitido direccionar diseños curriculares de programas graduados, como en el caso del programa de investigación titulado Maestría en Hidrosistemas ofrecido por la Pontificia Univesidad Javeriana (Grupo de Investigación “Hidrociencias”, 2003)



## 5. Comentarios finales

Este trabajo discute desde la perspectiva de una persona interesada en el estudio del agua cómo su formación puede ser impartida por ciclos. De igual forma, se presentan argumentos que favorecen el estudio del agua a nivel graduado a partir de la formación de cualquiera de las ingenierías convencionales, no sólo desde una justificación de requerimientos formativos académicos, sino también desde aquellos requisitos de formación impuestos por los sistemas hidrofornáticos. Finalmente, se discute en torno a las necesidades de la formación centrada en la investigación de operaciones, lo que a su vez permite también afirmar que (i) es viable la formación por ciclos propedéuticos en el pregrado para el desarrollo de programas en recursos hídricos; (ii) establecer los requerimientos mínimos en el pregrado para aspirar a desarrollar estos programas de maestría y doctorado y (iii) que es posible una formación doctoral en recursos hídricos, para personas egresadas de programas de ingeniería con las actuales y las posibles reformas curriculares.

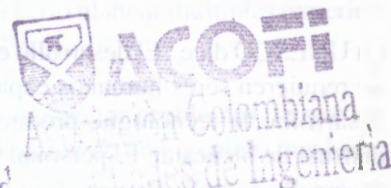
## 6. Referencias

1. Congreso de Colombia. Diario Oficial 44.872 de 19 de Julio de 2002. Ley 749 de 2002.
2. Duque, C. Estudio de la Hidrofornática en Colombia. Proyecto de Grado Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 2002.
3. Grupo de Informática en Ingeniería Civil de TU Delft ([http://www.cti.ct.tudelft.nl/Research/oz\\_prog.html](http://www.cti.ct.tudelft.nl/Research/oz_prog.html), [www.stowa'nn.ihe.nl/index.html](http://www.stowa'nn.ihe.nl/index.html), Nov. 2001).
4. Grupo de Investigación "Hidrociencias". Propuesta de Creación de la Maestría en Hidrosistemas. Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2003.
5. Linares, A. Más doctores, por favor. Revista Credencial, Mayo 2004 Edición 210, Bogotá, Colombia.
6. Obregón, N. Principios de Hidrofornática Urbana. Seminario Internacional de Hidrología Urbana. Bogotá. Universidad Javeriana, 2001.
7. Obregón, N. & F. Fragalá. Sistemas Inteligentes, Ingeniería e Hidrofornática. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina de la Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Julio 2003 No. 13.



# Formación Nuclear Básica para Ingenieros que Impulsen el Desarrollo del País

Carlos Rodríguez Lalinde - Decano de Pregrado  
Escuela de Ingeniería de Antioquia - EIA  
E mail: carod@eia.edu.co



## Resumen

En una era llamada por muchos “del conocimiento” o “del saber”, con alto nivel de cambio y de competitividad, la Escuela de Ingeniería de Antioquia presenta acciones curriculares, orientadas por objetivos de formación, para lograr un ingeniero con formación como ciudadano y profesional, capaz de aprender a aprender y a sistematizar los saberes y ciencias relacionados con la ingeniería para mantener la búsqueda de los mejores métodos para transformar, en forma eficiente y responsable, la naturaleza en beneficio del hombre y del desarrollo. Este ingeniero enfatiza el trabajo en la lógica y método de las ciencias y de la ingeniería, y en el desarrollo de habilidades del pensamiento y de competencias personales y profesionales para lograr su realización personal y un ejercicio profesional creativo y productivo.

## Desarrollo

La era “del conocimiento”, del cambio y de la competitividad requiere un ingeniero integral, en el “ser”, como persona y como ciudadano, con valores y compromiso; en el “saber”, para aprender a pensar y aprender a aprender a lo largo de la vida, con visión global que le permita analizar los distintos factores y la incertidumbre que intervienen en los problemas complejos y que lo motive al trabajo interdisciplinario y sistémico; y en el “hacer”, variable y competitivo, con una clara vocación de servicio. Esta formación en el ser, el saber y el hacer para servir, lo convierten, como persona y profesional, en un agente del desarrollo de su país, con la responsabilidad de evaluar los impactos de sus acciones y transformaciones.

Partamos de algunas definiciones de Ingeniería y analicemos el potencial del ingeniero para impulsar el desarrollo del país:

- “Se entiende por Ingeniería toda aplicación de las ciencias físicas, químicas y matemáticas, de la técnica industrial y en general, del ingenio humano, a la utilización e invención sobre la materia”. – Ley 842 de 2003 – Ley que reglamenta el ejercicio de la Ingeniería en Colombia.
- “La ingeniería se fundamenta en los conocimientos de las ciencias naturales y matemáticas, en la conceptualización, diseño, experimentación y práctica de las ciencias propias de cada campo, buscando la optimización de los recursos para el crecimiento, desarrollo sostenible y bienestar de la humanidad”. Resolución 2773 de 2003 del Ministerio de Educación Nacional sobre características de calidad para pregrados de ingeniería en Colombia.
- “Ingeniería, profesión en la que el conocimiento de las matemáticas, las ciencias físicas y naturales obtenido por el estudio, la experiencia y la práctica se aplica con sentido común, desarrollando caminos para modificar y utilizar en forma económica los materiales, los procesos y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad” – Consejo Profesional de Ingeniería de Colombia.
- “Ingeniería, profesión creativa para el desarrollo y aplicación del conocimiento científico y tecnológico para satisfacer las necesidades de la sociedad” – Universidad MIT- USA.

Estas definiciones conectan la ingeniería con el ingenio humano, con las ciencias, la técnica y la práctica, con la eficiencia, los recursos y las necesidades sociales y nos orientan hacia el análisis de su lógica y método. Quizás falta un elemento importante que debe incluirse en esta reflexión, se trata del aporte de las ciencias sociales para lograr la meta de “Orientar la tecnología al servicio del hombre”, por lo cual en la EIA trabajamos con la siguiente definición:

*Ingeniería es la profesión en la cual el conocimiento de las ciencias exactas, naturales y sociales, se aplica a la creación de soluciones para transformar la naturaleza en beneficio del hombre.*

## **Potencial del ingeniero para impulsar el desarrollo del país**

La UNESCO dice “El desarrollo económico de cualquier país depende, en última instancia, del esfuerzo humano. Se requieren seres humanos capacitados para descubrir y explotar los recursos naturales, movilizar el capital, desarrollar la tecnología, producir bienes y distribuirlos entre la población para que la nación toda tenga y disfrute de bienestar. El personal técnico y científico ha contribuido de una manera significativa a estas obras de desarrollo social”. Parece claro el potencial que tiene el ingeniero para impulsar el desarrollo, sin embargo su escasa participación en los procesos de toma de decisiones sobre los grandes asuntos nacionales, limita su contribución. Debemos pensar en *enfaticar la formación humanística de los ingenieros y especialmente la ciudadana, consolidando capacidades de liderazgo, comunicación y participación efectiva.*

## **Currículos para ingenieros con base en objetivos de formación (competencias)**

La formación nuclear básica para ingenieros no puede estar orientada a la erudición. Orientar los conocimientos a objetivos de formación, dirigirlos al desarrollo de competencias en los estudiantes, es la clave para que el ingeniero pueda enfrentar los cambios y la competitividad presentes en el mundo moderno.

Una serie de estudios divulgados por la UNESCO, realizados con estudiantes universitarios, señalan que el 50% de los conocimientos que un estudiante memoriza al terminar un semestre se olvidan al cabo de un año; porcentaje que sube al 80% al cabo de dos años. Dichos estudios también sugieren que hacer al respecto: entender que el adulto joven y el adulto no consideran el conocimiento como un fin, sino como un medio para alcanzar otros logros de mayor importancia y significado para él. El adulto busca encontrar la aplicación inmediata de lo que aprende, distinto al niño que está en proceso de ganar autonomía.

*Si los conocimientos están orientados al desarrollo de una competencia (objetivo de formación del estudiante) se logrará que el estudiante use lo nuevo que aprende, disminuyendo radicalmente los porcentajes de olvido.*

Se entienden las competencias como habilidades de orden superior que debe desarrollar el estudiante a lo largo de la vida para lograr un desempeño competente y competitivo de su profesión y para su realización como individuo. El estudiante será motivado por el profesor a desarrollar competencias personales y profesionales, con estudio y práctica, a partir de habilidades soportadas por los conocimientos y las actitudes favorables necesarias para que se logre un proceso de mejoramiento continuo que consolide las habilidades como competencias.

Las competencias personales son aquellos rasgos de personalidad como el pensamiento lógico, la creatividad, el liderazgo, el trabajo en equipo, la comunicación efectiva, la visión global y sistémica (ver sugerencias en los criterios ABET 2000 para ingenierías), que se desarrollan desde la niñez y que cada universidad o empresa desea impulsar en sus profesionales como competencias institucionales o valores compartidos. En el caso de la formación, estas competencias o grandes valores, definidos en el proyecto educativo institucional, deben formar parte del desarrollo de los objetivos de formación de las asignaturas para que realmente se desarrollen en los estudiantes (forman parte del contenido de las asignaturas). Consideramos que la formación nuclear básica del ingeniero debe incluir las competencias personales aquí mencionadas y las competencias ciudadanas.

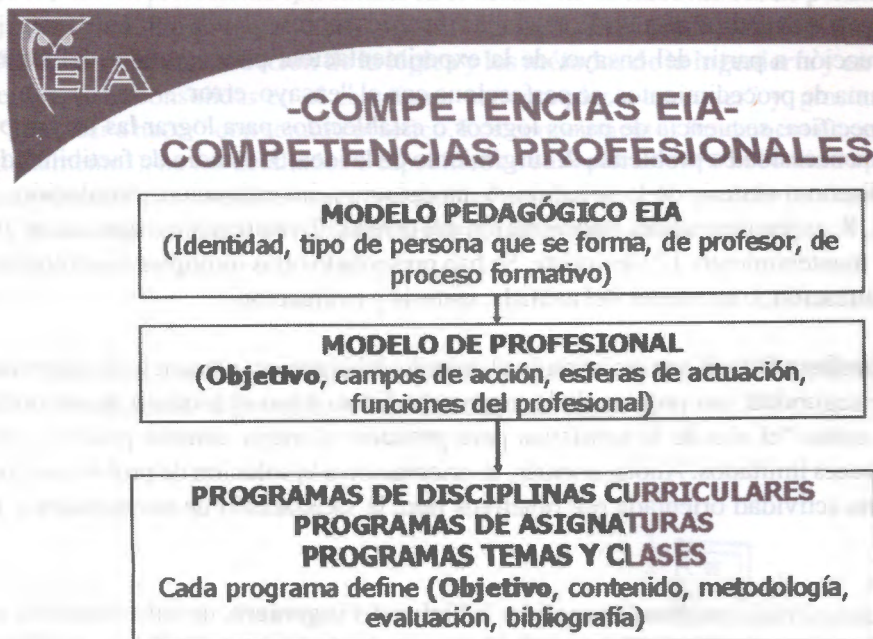
Las competencias profesionales fundamentales se expresan directamente en los objetivos de formación del sistema: modelo del profesional, disciplinas curriculares, asignaturas. Es fundamental que los objetivos de formación estén orientados hacia competencias y que su desarrollo esté soportado por las habilidades de pensamiento y los contenidos esenciales (habilidades, conocimientos y valores) que posibiliten su consolidación y perfeccionamiento continuo.

La psicología del aprendizaje ha generado múltiples teorías que impulsan la eficacia del proceso formativo. Para algunas teorías, el aprendizaje es considerado similar a la formación de hábitos. Reflexión útil en el sentido de tener presente el tiempo necesario para el **desarrollo de una competencia** y la necesidad de trabajar en cada una de sus etapas: motivación, asimilación, dominio, sistematización y automatización (esta última para el caso de competencias simples). Debido a que el aprendizaje es un proceso lento, es necesario planear múltiples experiencias de aprendizaje coherentes para producir un efecto acumulativo en el estudiante.

Otras teorías ven en el aprendizaje el desarrollo de generalizaciones y modos de encarar problemas, lo que nos lleva a trabajar la **lógica y los métodos** de las ciencias y la ingeniería en la formación de un ingeniero que busca aprender a aprender, para actualizar continuamente su “hacer”.

La UNESCO estableció un grupo de trabajo internacional desde 1974 para analizar el diseño de planes de estudios para la formación de ingenieros. Teniendo en cuenta las diferentes circunstancias de los países estudiados, desarrollados y en vías de desarrollo, se propuso un diseño que parte del análisis de las necesidades sociales, profesionales e industriales (definición del problema), para estructurar un plan de estudios que permita responder a los nuevos retos de la competitividad y desarrollo. El problema definido es la base para determinar los objetivos de formación en torno a los cuales se estructura el currículo. Estos objetivos buscan desarrollar las habilidades, conocimientos y actitudes (competencias) requeridos por los ingenieros. Las publicaciones del grupo recomiendan el continuo perfeccionamiento curricular necesario debido a “la rapidez con que se expande el conocimiento y con que tienen lugar los desarrollos tecnológicos” y enfatizan en la necesidad de lograr la competencia de “reeducarse a sí mismo” frente a los continuos desafíos del futuro.

El diseño curricular EIA, aplicando la propuesta de la UNESCO, parte del problema social para definir el objetivo del profesional (competencia general) y el sistema de competencias intermedias necesarias. Cada una de ellas se convierte en el objetivo de formación de un área académica que trabaja una disciplina curricular específica. Las disciplinas se clasifican en disciplinas de ingeniería aplicada, de ciencias básicas de la ingeniería, de ciencias básicas y de ciencias sociales y económico-administrativas. En cada disciplina se definen objetivos de formación por asignatura, para formar así un sistema de objetivos de formación, que coordina el desarrollo de competencias intermedias que permiten desarrollar la competencia general definida como objetivo del profesional. Este sistema de objetivos de formación, orienta y optimiza el diseño curricular.



**ACOFI**  
Asociación Colombiana  
de Facultades de Ingeniería

Los objetivos de formación deben ser claros y precisos de manera que se conviertan en guía para seleccionar los contenidos, sugerir actividades de aprendizaje, decidir sobre las clases de procedimientos y evaluar el grado de progreso de los estudiantes en cada momento de aprendizaje. Los principios de organización de las actividades formativas deben ser considerados en términos de su significado psicológico para el individuo en formación y no en términos de la organización como es captada por el profesor. Se expresan en términos del estudiante, deben ser medible o verificable y deben indicar el alcance o nivel de aplicación deseado.

Un objetivo de formación para una asignatura del área de estructuras en ingeniería civil podría ser: diseñar estructuras simples de hormigón reforzado a partir de las fuerzas y momentos en todas sus partes, teniendo en cuenta las incertidumbres en las cargas y en el material. Este objetivo –meta de aprendizaje del estudiante– indica una habilidad que puede desarrollarse como competencia, si el estudiante conserva el interés por trabajar en su consolidación a través de la práctica y el estudio.

El contenido necesario para el logro del objetivo incluye: el sistema de habilidades intermedias (objetivos de formación de cada tema), el sistema de conocimientos esenciales y el sistema de valores que incluye las actitudes favorables y los valores institucionales que apoyará a desarrollar.

Importancia de desarrollar la lógica y el método de la ingeniería y de sus ciencias en la formación nuclear:

La formación nuclear debe incluir el desarrollo de habilidades de pensamiento y la capacidad de aprendizaje continuo y autónomo, que ahora nos ocupa.

Una persona aprende a aprender cuando se apropia de la lógica y el método de una ciencia o de una profesión. Para el caso de la ingeniería nos interesa reflexionar sobre la lógica y el método de la ingeniería y de las ciencias que aportan a su ejercicio profesional, o sea, las ciencias exactas, naturales y sociales.

Se han realizado estudios para definir un **método básico del ingeniero**, que más parecen indicar que existen varios métodos que aportan a la creatividad e ingenio de este profesional.

Con la meta de solucionar problemas y satisfacer necesidades, para el ingeniero su método es una combinación de:

1. Ciencia aplicada: para muchos de nosotros es lo fundamental. Se aplica la ciencia siempre que se justifica hacerlo y con el nivel de exactitud requerido según las incertidumbres.
2. Empirismo: construcción a partir del ensayo, de la experimentación, para aprender del tanteo. La técnica, entendida como suma de procedimientos, se perfecciona con el “ensayo, error”.
3. Una morfología específica: secuencia de pasos lógicos o establecidos para lograr las metas, por ejemplo: 1. identificación de una necesidad o problema, 2. surgimiento de la idea, 3. estudio de factibilidad, 4. análisis de los elementos, 5. diseño o síntesis de la solución, 6. modelación, investigación, simulación, 7. estudios de recursos e insumos, 8. experimentación, optimización del diseño, 9. realización o ejecución, 10. evaluación, realimentación, 11. mantenimiento, 12. desmonte. Se han presentado otras múltiples morfologías alrededor del análisis, diseño, realización; o alrededor del análisis, síntesis y evaluación.

Estudios como los del profesor Billy Koen incluyen en el método del ingeniero el manejo de incertidumbres que da lugar a los factores de seguridad, tan propios de la ingeniería. En su libro el profesor Koen prefiere definir el método del ingeniero como “el uso de la heurística para producir el mejor cambio posible, con los recursos disponibles”, muchas veces limitados. Anota, además, la orientación a la solución de problemas cuando presenta la ingeniería como “una actividad orientada por objetivos para la satisfacción de necesidades y la solución de problemas”.

Es importante, para el aprendizaje continuo, consolidar la **lógica del ingeniero**, no solo entendida como la lógica clásica: concepto, juicio y razonamiento, sino como la lógica en su relación con el método: **análisis** de las partes,

**síntesis** del todo, **abstracción** de lo fundamental e **integración** con los demás elementos (diseño) o con las demás partes (ejecución-construcción), secuencia a la que se le puede agregar la **verificación** (evaluación) como lo indica el Discurso del Método de Descartes.

En cuanto a las ciencias naturales, “inductivas”, su construcción se basa en la observación y en la experimentación para descubrir leyes partiendo de lo particular a lo general. Estas ciencias estudian los fenómenos y sus relaciones. Por su parte, las ciencias exactas y la mayor parte de las humanas y sociales como la filosofía son “deductivas”, pues parten de lo general para concluir, deducir lo particular. La formación nuclear de ingenieros requiere desarrollar esta lógica y métodos (complementarios y mutuamente enriquecedores), y se complementa con una sólida formación en ciencias básicas, lo cual permite consolidar las habilidades de pensamiento y las competencias para el aprendizaje autónomo. Quizás un énfasis exagerado en la ciencia, la lógica y el método pueda limitar la creatividad, por lo cual no debe desestimarse el aporte del ensayo-error, del pensamiento divergente, al menos como ejercicio mental en la ingeniería.

El reto de determinar en forma más precisa el método del ingeniero está aún vigente. También está vigente la reflexión sobre las competencias mínimas (no como listas de conocimientos) que debe desarrollar el ingeniero según su campo específico de acción.

Todo ingeniero como humanista, científico y técnico debe tener durante su formación contacto con la práctica profesional (si se trata de una práctica de calidad) y no debería olvidar que las competencias en lectura, interpretación de información y comunicación son tan importantes como la informática, la interdisciplinariedad y el manejo de la incertidumbre.

## Conclusión

Esta ponencia pretende presentar como fundamental la búsqueda de acuerdos sobre los **objetivos de formación** básicos requeridos en cada área para la formación de ingenieros. Estos objetivos, capacidades o **competencias** que deben lograr los estudiantes, orientarán la revisión de las listas de conocimientos básicos necesarios en las áreas socio-humanística, de ciencias básicas y básicas de ingeniería y de ingeniería aplicada, ya que requerirán de ellos y de una motivación permanente para consolidarse como competencias. Proponemos como grandes objetivos básicos la formación ciudadana (personas y ciudadanos comprometidos con su mejoramiento continuo y el de la sociedad) y la formación profesional con énfasis en el desarrollo de **habilidades de pensamiento y habilidades de aprendizaje continuo**. Presentamos currículos con prioridad en el **trabajo en la lógica y los métodos de los saberes y las ciencias, en la construcción de la lógica y los métodos de la ingeniería y en la sistematización de esos componentes**, para consolidar en el estudiante el “aprender a aprender” y, gracias a los métodos de la ingeniería, el “aprender a hacer” con sentido práctico. Los conocimientos fundamentales en ese currículo son los invariantes (fundamentos), no los detallados o específicos o sus aplicaciones en continuo progreso. La capacidad de aprendizaje continuo y el enfoque hacia competencias permite que el ingeniero incorpore el rápido avance del conocimiento con la visión práctica de transformación y desarrollo que lo caracteriza.

## Bibliografía

1. GRAYSON, Lawrence. La elaboración de los planes de estudio de ingeniería, UNESCO, París, 1979, 184 p.
2. KOEN, Billy. El método de ingeniería, ACOFI, Bogotá, 1985, 96 p.

# Formar Ingenieros: Un Asunto de Tradición o de Ciencia

José Tiberio Hernández, Bernardo Caicedo, Silvia Caro, Mauricio Duque, Rafael Gómez  
Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes

## Resumen

En este artículo se analiza la problemática actual de la formación de ingenieros tratando de seguir el proceder del ingeniero cuando enfrenta problemas complejos. El artículo termina con una breve presentación del proyecto de renovación de la facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes.

## Introducción

Una visión de la ingeniería como simple generadora de conocimiento tecnológico y solucionadora de problemas con base en la ciencia y la tecnología, sin un contexto ambiental y social, resulta inapropiada frente a los retos de la sociedad actual. En la actualidad se requiere una aproximación holística al papel de la ingeniería. Esta visión parte de la responsabilidad de contribuir a popularizar el pensamiento científico y tecnológico en los ciudadanos, pasando por la generación de empresas y el aumento de la competitividad de una sociedad, contribuyendo a la solución de los problemas con tecnologías apropiadas en un contexto social, ambiental y cultural, para terminar con una participación activa en las grandes decisiones políticas de una nación.

Por otro lado, los rápidos progresos de la ciencia y la tecnología hacen imposible continuar manejando los programas de formación profesional bajo una interpretación del conocimiento de la ingeniería basada en contenidos. Los contenidos, estrictamente hablando, se duplican durante la vida productiva del ingeniero. ¿Duplicaremos la duración de las carreras?

Todas estas razones, probablemente unidas a otras de carácter económico y geopolítico como la globalización, obligan a una reflexión y a una reingeniería profunda de lo que se está haciendo en la formación de ingenieros, pues lo que espera la sociedad de ellos ha cambiado (NRC, 2003).

El problema planteado, por la aparente desalineación entre las propuestas de formación y las necesidades de la sociedad, es abierto y complejo, se encuentra mal definido, enmarcado en un contexto de recursos limitados, incierto y cambiante, involucra muchas dimensiones (social, ambiental, ética, cultural, económica), requiere de las ciencias y la tecnología para su solución, no existe una solución óptima, sino muchas soluciones las cuales deben evaluarse pues incluyen compromisos con efectos profundos en la sociedad. En resumen se trata de un verdadero problema de ingeniería para ingenieros, que deberíamos resolver como ingenieros.

¿Pero lo estamos haciendo así? ¿O estamos amarrados a la tradición? Sobre la respuesta a esta pregunta será dedicada parte de la reflexión de este artículo, para finalizar en una rápida presentación del proyecto de renovación que se está desarrollando en la Facultad de ingeniería de la Universidad de los Andes.

## Nuevas exigencias para el ingeniero

Aunque este tema no es el eje central de este artículo, es importante resaltar que las exigencias profesionales del ingeniero moderno demandan un fortalecimiento de la formación alrededor de competencias que le permitan enfrentar, en forma flexible, los complejos y cambiantes problemas de la sociedad. El nuevo ingeniero debe ser capaz de utilizar el estado del arte en las ciencias y la tecnología para encontrar, desarrollar y operar las soluciones más adecuadas, con una visión holística. (NRC, 2003) (ABET, 2000).

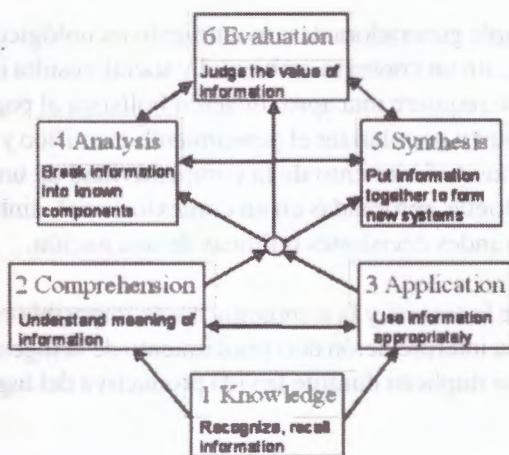
Nuestros ingenieros ya no van a resolver únicamente los problemas que se le presenten, como parte de una organización. Cada vez deben ser más proactivos, más innovadores, más conocedores de las fortalezas locales y

de las oportunidades globales en un mundo de cambio permanente y de ebullición de nuevos conocimientos. Deben aprender a trabajar muchas veces dispersos geográficamente con competencias para (CDIO2001, Germinet 1997, Germinet 2003 ): Observar, Concebir, Diseñar, Implementar y operar.

Adicionalmente, nuestros estudiantes han cambiado dramáticamente, entre otras razones por cambios en las didácticas en la escuela primaria y secundaria y por el desarrollo absolutamente inesperado de las tecnologías de la información (Christensen,2004).

## Una visita corta a las competencias

Sobre este particular existe una gran cantidad de literatura. La noción de competencia viene del campo de las lenguas donde el concepto resulta de gran claridad en la práctica: un individuo puede conocer la gramática de una lengua, puede conocer un gran número de palabras, pero ser absolutamente incapaz de comunicarse en dicha lengua.



Para este trabajo, entendemos por competencias aquello que el estudiante debe poder hacer al final de una sesión, un curso, un bloque de cursos o un programa de ingeniería completo. La descripción de la competencia se construye utilizando verbos que indican acciones observables.

A su vez, las competencias se pueden clasificar en diferentes niveles partiendo, por ejemplo, de la taxonomía de Bloom (Felder, 2004, Christensen, 2004).

En este diagrama, las tres competencias superiores representan competencias de alto nivel, siendo las más comunes entre los objetivos de un programa de ingeniería. Una adecuada definición de competencias facilita el ejercicio de selección de los contenidos fundamentales para cada profesión.

## ¿Tradición o ciencia?

¿Cómo hemos aprendido a enseñar? ¿Por qué enseñamos en la forma en que lo hacemos? ¿Cuál es la concepción que tenemos sobre cómo aprenden los estudiantes? ¿Qué es el conocimiento? ¿Qué deben aprender los estudiantes? ¿Hemos discutido esto con otros profesores para confrontar estas observaciones? ¿Lo que hacemos y la forma en que lo hacemos encuentran sustento en el conocimiento científico? ¿Medimos los resultados de aprendizaje en nuestros cursos? ¿Nuestros cursos se centran en lo que el profesor hace?

Estas son preguntas que en principio deberíamos poder responder sin mayores dificultades. ¿Sucede así? Probablemente no.

En el nivel universitario, la educación se ha basado en dos paradigmas fundamentales interrelacionados entre sí:

- Un experto, un investigador de primer nivel, es un buen profesor.
- El papel del profesor es transferir el conocimiento y la experiencia que tiene.



En los cursos que se dictan en la actualidad en la mayoría de las universidades del mundo, se siguen utilizando estos dos paradigmas, transmitidos en un proceso de formación como docentes similar al utilizado en el pasado: se aprende el oficio con el maestro de un maestro. Sin embargo, a diferencia del aprendizaje junto al maestro, en este caso no hay maestro al lado por lo cual no existe retroalimentación. Un proceso de aprendizaje sin retroalimentación adecuada es poco efectivo. Sin embargo, sabemos que los dos paradigmas antes mencionados encuentran dificultades frente a los hallazgos de la ciencia, pues hay evidencias de que en el primero la relación es inversa y que el segundo corresponde a teorías del conocimiento y del aprendizaje rebatidas hace al menos dos décadas por las ciencias (NRC, 2000).

Por otro lado, un examen de buena parte de las nuevas prácticas en educación de las últimas décadas muestra simplemente un cambio de la tiza por la electrónica, sin que necesariamente se hayan realizado cambios de fondo. (Rugarcía *et al*, 2000)

## El conocimiento científico sobre el aprendizaje

Las últimas décadas han sido particularmente interesantes en nuevos hallazgos en relación con el aprendizaje, no sólo desde el campo de la psicología y la educación, sino desde la neurociencia y desde cada disciplina. Estos resultados ponen de relieve aspectos que deben ser considerados y tenidos en cuenta para mejorar el resultado de los procesos de aprendizaje (NRC, 2000; Novak, 1999), de los cuales se citan algunos a continuación:

1. El conocimiento se construye sobre lo que los estudiantes conocen y se facilita si lo que se aprende tiene sentido para ellos.
2. El desarrollo de habilidades se logra en el ejercicio de dichas habilidades, por lo que en general se requiere que el estudiante no se encuentre en un papel pasivo y receptor.
3. Uno de los aspectos que caracteriza a un experto es la meta cognición que logra en su disciplina (aprender a aprender la disciplina entre otros).
4. El aprendizaje se hace en todo momento, dentro y sobre todo fuera del salón de clases.

## Dificultades para los ajustes

Existen varias dificultades para el desarrollo de la reingeniería propuesta, algunas de las cuales se mencionan a continuación:

1. Acento de la carrera docente universitaria casi exclusivamente en la investigación.
2. El proceso de mejoramiento docente es a su vez un proceso de aprendizaje que requiere motivación y que se sustenta en los preconceptos que se tienen, los cuales parecerían encontrarse a menudo en contradicción con lo que actualmente se conoce sobre aprendizaje. Es posible que sea necesario desaprender.
3. Un elemento fundamental en el logro de altas competencias docentes es el desarrollo de meta cognición, lo cual implica reflexión sobre la práctica docente, probablemente potenciada por el trabajo en grupo, aspecto poco observado en educación superior.

## La solución propuesta

El reto es sencillo de enunciar y complejo de poner en práctica: *aplicar ingeniería a los procesos de aprendizaje, ser coherentes con la práctica misma de la ingeniería, salir del campo especulativo y de la tradición para colocarnos en el campo de la ciencia y la ingeniería en nuestra propia práctica docente.*

En principio, en este punto debería resultar fácil afirmar que resulta indispensable en la actualidad una “reingeniería” de los currículos en ingeniería, entendiendo por los currículos no solamente el listado de cursos, sino las didácticas, las normas, los espacios extra clase, los recursos, el contexto, la relación entre la docencia y la investigación, y todo lo que contribuye al logro de los objetivos educacionales.

No se trata de abandonar definitivamente prácticas actuales ni de hacer “militar” a los profesores en lo que podría parecerse a una religión metodológica en educación. Lo que se desea finalmente es promover una práctica docente

reflexiva que busque estrategias de enseñanza apropiadas en relación con los objetivos perseguidos, los estudiantes, el profesor y la disciplina.

## **Aprendizaje activo e investigación**

En los últimos años ha surgido con vigor la promoción del aprendizaje activo. Contrariamente a lo que a veces se afirma, el aprendizaje activo no es una metodología, ni una teoría, ni una didáctica, sino una práctica docente reflexiva y crítica en la cual lo importante no es lo que el profesor hace, sino lo que el estudiante debe hacer para aprender. Un excelente ejemplo de aprendizaje activo son las actividades de investigación que realiza un profesor. Sin embargo, resulta curioso que un investigador no proponga en sus propias clases didácticas activas, cuando él mismo en su investigación disciplinar las utiliza, en su lugar propone didácticas hasta cierto punto contrarias al espíritu de un investigador.

Esta observación sugiere la posibilidad de ver la educación de nuestros estudiantes y la investigación en forma integrada como partes de un mismo universo.

## **PREFI: una mirada de conjunto**

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes en Bogotá, hemos emprendido un Proyecto de **RE**novación de la Facultad de Ingeniería (PREFI), el cual incluye las siguientes dimensiones:

**En Educación**, que es el foco de interés de este artículo:

- Integración y articulación de currículos de ingeniería: integración entre disciplinas, articulación entre niveles (atención particular a la relación Ingeniería-Biología-Medicina)
- Esquemas curriculares que faciliten la articulación internacional: dobles diplomas, diplomas conjuntos, co-formación.
- Fortalecimiento del desarrollo de competencias y habilidades como: trabajo en equipo, comunicación, internacionalización, autonomía en el aprendizaje, innovación y emprendimiento.
- Integración explícita de la investigación en todos los niveles de formación.
- Apertura, articulación y colaboración con el sistema de educación primaria y secundaria en ciencias, matemáticas y tecnología (Programa K-20).

Aspectos como formación en docencia de profesores, intensificación del perfil internacional en la formación y formulación de oportunidades de aprendizaje fuera de las aulas, apoyados en tecnologías de información, están presentes en las propuestas en desarrollo.

**En Investigación:** se está poniendo en marcha un esquema de organización que nos permita alcanzar una mayor focalización y articulación con los programas de maestría y doctorado, y con espacios de acción conjuntos con los programas de pregrado. La relación con el contexto internacional y empresarial de cada uno de los grupos es uno de los aspectos en los que se está buscando una mayor efectividad. Igualmente se busca acelerar el ciclo de puesta en el mercado de innovaciones surgidas de los trabajos de investigación y desarrollo. Aquí, nuestros aliados académicos y empresariales serán actores de primer orden.

**En Capital Humano:** profesores, estudiantes y personal de apoyo. Actualmente se está llevando a cabo un estudio para renovar nuestro marco de trabajo (reconocimiento, evaluación, compensación, y estatuto profesoral) y lograr una mayor alineación del mismo con los propósitos globales en Educación, Investigación y Transferencia de innovaciones.

Un aspecto esencial que debe estar presente en este proceso es el de la formación de profesores: no solamente necesitamos más profesores formados en ingeniería (actualmente hay 30 jóvenes instructores en formación docto-

ral en el exterior) sino que también necesitamos lograr un mejoramiento permanente de nuestras competencias en docencia y en investigación como cuerpo profesoral.

**En Infraestructura y organización:** los espacios físicos (laboratorios, aulas, bibliotecas, cafeterías, etc...), y los espacios virtuales (internet, internet2, espacios especializados) deben examinarse y, en la medida de lo posible, adecuarse a las exigencias planteadas por las dimensiones nucleares. En el caso de la Universidad de los Andes, se está llevando a cabo un ambicioso proyecto que se presenta en la próxima sección de este artículo.

## Espacios adecuados para un aprendizaje eficaz



A partir de la promulgación de los criterios ABET 2000 y de numerosas reflexiones sobre la enseñanza y aprendizaje en ingeniería se ha generado un consenso en el sentido de que la educación en ingeniería sufrirá un cambio significativo en el siglo XXI (L.E. Carlson, J.F. Sullivan, 1999).

En lo que respecta a aspectos propios de la infraestructura, numerosas escuelas de ingeniería alrededor del mundo han descubierto que un adecuado diseño de los espacios de aprendizaje facilita la implementación de los cambios que se vislumbran.

De otra parte investigaciones recientes tendientes a establecer la relación entre la arquitectura y la investigación confirman que un adecuado diseño de los espacios físicos estimula la producción científica (Bonnetta, 2003).

Un adecuado diseño de estos espacios, además de facilitar la utilización de nuevas tecnologías, también promueve un cambio cultural entre las personas involucradas en los procesos de enseñanza e investigación. El cambio cultural que se deriva del adecuado diseño de los espacios ya había sido esbozado desde hace más de 40 años. En efecto Winston Churchill planteaba: *“nosotros le damos forma a los espacios y posteriormente los espacios nos moldean a nosotros”*; de una forma más radical Buckminster Fuller plantea: *“reforme los ambientes, no insista en reformar la gente, ellos cambiarán si el ambiente es el adecuado”*.

Para responder a los retos que se plantean, algunas escuelas de ingeniería tales como MIT, la Universidad de Colorado, Queens University en Canadá, la universidad de Chalmers en Suecia por citar solo algunas, han emprendido proyectos de desarrollo de infraestructura diseñados específicamente para responder a las necesidades de una nueva manera de enseñar.

En La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes se ha querido integrar todas las nuevas tendencias en lo que respecta a espacios de enseñanza-aprendizaje-investigación en el proyecto de construcción del edificio Mario Laserna. Las características que hacen parte de este edificio y que responden un nuevo concepto en el diseño de espacios para el aprendizaje y la investigación en ingeniería incluyen espacios que:

- Faciliten el desarrollo y aplicación de didácticas activas.
- Se constituyan en un demostrador de la forma en que la que la ingeniería utiliza la tecnología para resolver los problemas de la sociedad.
- Albergue una gran cantidad de proyectos integrados vertical y horizontalmente en los cuales, las personas involucradas puedan trabajar colaborativamente.
- Faciliten la investigación multidisciplinaria por parte de los estudiantes aún a nivel de pregrado.
- Cuyo diseño sea orientado hacia el trabajo en grupo dotado de instalaciones flexibles que fomentan el intercambio de espacios entre grupos.
- En donde los estudiantes de primaria y bachillerato descubran a través de la experimentación la forma en la cual la ingeniería participa en la mejora de la calidad de vida de las personas.

## Todo en conjunto

La pregunta final que podría resumir este artículo podría ser:

Cómo utilizar los conocimientos de la ciencia en torno al aprendizaje humano y toda la tecnología disponible, incluido el Internet, para mejorar los procesos de aprendizaje, a través de una práctica docente reflexiva que facilita la obtención de las competencias que les permitan a los estudiantes una práctica exitosa de la profesión del ingeniero en el futuro.

Frente a la problemática planteada, parecería claro que la solución no se puede buscar en pequeños ajustes, usualmente representados en el cambio de algunos cursos, sino que se requiere una estrategia global que modifique en forma articulada las diferentes dimensiones del problema: las prácticas docentes, los programas, los sistemas de evaluación, las actividades de investigación, los recursos físicos y la organización.

## Bibliografía

1. ABET Accreditation Board for Engineering and Technology, "Criteria for accrediting engineering programs during the 2003-2004 accreditation Cycle", <http://www.abet.org>.
2. Bonetta L. (2003): "Do you want to work here?", *Nature*, Vol 424.
3. Buckeridge, J, "A Y2K Imperative: the Globalisation of Engineering Education", *Global Journal of Engineering Education*, Vol.4, No.1, 2000, pp. 19-24.
4. Carlson L.E.; J.F. Sullivan (1999). "Hands-on Engineering: Learning by Doing in the Integrated Teaching and Learning Program" *Int. Journal on Engineering Education*. Vol. 15
5. Christensen, H.P., Workshop on active learning, Bogotá, Colombia, 2004.
6. CDIO, <http://www.cdio.org> , 2001
7. Felder, R. "The abc' of engineering education: ABET, Blooms´ taxonomy, cooperative learning and so on. ASEE 2004, session 1375, 2004.
8. Germinet R., « L'apprentissage de l'incertain », Odile Jacob, 1997.
9. Germinet R. « La république des ingénieurs », Odile Jacob, 2003.
10. National Research Council. "How people learn: brain, mind, experience and school", National Academy Press, USA, 2000.
11. National Research Council. "The engineer of 2020: vision of engineering in the new century", National Academy Press, USA, 2003
12. Nguyen, D, Q, "The essential skills and attributes of an engineering: a comparative study of academics, industry personnel and engineering students", *Global Journal of Engineering Education*, Vol.2, No.1, 1998, pp. 65-75.
13. Novak, J. "Aprender a aprender", Martinez Roca, 1999.
14. International Technology Education Association, "Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology", Reston, VA, 2000
15. Rugarcía, A, Felder, R, Woods, D, Stice, J, "The future of engineering education I. A vision for a new century". *Journal of Chemical Engineering Education*. Vol.34, No.1, 2000, pp. 16-25.

# Fundamentación Teórica del Proyecto de Modernización Curricular de los Programas de Ingeniería de la Universidad del Norte

Amparo Camacho Díaz. Javier Páez Saavedra  
Universidad del Norte

## Resumen

Se presenta el Proyecto de Modernización Curricular, realizado por la División de Ingeniería, sus antecedentes, fundamentación, metodología y conclusiones más importantes.

La modernización curricular de los seis programas de Ingeniería se desarrolló tomando en cuenta características del contexto regional, nacional e internacional y asimismo referentes y tendencias nacionales e internacionales vigentes para la formación de los ingenieros, la visión propia y de agremiaciones profesionales nacionales e internacionales sobre el ingeniero del siglo XXI, y la misión institucional con sus respectivos planes de desarrollo institucional y de la División de Ingenierías para el quinquenio 2003 – 2007.

El desarrollo de las nuevas currícula se justifica en tanto que como unidad de formación académica e investigativa debemos actualizar nuestros currícula para hacerlos coherentes con la formación de ingenieros que demanda la sociedad del siglo XXI asegurando una educación contextualizada al servicio de un mundo globalizado.

Como aportes importantes de este proyecto se resalta la formulación de perfiles basados en competencias profesionales y la materialización en los nuevos currícula del concepto de moderno.

## I. Introducción

La División de Ingeniería como formadora de los ingenieros de su región y área de influencia, desarrolló el Proyecto de Modernización Curricular, PMC, con el objeto de repensar y actualizar sus currícula para responder a los retos del mundo contemporáneo: “Un mundo globalizado, interconectado, afianzado en los desarrollos científicos y tecnológicos e inmerso en la discusión que supone el dialogo de la diversidad cultural”<sup>1</sup>. Dentro de este marco se desarrolló el proyecto aquí presentado.

## 2. Marco de referencia

### 2.1. Antecedentes

La existencia de una cultura consolidada de autoevaluación en los programas de Ingeniería ha permitido a los mismos autorregularse y ajustarse a las nuevas necesidades de formación profesional universitaria sin perder calidad académica, y de rendir cuentas ante la sociedad mediante procesos de aseguramiento de la calidad establecidos por el estado y procesos voluntarios de acreditación internacional.

Esta autoevaluación concebida como un proceso sistemático y permanente de mejoramiento, ha permitido la reconceptualización y rediseño de nuestras currícula; es así como en los diferentes programas de ingeniería se han formulado y realizado procesos de ajuste curricular, dentro de los cuales vale la pena mencionar el más recientemente formulado en el año 2000, en el cual un grupo interdisciplinario de profesores del área de Ingeniería y de matemáticas y física analizó y reformuló dicha área para los programas de Ingeniería; dichos análisis fueron tomados en cuenta para la actual modernización curricular en lo referente a la estructuración del componente de ciencias básicas y básica profesional de Ingenierías.

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD DEL NORTE. Comité de Modernización Curricular. Proyecto de Modernización Curricular. Publicación de Dirección de Proyectos Académicos. Barranquilla. Uninorte. 2002. p. 1

## 2.2. Marco Conceptual

La fundamentación del PMC se enmarca dentro de los grandes acontecimientos políticos, sociales, económicos y culturales que ha traído consigo el siglo XX, y los inicios del XXI, a nivel mundial y a nivel local (nuestro país y región), los cuales se han tomado en cuenta para la formulación del mismo; el PMC pretende desde lo académico dar respuesta a la problemática propia de nuestra época mediante la estructuración de currículas, que atendiendo los lineamientos institucionales del PMC, referentes internacionales en cuanto a formación del ingeniero, y la visión de futuro de la División la cual está orientada por el plan de desarrollo institucional 2003 – 2007, permita formar el ingeniero que la sociedad del siglo XXI reclama.

Dentro del análisis contextual realizado, a nivel mundial encontramos:

- Aumento significativo tanto cuantitativo como cualitativo de la infraestructura científico-tecnológica.
- Incremento acelerado en la tasa de cambio tecnológico con la respectiva producción de artefactos tecnológicos, especialmente en el área de la informática y las comunicaciones.
- Infraestructuras de acceso a la información de fácil utilización, pero a las cuales solo tienen acceso sectores privilegiados de la población.
- Aumento elevado en los volúmenes de información de todo tipo.
- Alta demanda de educación superior con el consecuente incremento de profesionales especialmente en las áreas científico técnicas.
- Fenómeno de la globalización en las diferentes esferas de la vida humana.
- Incremento de conflictos étnicos, religiosos, sociales y culturales.
- Avance de la ciencia y acortamiento de los ciclos tecnológicos
- Establecimiento de alianzas y cooperación internacional en lo económico, político, y de desarrollo investigativo.
- Nuevas formas y concepciones de conocimiento

Específicamente en el ámbito educativo, la educación superior, en la segunda mitad del siglo XX pasará a la historia como la época de mayor expansión: el número de estudiantes matriculados se multiplicó por seis entre 1960 (13 millones) y 1995 (82 millones)<sup>2</sup>. Paralelamente ha crecido más la desigualdad en términos de acceso a la educación superior, la investigación y los recursos entre países industrialmente desarrollados, en vías de desarrollo, y los llamados países pobres. De similar forma al interior de los países se evidencia inequidad en la distribución de los recursos y en las oportunidades de formación técnica y superior.

A nivel de nuestro entorno más próximo, nuestro país, encontramos una problemática profundamente compleja y multivariada, en la cual las dimensiones más críticas las constituyen la pobreza de la mayoría de la población colombiana, la corrupción de una parte de la población que tiene en sus manos las grandes decisiones políticas y económicas, el narcotráfico con todas las consecuencias que el mismo acarrea, la pérdida de identidad, crisis en los valores; Todo lo anterior ha generado una creciente polarización entre la población cuyas consecuencias más visibles son la violencia cotidiana, y el atropello a las normas de convivencia pacífica. En particular en el sector educación superior, por la problemática expuesta anteriormente, es cada vez más difícil acceder a ella y no todas las instituciones que la ofertan tienen los niveles de calidad requeridos para una formación de calidad. Similares características encontramos en nuestra región, algunas de ellas aún más acentuadas y otras que participan en el pobre desarrollo de la región, destacándose por ejemplo los bajos niveles de desarrollo de pensamiento de la población que se está educando.

Las características expuestas anteriormente evidencian que paralelamente a los avances en desarrollo económico, político, cultural y social estos mismos ámbitos han sufrido enorme deterioro, especialmente en los países pobres y en muchos sectores deprimidos de países en vía de desarrollo, lo cual nos pone de cara, como institución de educación superior de un país en vías de desarrollo, al desafío tal vez más importante de nuestra época: la formación universitaria de nuestros jóvenes.

<sup>2</sup> UNESCO. Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y Acción. 1998

Dentro del marco anteriormente formulado, se abre paso una nueva visión de la Ingeniería: la Ingeniería vista como una disciplina que aborda problemas sociales con variables tecnológicas, para lo cual se requiere una formación que responda a dicha conceptualización. Se debe bajo este enfoque formar ingenieros, que dispongan de conocimientos, habilidades, intereses, y actitudes que les permitan pensar en la sociedad como un todo, es entonces cuando se hace evidente que el ingeniero actual además de poseer las capacidades que se reclamaban en el anterior siglo como necesarias para la formación del mismo, debe estar dotado con pensamiento crítico y reflexivo, capacidad de autorregulación y autoformación, de desaprender y de reaprender, con conciencia cívica y altos niveles éticos y con un indeclinable sentido de responsabilidad social.

Para poder materializar la formación del ingeniero del nuevo siglo, la División de Ingenierías desarrolló el PMC, el cual se fundamenta en la definición de moderno; se entiende por moderno “el proyecto del progreso material y moral de la humanidad por medio de la filosofía y la ciencia”<sup>3</sup>; Esto implica que el hombre construye el futuro y se autoconstruye haciendo uso de su razón pero entendida esta no solo como razón cognitiva instrumental sino en un sentido más amplio como razón que posibilite la interlocución y complementariedad de las dimensiones de la vida humana.

Se presenta entonces el proyecto de modernización curricular como una oportunidad para identificar nuevos horizontes en el proceso de formación de los ingenieros, como un espacio para repensar nuestras currícula y superar la tendencia estructural a la rutinización del saber curricular: pensar en la necesidad de establecer una mayor interacción entre el conocimiento y la sociedad, entre la ciencia y la tecnología, pensar las relaciones entre profesionalización, especialización e investigación y poner a dialogar los saberes; de la realización de este ejercicio surgen las currículas de cada programa de Ingeniería las cuales se estructuran y toman forma bajo seis lineamientos establecidos institucionalmente: formación básica, formación para la comunicación, formación para la investigación, formación en contexto, formación para la toma de decisiones y formación para la conectividad. Cada uno de los anteriores lineamientos busca desarrollar diversas competencias en el egresado de orden general y particulares a cada disciplina ingenieril. Un aspecto a resaltar, en el rediseño curricular ha sido la flexibilidad, la cual ha permitido enriquecer los planes de estudios con la amplia variedad de saberes presentes en la universidad.

La formación que la División de Ingeniería pretende dar por medio de los nuevos currícula, se debe caracterizar por imprimirle al egresado el sello del profesional del siglo XXI, cual es, ser un ciudadano del mundo, capaz de entender y entenderse con los pares de su entorno inmediato y de otras latitudes, capaz de articular su saber disciplinar con la totalidad del conocimiento, capaz de desaprender y reaprender y capaz de entender su realidad como componente de un todo mayor. Para alcanzar este ideal, se elaboró una caracterización del ingeniero egresado de nuestra universidad, para la cual se tomaron en cuenta los lineamientos del PMC en cuanto a una formación basada en competencias, las competencias formuladas por ABET 2000, y los resultados del estudio de egresados elaborado por la División a finales del 2002.

Como competencias generales que deberán desarrollar en sus diferentes disciplinas de Ingeniería nuestros estudiantes, se proponen las siguientes:

- Investigativa: Interés y capacidad para la apropiación y desarrollo del conocimiento científico y tecnológico, para el entendimiento y aplicación de las herramientas tecnológicas necesarias para el análisis de los fenómenos del mundo real.
- Tecnológica: Interés por el conocimiento, y capacidad y habilidad para la aplicación y la evaluación de las tecnologías duras y blandas.
- Informática: Capacidad, interés y habilidad en el dominio y utilización apropiada de las TICs, como medio para el mejoramiento de la práctica profesional.
- Comunicativa e interactiva: Capacidad de organizar, expresar e interpretar efectivamente y con lucidez la información en diferentes contextos y con diferentes interlocutores.

<sup>3</sup> UNIVERSIDAD DEL NORTE. Comité de Modernización Curricular. Proyecto de Modernización Curricular. Publicación de Dirección de Proyectos Académicos. Barranquilla. Uninorte. 2002 p. 11

- De aprender a aprehender: Capacidad para la autoformación mediante el estudio, aprendizaje y construcción y reconstrucción de sus propios conocimientos, de una forma autónoma e independiente.
- De responsabilidad social, ética y ambiental: Capacidad e interés por entender la responsabilidad ética, ambiental y profesional en el desempeño de la ingeniería, teniendo en cuenta la sociedad y su relación con el medio ambiente, propendiendo por una ingeniería para la sostenibilidad.
- De aprender a emprender: Desarrollo del espíritu emprendedor y del conocimiento contextualizador de su profesión, con el objeto de crear empresa, movilizar el talento humano y liderar procesos de cambio e innovación.
- En fundamentos básicos de la Ingeniería: Capacidad, habilidad e interés por el conocimiento y la aplicación de las disciplinas básicas de la ingeniería.
- De Desarrollo Profesional: Desarrollo de la capacidad autocrítica, reflexiva, recursiva, auto regulativa, perseverante, y de la flexibilidad.
- Cultural: Capacidad para desempeñarse efectivamente en diversos ambientes culturales como ciudadano global, pero sin perder su propia identidad cultural.
- Cooperativa / Colaborativa: Capacidad para organizar, coordinar participar en proyectos interdisciplinarios y transdisciplinarios, concibiendo el conocimiento como un constructo social pero siempre complejo e inacabado.
- Estratégica: Capacidad, habilidad y motivación para identificar, formular y solucionar problemas de Ingeniería de manera estratégica incorporando el pensamiento sistémico y reconociendo y enfrentando la incertidumbre, y la impredecibilidad especialmente a largo plazo.
- Informativa: Capacidad, habilidad e interés por estar informado sobre los fenómenos y tendencias mundiales y la realidad de su entorno, así como de los temas contemporáneos relevantes a su profesión y al mundo.

### 3. Metodología

El PMC de la División ha sido el resultado de una construcción colectiva del mismo, por tanto, la metodología utilizada se caracterizó por ser colaborativa, abierta, participativa y de trabajo en equipo. Participaron en el desarrollo del PMC los directores de programa, profesores, estudiantes, egresados, y la decanatura con la dirección académica. Las fases de construcción del PMC, fueron:

- Formulación del perfil del ingeniero exitoso: Cada director de programa con su comité de currículo, definió el perfil del ingeniero exitoso.
- Análisis de perfil por competencias: se formularon en primera instancia las competencias genéricas del ingeniero y posteriormente las específicas por cada programa.
- Análisis, diseño y construcción del plan de estudios: Con los insumos de las etapas anteriores, cada programa procedió a desarrollar esta fase, así:

- Establecimiento de ejes temáticos
- Establecimiento de temas por eje
- Establecimientos de conceptos por tema dentro del eje
- Establecimiento de cursos

### 4. Conclusiones

Para la División de Ingenierías, modernizar los currícula ha implicado reflexionar y construir un currículo, entendido como: “un conjunto de ejercicios académicos que organizados desde una fundamentación teórica, conducen a que, quien lo haya recorrido pueda ser declarado poseedor del conocimiento y las habilidades que lo habilitan para ejercer su rol como ciudadano y profesional autónomo y responsable”<sup>4</sup> Esto quiere decir que los currícula modernizados deben permitirle al profesional de Ingeniería usar su conocimiento como un instrumento para crecer en autonomía, es decir, en libertad, en racionalidad y así vivir mejor en el mundo natural, en el mundo social y en su mundo subjetivo.

<sup>4</sup> UNIVERSIDAD DEL NORTE. Comité de Modernización Curricular. Proyecto de Modernización Curricular. Publicación de Dirección de Proyectos Académicos. Barranquilla. Uninorte. 2002 p. 6



La División resalta como resultados más significativos del PMC, los siguientes:

- Fortalecimiento del área de formación básica de los planes de estudio
- Reducción en horas presenciales en los planes de estudios.
- Incremento de la flexibilidad de los planes de estudio,
- Actualización de contenidos en los componentes de formación profesional
- Formulación de perfiles profesionales altamente competitivos en el ámbito nacional e internacional de las profesiones de Ingeniería
- Articulación de las asignaturas por ejes temáticos y por las áreas de formación (básica, básica profesional y profesional).
- Reconceptualización de los currícula bajo un enfoque sistémico.

## Bibliografía

1. ABET. 2003-2004 Criteria for Accrediting Engineering programs. <http://www.abet.org>
2. UNESCO. Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y Acción. 1998
3. UNIVERSIDAD DEL NORTE. Comité de Modernización Curricular. Proyecto de Modernización Curricular. Publicación de Dirección de Proyectos Académicos. Barranquilla. Uninorte. 2002.
4. UNIVERSIDAD DEL NORTE. División de Ingeniería. Plan de Desarrollo 2003 – 2007. Publicación de la División de Ingeniería. Barranquilla. Uninorte. 2003.
5. UNIVERSIDAD DEL NORTE. División de Ingeniería. Proyecto de Modernización Curricular de Ingeniería. Monografía. Barranquilla. Uninorte. 2003.
6. VIVIESCAS F, GIRALDO F. Comp. Colombia: El despertar de la modernidad. Bogotá. 1991.



# GRACE: Una Metodología para Proyectos de Ingeniería

Ing. Rafael J. Barros B. (rbarros@ean.edu.co)

Ing. John Alexander Rojas Montero (jrojas@ean.edu.co)

Ing. Luz Marina Sánchez Ayala (lusanchez@ean.edu.co)

Ing. José Divitt Velosa (jvelosa@ean.edu.co)

Escuela de Administración de Negocios - EAN Carrera 11 No. 78 -47



ACOFI  
Asociación Colombiana  
de Facultades de Ingeniería

## Resumen

La metodología que se presenta a continuación se construyó como herramienta de evaluación por competencias para los estudiantes de primer semestre de ingeniería, sin embargo teniendo en cuenta los resultados exitosos, se extendió a todas las asignaturas nucleares de la Facultad de Ingeniería de la EAN.

La metodología que se emplea se llama GRACE, cuyas siglas significan **G**estión, **R**equerimientos, **A**rquitectura, **C**onstrucción y **E**volución. GRACE parte de reconocer problemas buscando identificar oportunidades y desarrollar soluciones sostenibles en el tiempo.

En general todas las ramas de la ingeniería utilizan diversos procedimientos para el desarrollo de sus productos. Fundamentado en el método científico y en los procesos de construcción en las diferentes ramas de la Ingeniería, GRACE busca integrar los procesos y actividades comunes en una sola estrategia. GRACE se construye con un propósito didáctico para facilitar la comprensión de los procesos involucrados en el desarrollo de un proyecto.

Esta metodología está diseñada como una herramienta de enseñanza en cursos fundamentales para estudiantes de ingeniería. Sin embargo, puede ser utilizada como guía para desarrollar proyectos reales en diversas áreas del conocimiento.

## Introducción

La metodología GRACE se puede utilizar como herramienta de evaluación por competencias, realizando un seguimiento exhaustivo a los estudiantes, en cada proyecto que realicen. Los proyectos involucran las fases de Gestión, Requerimientos, Arquitectura, Construcción y Evolución.

La fase de **Gestión** es el proceso que permite asegurar que la solución que se vaya a desarrollar sea efectiva, eficiente y sostenible en el tiempo. Es la acción que se realiza para conseguir que las cosas se hagan. Responde a la pregunta de **¿Cómo lograr resultados?** y consta de cuatro actividades: **Planear, Organizar, Coordinar y Orientar (POCO)**.

La fase de **Requerimientos** consiste en descubrir el verdadero propósito del sistema. Es una característica que el sistema debe tener para satisfacer una idea, un deseo o una necesidad. Responde a la pregunta: **¿Qué hay que hacer?** y consta de cuatro actividades: **Identificar necesidades, Construir requerimientos bien formados, Organizar requerimientos y Negociar requerimientos (ICON)**.

La fase de **Arquitectura** consiste en la generación del modelo final del sistema. Es el proceso de aplicar técnicas y principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso, un servicio o un sistema con suficiente detalle para permitir su construcción. Responde la pregunta **¿Cómo resolvemos el problema?** y consta de cuatro actividades: **Idear soluciones, Diseñar la solución seleccionada, Evaluar y Aprobar el diseño**.

La fase de **Construcción** consiste en hacer realidad el modelo. Es el proceso de fabricación, manufactura o ejecución de la solución al problema. Responde a la pregunta **¿Cómo lo hacemos?** y consta de cuatro actividades: **Diseñar proceso, Organizar proceso, Fabricar producto y Aprobar producto (DOFA)**.

La fase de Evolución es el cambio gradual del sistema durante el tiempo. Es el proceso continuo de transformación que hace sostenible un sistema. Responde a la pregunta de ¿Cómo asegurar su uso e innovación permanente? y consta de cuatro actividades: Prevenir, Ajustar, Predecir y Adaptar (PAPA).



## Contexto

La evaluación por competencias<sup>1</sup> en ingeniería se puede realizar a través de problemas y proyectos. Los proyectos son esfuerzos organizados para encontrar la solución de un problema, el desarrollo de un producto o la realización de cosas útiles para la sociedad. Los proyectos surgen cuando alguien tiene alguna buena idea que debe considerarse, existe una necesidad que debe ser satisfecha o se requiere mejorar un producto. Los resultados que se pueden alcanzar en un proyecto son diseños, planes, procedimientos, software, equipos, estructuras, conocimiento y servicios, entre otros [1].

Para desarrollar los proyectos se emplea la metodología GRACE. El uso de GRACE en ambientes de aprendizaje apropiados posibilita el desarrollo de competencias en los estudiantes al aprender haciendo.

Las competencias se pueden clasificar en básicas, nucleares y transversales. Estos tipos de competencias involucran el saber, el pensar, el hacer y el interactuar. Las competencias básicas se relacionan con lo cognitivo, la comunicación y la comprensión de contextos [5]. Las competencias nucleares son propias de cada disciplina. Las competencias transversales son de tipo empresarial, socio humanístico, investigativas y tecnológicas.

La evaluación de competencias busca generar estrategias de realimentación, autoregulación y autoreforzo para que cada estudiante tenga la posibilidad de mejorar, con la orientación de los docentes[6]. Esta evaluación debe tener en cuenta aspectos cognitivos relacionados con las inteligencias racional, moral y emocional, aspectos cognoscitivos relacionados con el conocer, y aspectos sobre habilidades relacionados con la praxis.

## El problema como punto de partida

En GRACE se define un problema como la diferencia que existe entre una situación deseada y la realidad. En términos más sencillos, un problema es algo que se desea cambiar, algo que no es satisfactorio o algo que es factible de mejorar. La característica fundamental de un problema es poder plantear el contraste entre el contexto actual y aquello que debería pasar. Por esta razón el problema debe expresar claramente la diferencia entre el antes y el después. Al plantear un problema es necesario que todos los involucrados perciban el contexto de la misma forma y no se preste a ambigüedades.

Algunos autores sugieren que un problema es todo aquello cuya solución es desconocida y es de interés para alguien. En ingeniería, el interés se centra en construir soluciones efectivas y eficientes a problemas prácticos /

<sup>1</sup> Competencia: Saber hacer en un contexto con sentido

resolución de problemas a la humanidad. Un problema práctico es aquel que se puede medir y de cuya solución se puede medir el nivel de efectividad obtenida e implica el uso racional de los recursos.

Resolución de problemas o supone un proceso de cinco pasos:

- **Identificar:** La etapa de identificación del problema permite evidenciar la necesidad, mejoramiento o sueño que se quiere lograr y es el inicio del proceso en la búsqueda de una solución.
- **Comprender:** La etapa de comprensión de un problema consiste encontrar claramente la diferencia entre el estado actual y el estado deseado.
- **Formular:** La etapa de formulación consiste en dar forma al problema valiéndose del lenguaje hablado o escrito.
- **Evaluar:** La etapa de evaluación consiste en valorar la pertinencia del problema en un contexto dado, estableciendo la relevancia que tiene en una situación específica.
- **Socializar:** La etapa de socialización de un problema consiste en hacer participe a todos los involucrados e interesados en la definición del problema, con el fin de escuchar comentarios u objeciones y llegar a un consenso.

Los problemas son la condición inicial para el desarrollo de proyectos usando la metodología GRACE. Por esto la importancia de una buena definición del problema. En Ingeniería, muchas soluciones fracasan debido a una mala formulación del problema. Se construyen grandes obras que a la larga no eran la respuesta al verdadero problema.

## Evaluación por competencias

Aunque la evaluación por competencias es un proceso naciente en la EAN, se han dado algunos pasos importantes para su implementación y se sigue trabajando en el, se espera que al finalizar el año 2004, entre en operación la Unidad Central de Evaluación por Competencias que regule y estandarice el proceso.

La evaluación tiene como objetivo realizar un seguimiento sobre las competencias adquiridas por los estudiantes al llevar la teoría a la práctica en los proyectos que desarrollan. En la evaluación se debe tener en cuenta [2]:

- Los niveles de apropiación, comprensión e integración de nuevos conceptos
- El grado de transferencia a situaciones reales
- El nivel de competencia lograda en la aplicación de los nuevos conocimientos.
- La capacidad en el desarrollo de propuestas y proyectos
- Las habilidades de pensamiento potenciadas durante el desarrollo de las actividades de aprendizaje

La evaluación de competencias permite que se generen estrategias de mejoramiento continuo por parte del docente para re - alimentación, auto - regulación y auto - refuerzo en aquellos aspectos que sean necesarios.

Para hacer esto es necesario establecer que tipo de procesos de pensamiento se van a evaluar. Clasificar procesos de pensamiento es algo complejo y cada autor plantea una opción diferente; sin embargo, para efectos de unificación de conceptos en la Facultad de Ingeniería de la EAN, se ha seleccionado una clasificación sencilla en dos grandes grupos de competencias: **Cognitivas** y **Cognoscitivas**.

Desde esta perspectiva en las competencias cognoscitivas se evalúa el conocimiento, es decir el saber y en las cognitivas: el proceso seguido por los estudiantes y sus actitudes, o sea saber hacer, saber ser y saber interactuar.

Aproximadamente hace dos años, el 90% de la evaluación correspondía a las competencias cognoscitivas. En este momento ese peso se ha distribuido entre los dos tipos de competencias, aunque no en la misma proporción, aún sigue primando la evaluación del saber, pero cada vez más se ha ido integrando en la evaluación el saber ser y hacer. En este momento la proporción es de más o menos el 60% en las cognoscitivas y el 40% en las cognitivas.

## El proceso de evaluación

En la Facultad de Ingeniería de la EAN se empezó a aplicar el proceso con estudiantes de primer semestre y posteriormente se trasladó a otros cursos. El objetivo final es desarrollar un proyecto de ingeniería que solucione un problema planteado por el estudiante, con la connotación de problema explicada en este escrito y aplicando GRACE. Dependiendo del curso el problema se puede solucionar total o parcialmente, en algunos casos se realiza el proceso total y en otros se concentra en algunas de las etapas: Gestión, Requerimientos, Arquitectura, Construcción o Evolución.

Para desarrollar la evaluación se utiliza una estrategia denominada ALTO: Actividades, Lecturas, Talleres y Observaciones teóricas. Las Actividades se desarrollan en forma autónoma por el estudiante antes de abordar un nuevo tema. La Observación Teórica la desarrolla el profesor como proceso de síntesis y de aclaración de las dudas surgidas en los estudiantes. Y el Taller se realiza en forma práctica dentro del aula, para verificar la apropiación de los conocimientos, la Lectura puede reforzar una o varias de las anteriores. En este proceso se evalúan las competencias tanto cognoscitivas como las cognitivas.

La evaluación de competencias cognoscitivas: El proceso empieza cuando el profesor a través de una Actividad Autónoma, solicita al estudiante el planteamiento y solución de un problema utilizando la metodología GRACE, este proceso se desarrolla en equipos, que pueden ser conformados por los mismos estudiantes o por el profesor. En la evaluación participan tanto los estudiantes como el profesor.

El papel del estudiante en este proceso es identificar que conocimientos tiene para solucionar el problema y que otros le hacen falta para lograrlo. De acuerdo con este primer diagnóstico el profesor guía al grupo de estudiantes para la construcción de la solución, en algunos casos para todo el curso y en otros a través de tutoría individual por equipos de trabajo.

Al finalizar el proceso se desarrollan Talleres en clase, la evaluación por parte del estudiante consiste en verificar a través de la práctica que cosas sabe y cuáles no y de que forma se apropia de los conocimientos para trasladarlos a otros problemas o situaciones.

El docente evalúa tanto las Actividades como los Talleres analizando la pertinencia del conocimiento aplicado y la capacidades del estudiante a nivel básico para percibir el entorno a nivel intermedio para traducir el conocimiento a un nivel comprensivo y para memorizar los conceptos y avanzado para abstraer y extrapolar los conocimientos necesarios en la búsqueda de la solución al problema. Esto se hace además de las Actividades y Talleres, a través de trabajos escritos, sustentaciones de los estudiantes, discusiones en clase o exámenes[4].

La evaluación de competencias cognitivas: Este proceso es mucho más complejo ya que lo que se pretende evaluar es el proceso seguido y la actitud del estudiante.

En este sentido se evalúan las inteligencias: racional, moral y emocional.

**La Inteligencia Racional**, es decir como piensa el estudiante, para lo que se evalúa a nivel básico los procesos de comprensión y clasificación, a nivel intermedio los de organización, interpretación, análisis y modelamiento de soluciones y a nivel avanzado los procesos de síntesis, creación, visualización y solución de problemas.

**La Inteligencia Moral** es decir como es y actúa el estudiante ante un dilema, se evalúa su capacidad de argumentación ante situaciones conflictivas, que nacen del propio problema planteado y de las alternativas de solución.

**La Inteligencia Emocional**: en donde se evalúan competencias comunicativas, trabajo en equipo, técnicas de negociación a través de la resolución de conflictos surgidos en el grupo.

El desarrollo del proyecto en equipo tiene un componente formativo importante, al igual que en las competencias cognoscitivas, en las cognitivas también existe un proceso evaluativo tanto del estudiante como del docente.

En este caso el estudiante evalúa permanentemente la situación que se vive al interior del grupo en los aspectos emocionales, actitudinales y busca mecanismos de solución a los diferentes problemas que se pueden presentar, no obstante el profesor no interfiere cuando los equipos han sido seleccionados por el profesor y no por el estudiante, con excepción a la intervención del docente como mediador.

El docente evalúa y trabaja con cada equipo en forma independiente, buscando el desarrollo de actividades creativas que eleven las competencias que requiere cada equipo.

Los proyectos desarrollados por los estudiantes incluyen:

- Investigar
- Probar
- Producir

## Conclusiones

En las unidades de estudio en que se aplica la metodología GRACE se busca mantener un ambiente de motivación generado al ver concluido satisfactoriamente una serie de proyectos. Durante este proceso se promueve el aprendizaje del trabajo equipo y el trabajo autónomo.

El éxito de este proceso requiere que los docentes realicen un seguimiento permanente y responsable a través de los distintos momentos de realimentación y evaluación, que le permitan al estudiante ir avanzando con seguridad para conseguir el objetivo que se propone.

## Bibliografía

1. ANGUS, Robert B; GUNDERSEN, Norman A.; CULLINANE, Thomas P. Planning, performing, and controlling projects: Principles and applications. 2<sup>nd</sup> Ed. New Jersey: Prentice Hall, 2000.
2. EAN - Vicerrectoría académica. Modelo educativo de la Escuela de Administración de Negocios. Formación en competencias: Compilación de fundamentos epistemológicos e instrumentos para su puesta en marcha. Bogotá: EAN, 2003.
3. McCONNELL, Steve. Desarrollo y gestión de proyectos informáticos. Madrid: McGraw - Hill, 1997.
4. PALLOF, Rena M.; PRATT, Keith. The virtual student: a profile and guide to working with online learners. USA. Jossey - Bass, 2003.
5. QUIJANO Hernández, María Helena. Propuesta modelo de evaluación por competencias. En: Revista Escuela de Administración de Negocios. — Bogotá No. 48 (May. - Ago. 2003); p. 54-71.
6. IBAR, Mariano. Manual General de Evaluación. Barcelona, Octaedro 2002; p. 97-103.



# Hacia una Estructura Curricular Flexible en la Educación en Ingeniería - Experiencias y Desafíos

Beatriz Londoño Vélez  
Profesora Asociada  
Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

## Resumen

Las instituciones de educación superior buscan responder a un entorno desafiante caracterizado en el contexto global entre otros aspectos por un acervo cada vez mayor de conocimientos y de información, un mercado laboral que exige nuevas competencias, nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones aplicadas a los ámbitos más diversos y obviamente a la educación.

En lo nacional, la política educativa exige de las universidades mayores responsabilidades para atender los intereses de la sociedad, es decir, instituciones comprometidas con lo público desde la perspectiva del conocimiento.

Una de las herramientas que posibilita éste quehacer es la adopción de “estructuras académico-administrativas flexibles”, entre otras dimensiones: en la concepción de las profesiones, la titulación de las mismas, la formación por ciclos, los planes de estudio, la normatividad, la gestión administrativa y la relación pedagógica.

En este artículo se presentan y agrupan experiencias y propuestas de algunas facultades de ingeniería del país y de Iberoamérica, con el ánimo de ejemplificar la capacidad de reforma e innovación para responder al futuro.

## I. Desafíos y Alternativas

Declaraciones de organismos internacionales especializados coinciden en señalar los siguientes como los retos más significativos que debe enfrentar el sistema de educación superior para que responda a las expectativas presentes y futuras de la sociedad:

- La generación y expansión permanente de los conocimientos científicos y tecnológicos y la incorporación del saber como factor de producción en la mayoría de actividades económicas.
- La circulación y acceso desigual al conocimiento asociados a las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones que transforman la producción organización, difusión y control de los saberes.
- Una economía globalizada que exige a los profesionales nuevas competencias y habilidades para enfrentarse al cambio y a los recientes modelos de producción de bienes y servicios que incorporan en mayor medida innovación científica y tecnológica.
- La diversificación y expansión de la oferta educativa y la desigualdad en el acceso y en la permanencia en el sistema de la educación superior para grupos de ingresos medios y bajos.
- La calidad y pertinencia académica de la formación impartida de tal modo que atienda las demandas de la sociedad y la razón de ser de cada institución.

Si la educación es un factor de crecimiento económico y social no cabe duda que las universidades y las facultades de ingeniería deben enfrentar un gran desafío. Entre las estrategias que se proponen para afrontarlo se reseñan las siguientes:

- Mayor inversión en educación, particularmente en la investigación para preparar una masa crítica de ingenieros, científicos y técnicos con capacidad de innovación y de trabajar inter y transdisciplinariamente.
- Construcción de un espacio abierto para la formación a lo largo de la vida que propicie el aprendizaje permanente y la diversificación de los modelos de educación para ampliar la oferta y atender la demanda de diferentes públicos.

- Diseño de una política de acceso y permanencia exitosa en el sistema de educación superior, en donde el determinante del ingreso sea el mérito y la capacidad de los aspirantes
- Proponer modelos educativos que fomenten el pensamiento crítico y la creatividad, en los cuales el estudiante tenga mayor responsabilidad en su proceso de formación como ciudadano y profesional.
- Avanzar en la cualificación de la educación superior mediante auto y hetero evaluaciones que den cuenta de la pluralidad del concepto de calidad académica y que tengan presente las particularidades regionales y la dimensión internacional.
- Explotar el potencial de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones para renovar el contenido de los programas, los métodos de enseñanza y aprendizaje y ampliar el acceso a la educación superior mediante la constitución de redes, la creación de nuevos ambientes de aprendizaje y la puesta en operación de servicios y sistemas virtuales.

## 2. Flexibilidad Curricular

América Latina y La Comunidad Europea avanzan en la reforma de las estructuras académicas y administrativas de sus sistemas de educación superior proponiendo alternativas de "flexibilidad curricular". Bajo este concepto se agrupan diferentes estrategias empleadas por las instituciones con la intencionalidad de establecer relaciones dinámicas y transformadoras con el conocimiento y con los actores del proceso de formación: Docentes, estudiantes e institución.

El vocablo flexibilidad tiene diferentes significados dependiendo de la institución, de los contextos específicos y de su campo de aplicación. Si se asume que el currículo es el conjunto de acciones, recursos y procesos que con intencionalidad formativa programa y realiza una institución educativa y que conduce a un reconocimiento académico, puede plantearse la flexibilidad curricular como el conjunto de estrategias de formación de profesionales en las cuales los estudiantes tienen mayor responsabilidad y autonomía para construir su ruta académica y la institución proporciona alternativas y favorece esta toma de decisiones, en consecuencia el concepto de flexibilidad puede aplicarse a esferas como las siguientes: La estructura curricular, la normatividad, la pedagogía, la organización del trabajo, los esquemas administrativos, entre otras.

## 3. Modelos de Flexibilidad

Una revisión de la información electrónica de las facultades de ingeniería en Inberiamérica permitió identificar los siguientes modelos de flexibilidad:

### 3.1. En la admisión a las facultades de ingeniería

Además de los requisitos generales, las pruebas de ingreso, están definidas por cada una de las instituciones. Existen diferentes modalidades que se aplican bien como pruebas únicas o combinadas; Estas deben ser superadas por los aspirantes con puntajes mínimos.

Las pruebas más comunes son las siguientes:

- Exámenes realizados por las entidades rectoras del sistema de educación superior en cada país.
- Pruebas de actitudes o conocimientos.
- Promedio de rendimiento en la educación media que representa un porcentaje sobre el puntaje de admisión.
- Aprobación de cursos previos o de nivelación.
- Entrevista a los aspirantes.
- Índices académicos de admisión o índices predictivos.

La selección de aspirantes tiene por objeto escoger a quienes tienen mayor probabilidad de éxito para cursar un programa de ingeniería y esto es un privilegio institucional. Si la flexibilidad esta asociada al número de opciones que la institución ofrece a los estudiantes, la mayor apertura se presentaría en el caso que un aspirante pudiera seleccionar una o dos opciones de un grupo de alternativas, según su experiencia y fortalezas académicas. Esta posibilidad no es ofrecida por ninguna de las instituciones revisadas.



En general, las pruebas únicas limitarán la posibilidad de acceso al sistema y los procesos de admisión en los cuales se tiene en cuenta dos o tres factores de predicción del desempeño del estudiante, como en las pruebas de estado, desempeño escolar y pruebas de aptitud académica tienen un mayor grado de flexibilidad.

### 3.2. En el ingreso al programa de formación

La búsqueda permitió identificar básicamente dos modalidades de ingreso a los programas de ingeniería, en la primera el aspirante elige su programa de formación en el momento de inscribirse a la institución. En algunas de ellas existe la segunda opción que se concreta si el estudiante no es admitido en la selección de prelación.

En la segunda modalidad el aspirante ingresa a la facultad de ingeniería o a una área que agrupa varios programas y después de un ciclo común cuya duración fluctúa entre dos y cuatro periodos académicos el estudiante opta por un programa específico. Esta segunda opción facilita la elección del estudiante debido a que tiene mayor nivel de formación tanto académica como personal, además ha tenido la oportunidad de integrarse con otros alumnos con expectativas diferentes que lo prepara para el trabajo interdisciplinario.

### 3.3. En la estructura del plan de estudios y la titulación

Los planes de estudio de ingeniería examinados se organizan en cinco estructuras básicas.

- **Estructura Unidireccional.** En ésta el estudiante una vez admitido cursa los semestres académicos programados y opta el título de ingeniero, que lo capacita en las tres o cuatro áreas del conocimiento que le dan identidad a la profesión específica.
- **Estructura de Profundización, Complementación o Especialización.** Facilita la apropiación de un área del conocimiento adicional; En ésta estructura se presenta una variante en el reconocimiento como valor agregado a la titulación por la formación recibida, por ejemplo, Ingeniero civil- Estructuras, esto permite a la institución diversificar la oferta curricular definiendo diferentes perfiles que respondan a las expectativas de los estudiantes, al mercado laboral y a las propias fortalezas.
- **Estructura de Titulaciones Progresivas.** Se fundamenta en el reconocimiento de la formación obtenida paso a paso. La formación en ingeniería en el sistema universitario chileno oferta carreras de 4, 5 ó 6 años; Una duración de estudios de cuatro años concede el grado de ingeniero de ejecución o licenciatura en ciencias de ingeniería, de 5 años el de ingeniero y en 6 años ingeniero en dos áreas, por ejemplo, Ingeniero Civil- Mecánico con mención en un área de especialización.
- **Estructura de Mínimos por Áreas del Conocimiento.** Propone un conjunto asignaturas en cada área y el estudiante elige de éstas algunas hasta alcanzar el mínimo exigido, ésta opción se complementa con recomendaciones sobre los cursos básicos y de ingeniería especializada, dicha propuesta incluye la formación complementaria en ingeniería o de especialización.
- **Doble Titulación Mediante Convenios Interinstitucionales.** Posibilita que los estudiantes puedan obtener dos títulos académicos conferidos cada uno de ellos por una institución diferente. Los alumnos cursan el 80% del programa en una institución, se trasladan a otra y toman dos o tres semestres adicionales obteniendo un grado en ambas instrucciones.

### 3.4. En el régimen de electivas y optativas

Estas asignaturas son las que puede elegir libremente el estudiante para complementar su preparación profesional y/o socio humanística y puede tomarlas de la oferta presentada por la universidad. La flexibilidad en este caso ostenta tres dimensiones.

La primera esta representada por el porcentaje de horas o créditos sobre el total del plan de estudios y su peso es variable.

La segunda tiene que ver con la diversidad en la oferta, los estudiantes pueden realizar la selección de cursos propuestos específicamente para su programa curricular por un departamento o escuela, ésta opción tiende a reforzar la formación profesional. Otra posibilidad es tomar asignaturas de contenido técnico y/o socio humanístico de una propuesta más

amplia que se hace a un grupo de programas curriculares o para el conjunto de la universidad. La mayor flexibilidad se presenta cuando los cursos pueden elegirse de la programación universitaria regional e incluso nacional.

La tercera característica del régimen de electivas se refiere al recorrido que debe hacer el estudiante para abordarlas. En algunas instituciones se exige que se haya cursado un porcentaje importante del plan de estudios, en general pueden ser optadas en cualquier periodo académico.

### **3.5. En la programación del tiempo y los periodos académicos**

La programación de actividades se realiza en tres tipos de periodos: de 11 a 12 semanas que se denominan trimestres o cuatrimestres, o de 16 a 18 semanas con el nombre de cuatrimestres o semestres, esto significa que en el año se planean 2 o 3 periodos académicos; Una tercera modalidad es ofrecer cursos de duración anual o que se programan solo una vez en el año.

### **3.6. En la calidad de los estudiantes**

En la mayoría de las instituciones los programas se conciben para estudiantes de tiempo completo, no es usual la categoría de estudiantes con dedicación parcial, sin embargo, en todas las instituciones se facilita tomar las horas o créditos dependiendo de la disponibilidad y ritmo de estudio de cada alumno.

### **3.7. En los requisitos académicos**

No hay unidad frente a la exigencia de requisitos académicos para cursar las asignaturas del plan de estudios. Algunos planes son altamente restrictivos y otros presentan al estudiante recomendaciones optativas sobre conocimientos previos para tomar los cursos.

### **3.8. En la dedicación al estudio**

Se emplean dos medidas del tiempo dedicado por los alumnos al plan de estudios, la más generalizada y que se referencia como un logro de flexibilidad curricular es el sistema de créditos académicos, si bien no hay una valoración uniforme del mismo se coincide en que es un instrumento que favorece la movilidad estudiantil al permitir el reconocimiento de los resultados académicos por las diferentes instituciones.

## **4. Impacto de las propuestas de flexibilidad curricular**

Al poner en marcha propuestas que flexibilicen las estructuras académico administrativas de las instituciones de educación superior. Se busca alcanzar al menos 4 efectos: Un primer impacto puede denominarse de **interconectividad**, en tanto los procesos de reforma consideran el contexto de globalización y examinan los paradigmas provistos por la sociedad del conocimiento para integrarse con mayores fortalezas a la misma.

Un segundo impacto se da sobre el **Sistema de Educación Superior del país**, conformado por ofertas educativas diversas, concebidas cada una de ellas como terminal: formación técnica, tecnológica, profesional y de posgrado. La reforma del pregrado debe romper este esquema que cierra la opción del aprendizaje continuo y permanente a lo largo de la vida y arriesgar una propuesta que incorpore estudiantes con diferentes niveles de preparación, haciendo el tránsito de un "ciclo" al otro de modo fluido, sin trabas administrativas y académicas y reconociendo las fortalezas de la formación proporcionada, por ejemplo, por instituciones tecnológicas.

Si se logra mayor encadenamiento e integración entre los diferentes niveles de formación, puede lograrse ampliar la cobertura de egreso de profesionales y de aspirantes a posgrados, atendiendo las necesidades de preparación de científicos y técnicos que requiere el país. Además de lo anterior, se contribuye a reposicionar socialmente la educación tecnológica, concebida en muchos sectores como de segunda clase y apropiada para unos segmentos marginales de la población.

Este efecto, se refuerza, adicionalmente, por la nueva estructura interna del currículo que se debe orientar a la jerarquización, priorización y diversificación del conocimiento y a la eliminación de requisitos académicos inae-

cesarios, resultado del reconocimiento de la dinámica internacional de las profesiones y disciplinas. El nuevo currículo, facilitará el tránsito de los estudiantes de un nivel académico al siguiente, reduciendo el tiempo de permanencia en la universidad y ofreciendo a la Universidad mayores alternativas de empleo del tiempo institucional, además, que genera mejores condiciones para utilizar y administrar los recursos académicos. Estas razones constituyen el **Impacto Institucional de la reforma.**

Reformar el currículo, significa construir unas relaciones diferentes entre los actores del mismo: estudiantes, profesores y administradores. La flexibilidad curricular asigna un nuevo rol a los estudiantes, en tanto los obliga a asumir mayor control sobre su formación profesional, sobre su ritmo de aprendizaje y su concentración de esfuerzos. Los docentes deben revisar su papel en la relación pedagógica para generar nuevos ambientes de aprendizaje y promover la formación en nuevas competencias, más allá de los conocimientos. Estos nuevos vínculos entre los saberes, los estudiantes y los docentes conforman el **Impacto Pedagógico** de la flexibilidad.

La reforma de los programas de pregrado es un reto que debemos enfrentar como una tarea de responsabilidad con la interconectividad global, el Sistema de Educación Superior, la Institución y nosotros mismos, bien sea como docentes o estudiantes.

## Bibliografía

1. Conferencia Mundial sobre Educación Superior. La Educación Superior en el Siglo XXI. Visión - Acción. Unesco, 1998.
2. Declaración de la soborna. París, 1998.
3. Ranner, J.J. Globalización y el Futuro de la Educación: Tendencia, Desafíos, Estrategias. Unesco, Santiago de Chile, 2000.
4. PALACIOS R. Marco. Hacia la Innovación Institucional en la Universidad Nacional de Colombia. 2003.
5. La Educación Terciaria en Colombia. Banco Mundial. 2003



# Identificación de Competencias Genéricas para Programas de Ingeniería desde el Análisis del Perfil Profesional

Patricia Hernández Romero, Pontificia Universidad Javeriana  
Néstor Pedraza Colmenares, Pontificia Universidad Javeriana  
María Eugenia Guerrero Useda, Universidad Católica de Colombia

## Resumen

El trabajo reporta los resultados de un estudio desarrollado conjuntamente entre la Pontificia Universidad Javeriana y la Escuela Colombiana de Ingeniería orientado a implementar y validar una metodología para la identificación de competencias genéricas en el ámbito de la formación de ingenieros. La pertinencia del estudio presentado radica en que para el ámbito de la formación de ingenieros aún no se ha definido el espectro de competencias por desarrollar y evaluar, mientras ya se están aplicando evaluaciones censales por competencias.

De otra parte, era pertinente valorar la eficacia de técnicas ampliamente difundidas como el DACUM y el Análisis Funcional para la construcción de currículos de pregrado. Estas metodologías han sido validadas para la identificación y derivación de competencias laborales puntuales en los niveles de formación técnica y tecnológica, pero han mostrado deficiencias cuando el propósito es la identificación y derivación de competencias claves.

**Palabras Clave:** Formación de Ingenieros, Competencias Básicas, Análisis Funcional

## Introducción

Son múltiples los contextos desde los cuáles se proclama la inclusión del enfoque de competencias como objetivo educativo de los programas de formación profesional en el ámbito universitario. Así, la normatividad regional y nacional vigente plantea el desarrollo de competencias y la evaluación por competencias como criterios para valorar la calidad de los programas de formación profesional, pero a pesar de la reciente experiencia de aplicación de Exámenes de Calidad para la Educación Superior (ECAES), en el ámbito de la formación universitaria de ingenieros no se conocen experiencias concretas, más aún, el discurso de las competencias permanece ajeno y confuso.

Esta situación se hace evidente al analizar la validez de los ECAES – 2003, para valorar el nivel de competencia de los egresados de las facultades de ingeniería del país. En efecto, resulta difícil comprender como fue posible diseñar una prueba por competencias sin haber definido previamente los ámbitos de competencia esperados para un egresado de programas de ingeniería, los niveles de desempeño y contextos para la evaluación. En este contexto se consideró pertinente el desarrollo de un proceso de identificación de competencias para el ejercicio de la ingeniería en el marco del nuevo orden mundial.

Ahora bien, teniendo en cuenta que los contextos de intervención profesional del ingeniero son múltiples y cambiantes, se encontró pertinente abarcar en un primer estudio un tipo específico de competencias que pudieran constituirse en núcleo fundante para los currículos de ingeniería, tal es el caso de las llamadas competencias genéricas. La naturaleza cambiante, y en ocasiones impredecible, de las tendencias del mercado laboral del ingeniero se constituye aquí en un elemento crítico para la estructuración de proyectos curriculares por competencias.

Pues, si para el diseño de programas de formación para el trabajo ha funcionado muy bien el análisis de las demandas del mercado, para el caso de la formación universitaria pasa algo distinto. El conocimiento del mercado laboral actual y su proyección al mediano plazo no es criterio suficiente para la estructuración de programas de formación profesional de ingenieros que estén preparados para la intervención exitosa en problemas que posiblemente no se vislumbran en el escenario laboral actual. En este caso se requiere dotar al futuro ingeniero de las

herramientas teóricas y metodológicas que le permitan abordar problemas no rutinarios, intervenir proactivamente en equipos multidisciplinarios y hacer desarrollo de ingeniería, si fuese necesario. Se requiere entonces, definir un núcleo de competencias genéricas para el ingeniero.

## **Identificación de competencias**

Uno de los modelos educativos que pretenden generar programas de formación que respondan a las demandas del sector laboral es el de la Formación Basada en Competencias (FBC). Modelo que se viene aplicando con éxito en el ámbito de la formación para el trabajo, específicamente en programas de capacitación y perfeccionamiento, en programas de formación técnica y tecnológica, pero que continúa siendo apenas un deseo para el caso de la formación universitaria.

La Formación Basada en Competencias se orienta al diseño e implementación de unidades de formación que instrumenten procesos de conceptualización, operacionalización y producción de conocimiento pertinente y relevante para el desempeño en el mundo laboral. Para la operacionalización del modelo, que se estructura en tres momentos: identificación e instrumentación, desarrollo y evaluación, desde los años sesenta se vienen perfeccionando una serie de estrategias metodológicas, tales como el DACUM, SCID, AMOD y el análisis funcional, entre otros.

El DACUM (Desarrollo de un Currículo), surge en Canadá en los años sesenta y constituye una metodología que aborda todos los momentos de la formación basada en competencias. El DACUM, así como sus variaciones, el Desarrollo Sistemático de un Currículo (SCID) y el denominado AMOD, han sido validadas ampliamente en el ámbito empresarial dada su eficiencia en la definición y desarrollo de los programas de capacitación del personal de una empresa específica. Pero, cuando el propósito es definir programas que apunten a funciones globales, incluso a funciones y objetivos organizacionales, estas metodologías muestran desventajas. Esta situación hace que para la estructuración de programas de FBC en el ámbito de la educación superior sea necesario adaptar las metodologías existentes o diseñar nuevas.

La metodología DACUM abarca desde la identificación de tareas hasta la planificación de los recursos de aprendizaje (estrategias y ambientes de aprendizaje, y técnicas de evaluación), no obstante en la fase de identificación de tareas se centra en el análisis de resultados, dejando de lado los procesos. Para suplir esta deficiencia, se han desarrollado métodos específicos, tal es el caso del Análisis Funcional.

Según Leonard Mertens (1996) el Análisis Funcional es un proceso mediante el cual se establece el propósito clave del área en análisis y se continúa desagregando sucesivamente en las funciones que se deben efectuar para permitir que la función principal se alcance. Una vez identificado el propósito clave la desagregación se hace contestando la pregunta ¿Qué hay que hacer para que esto se logre? Este procedimiento ha sido ampliamente validado en la identificación de propósitos y de funciones claves en diversos sectores. En el año 2002 este procedimiento fue implementado con éxito por la Mesa de Sector Educativo para construir el mapa funcional del sector educativo (Sena, 2002).

## **Sobre el Concepto de Competencia**

Una de las características de los programas de FBC, está en la necesidad de establecer un marco conceptual sobre competencias antes de entrar al proceso de diseño curricular. En Colombia se ha intentado institucionalizar la definición escueta de competencia como "saber hacer en contexto", pero en el medio prima la falta de claridad y la inconsistencia entre el discurso y la práctica. Dado que este problema se sale del alcance de este trabajo, tomaremos una definición de trabajo que se ajusta a nuestro enfoque conceptual. Asumimos entonces, la competencia como una actuación idónea que emerge en una tarea concreta, en un contexto con sentido, donde hay un conocimiento asimilado con propiedad y el cual actúa para ser aplicado en una situación determinada, de una manera suficientemente flexible como para proporcionar soluciones variadas y pertinentes (Bogoya, 2000). En general las competencias aluden a desempeños idóneos e integrales en la resolución de problemas que emergen de contextos concretos. Por lo tanto involucran y articulan el ser, el saber y el saber hacer en una categoría que se evidencia en la actuación.

De la misma forma que se destilan varias nociones y enfoques sobre competencia, se conocen varias categorías de competencias. Para esta indagación se trabajó con la categorización de competencias básicas, genéricas y específicas, por encontrarla apropiada para el diseño de los currículos de los programas de pregrado en ingeniería. En coherencia, se propone identificar tres conjuntos de competencias para el ingeniero: las básicas, las genéricas y las específicas.

### Competencias Genéricas

Las competencias genéricas entendidas como el conjunto de competencias que no están ligadas a un desempeño particular, sino que por el contrario son propias de una amplia gama de ámbitos de desempeño y se adquieren mediante procesos sistemáticos de enseñanza y aprendizaje. Como señaló Delors, en su informe "La Educación Encierra un Tesoro", el desarrollo de este tipo de competencias constituye uno de los retos centrales de la educación para el siglo XXI.

### Metodología

Según las estadísticas de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería a diciembre del 2003 en el país existían mil cuarenta y dos programas de pregrado en ingeniería correspondientes a ciento trece denominaciones y distribuidos en más de un centenar de instituciones de educación superior. En este conjunto, el mayor número de programas se concentra en tres titulaciones (ingeniería de sistemas, ingeniería industrial e ingeniería electrónica). Fundamentados en esta estadística y dividiendo el país en seis regiones a saber: Bogotá que concentra el 24,7% de programas, Andina con el 22,5%, Viejo Caldas con el 19,2, Costa Atlántica con el 15,5%, Occidente con el 14,0% y finalmente, Llanos Orientales y Amazonía con el 4,1% restante, se decidió tomar en promedio tres instituciones de educación superior y en cada una de ellas entre tres y cuatro programas de ingeniería, para un total de cincuenta y cuatro programas de pregrado.

Determinada la población de programas a analizar se procedió a recopilar información referente al perfil del egresado definido en el currículo de cada programa, para extraer información sobre los propósitos claves de la formación. La decisión de trabajar sobre los perfiles definidos para los futuros egresados de los programas se fundamentó en la hipótesis de que estos perfiles obedecen al análisis de las tendencias de formación y de desempeño profesional, según lo establecen los lineamientos nacionales sobre diseño de programas de ingeniería. Cifrándose al enfoque de competencias adoptado en la investigación, la información reportada en los perfiles de formación se organizó en propósitos referidos al ser, al saber y al saber hacer. Esto con el fin de construir matrices comparativas que permitieran identificar propósitos de formación comunes. Cabe anotar que se construyeron matrices por programas de una misma institución, por programas de una misma región, y por programas de una misma denominación. Las diferentes comparaciones nos permitieron identificar las competencias genéricas que se presentan más adelante.

### Resultados

Siguiendo el marco conceptual establecido, se desarrolló un análisis comparativo de los perfiles de formación de los programas seleccionados, se identificó un conjunto de propósitos de formación comunes a las diferentes titulaciones, para de allí derivar un conjunto de competencias genéricas.

Propósito Clave	Competencia Genérica
Que el desempeño del ingeniero se fundamente en la ciencia y la tecnología.	Competencias Científicas y Tecnológicas
Que el ingeniero identifique y resuelva problemas.	Competencias para la Resolución de Problemas
Que esté preparado para intervenir y trabajar en equipos multidisciplinarios y multiculturales.	Trabajo en Equipo
Que esté en disposición de buscar, organizar y sistematizar información.	Gestión de Información

Tabla N° I. Identificación de Competencias Genéricas para el Ingeniero

El criterio que se siguió para identificar los elementos del conjunto de propósitos de formación, fue que más del 75 % de los perfiles analizados hicieran alusión directa o indirecta al mismo aspecto. Los resultados del análisis se reportan en la tabla siguiente:

No se reportan en la tabla algunos elementos que aparecen como características deseables de un importante número de perfiles, tales como el compromiso y la responsabilidad social, la capacidad para optimizar recursos, la ética, el compromiso y la vocación de servicio. Los cuales en el contexto de la globalización bien podrían categorizarse como características deseables del perfil del ingeniero, pero que es necesario derivar para dar forma de competencia y que a nuestro modo de ver se clasificarían como competencias genéricas, por su carácter universal.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos se muestran coherentes con las demandas del entorno frente al desempeño de los profesionales de ingeniería. Lo cual permite validar el análisis funcional aplicado como una metodología que permite identificar propósitos claves en la formación profesional y que por lo tanto puede ser implementada con grandes probabilidades de éxito. La metodología que aplicamos junto con el enfoque conceptual sobre competencias, permite además identificar competencias básicas para el ingeniero. Dado que aunque se entienden como las competencias fundamentales para vivir en sociedad y desenvolverse en cualquier ámbito laboral, y su desarrollo constituyen uno de los objetivos de la educación básica y media, en los perfiles analizados encontramos que gran número de ellos aludían a tres de ellas las comunicativas, las matemáticas y las referidas al uso de las tecnologías de la información y la comunicación.

Esta situación puede atribuirse al hecho de que el nivel de desarrollo de las competencias básicas evidenciado por la población egresada de la educación media se muestra bajo, frente al desempeño esperado para el acceso a la educación superior, lo cual implica para los programas de pregrado la necesidad de centrarse en elevar el nivel de dominio en estas competencias.

## Bibliografía

1. ACOFI (2003), *Programas de Ingeniería en Colombia 3ª Versión*, 2003, Bogotá, Opciones Gráficas Editores, 157 páginas.
2. BAJO, M<sup>a</sup> TERESA Y OTROS, *Las competencias en el nuevo paradigma educativo para Europa*, 2003, Granada: Universidad de Granada, 42 páginas.
3. BOGOYA, D. et al, *Competencias y Proyecto Pedagógico* (2000), Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Página 11.
4. MERTENS, L, *Competencia laboral: Sistemas, surgimiento y modelos*, 1996, CINTERFOR/OIT. Montevideo.
5. SARABIA, H., *Legislación Educativa para Maestros Críticos y Autónomos*, 2003, Bogotá, Ediciones Utopos, 346 páginas.
6. SENA, *Mapa Funcional del Sector Educativo en Colombia*, 2002, Medellín, Sena – Mesa del Sector Educativo.

# Impacto de Semillero de Investigadores en los Estudiantes de Ingeniería

Diana Carolina Gil Arrieta  
Universidad del Norte



## Resumen

Este trabajo es una reflexión acerca de la investigación como elemento esencial para la calidad de la formación de estudiantes de ingeniería, basada en experiencias vividas en Semillero de Investigadores. Este es un espacio brindado por la Universidad del Norte, y avalado por Colciencias, que promueve el desarrollo de habilidades investigativas en los estudiantes, la creatividad, la participación en grupos interdisciplinarios; constituyéndose en una comunidad de aprendizaje donde confluyen estudiantes y docentes para el fomento cultural de la investigación.

Este escenario ayuda a que el estudiante desarrolle un pensamiento crítico y pueda compartir sus ideas innovadoras en un ambiente distinto al aula de clases. El sentido último es hacer ver que no son suficientes los conocimientos específicos de una ingeniería, ni los debates teóricos en torno a la ciencia y tecnología; es necesario aterrizar a la realidad y trabajar con las herramientas ya adquiridas, para también aprender a investigar investigando.

## Antecedentes

*"[...]Los veo con esperanza porque están cambiando, y lo van a hacer mucho más, el panorama de la Ciencia y la Tecnología en la región; y a través de ellos estamos demostrando que aquí podemos formar gente que no le tiene miedo a la búsqueda del conocimiento, que no le tiene miedo a enfrentar un proyecto de investigación sino que puede competir con cualquier joven en cualquier lugar del mundo."*<sup>1</sup>

Una semana normal de un estudiante de ingeniería puede limitarse a la asistencia a clases, presentación de un proyecto en una asignatura, realización de prácticas de laboratorio y a estudiar para los exámenes. Sin embargo, las actividades cotidianas derivadas de esto, como leer, analizar, preguntar, "curiosear", consultar en libros, bases de datos e Internet, se pueden encaminar de una mejor forma para obtener un valor agregado a la formación curricular, mediante espacios que incentiven en el estudiante su espíritu investigativo. Porque ¿qué sería de un ingeniero -que sea digno de ostentar ese título-, sin tener al menos "la chispa" de la investigación?

La Universidad del Norte, desde 1997, viene promoviendo el desarrollo de habilidades investigativas en los estudiantes de pregrado de las distintas Divisiones Académicas, mediante el programa extracurricular de **Semillero de Investigadores**, con el fin de fortalecer su participación en grupos, líneas y proyectos de investigación. Por lo tanto, se constituye en una comunidad de aprendizaje donde confluyen estudiantes y docentes con una misma aspiración: el fomento cultural de la investigación.

¿Pero por qué no dictar cátedras de metodologías de actividad científica para impulsar esa cultura? Si bien es cierto que es necesario incluir el componente de investigación en la formación curricular del estudiante, en especial si se tienen presente los desafíos que implica hacer parte de la sociedad del conocimiento, se pueden obtener mayores beneficios si se motiva al estudiante a sentir la pasión por la investigación y a hacerla su proyecto de vida, a través de programas extraacadémicos.

En consecuencia con lo anterior, en la visión de Uninorte se incluye lo siguiente, refiriéndose a un mayor compromiso con la investigación: "Ello significa que tendremos que buscar, por todos los medios, que el estudiante investigue en líneas de su propio desarrollo, pero que participe también en grupos investigativos, en los semilleros de investigación y otros modelos."<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Respuesta del Vicerrector Académico de la Universidad del Norte, Alberto Roa, ante la pregunta "¿Cómo ve a los jóvenes semilleros investigadores?". BAEZA DÁGER, Yahem (editora). *Sucña y Siembra: Experiencias del Programa Semillero de Investigadores de Uninorte (1997-2003)*. 2003, Barranquilla, p. 35.

<sup>2</sup> UNIVERSIDAD DEL NORTE. *Plan de Desarrollo 2003-2007: La Universidad investigativa en la sociedad del conocimiento*. Publicación de la Oficina de Planeación. 2003, Barranquilla, p. 10.



## Estructura de semillero de investigadores

Semillero se fundamenta en varios lineamientos pedagógicos<sup>3</sup>:

- “El conocimiento real es el que desarrolla el estudiante mismo.”
- “La capacidad para resolver problemas es parte de la habilidad de un investigador.”
- “Reflexión-acción es el método principal de aprendizaje de actividades propias de la metodología de la investigación científica.”

Los módulos que comprenden los tres semestres del programa<sup>4</sup>, son:

- Epistemología
- Ciencia y Tecnología
- Innovación y Desarrollo Tecnológico
- Metodologías y técnicas de Investigación
- Análisis de datos en la investigación
- Proyecto de Investigación

## Proceso de selección

A este programa no se ingresa simplemente con estar al menos en cuarto semestre y anotar el nombre en el formato de inscripción. Además de escribir razones acerca de la importancia de la investigación en la carrera, del gusto por esta labor, entre otros aspectos, se continúa con una prueba de personalidad y por último –si ha sido preseleccionado- se realiza una entrevista grupal. Desde ese mismo instante, en la entrevista, comenzamos siendo creativos al tratar de integrar los conocimientos de cada quien en un proyecto de investigación.

## Momentos

En el primer momento de adquisición de elementos teóricos, parecería que el módulo de **Epistemología**, dedicado principalmente a concepciones filosóficas de la ciencia y el conocimiento, no tuviera valor para los ingenieros. Pero tener claridad sobre qué es el conocimiento y la investigación científica, marca el sentido del quehacer investigativo. De igual forma, un breve recorrido por destacados pensadores de la historia, incluyendo las principales teorías filosóficas del siglo XX, nos brinda a los estudiantes de ingeniería todo un bagaje cultural para nuestro enriquecimiento personal y profesional, el cual puede significar en la vida práctica el éxito en un negocio o la aceptación de un proyecto de gran importancia.

En el segundo módulo, aunque pueda ser evidente para un ingeniero, se asimila que **la ciencia y la tecnología** (CyT) son actividades fuertemente interrelacionadas que se acoplan para contribuir al desarrollo de los países, tomando como referencia por ejemplo, indicadores de recursos consagrados de CyT, medidas de la producción científica por publicaciones y de la producción tecnológica por patentes.

Por otra parte, las temáticas de **Metodologías de Investigación e Innovación y Desarrollo Tecnológico** siempre se habían desarrollado de manera diferenciada para programas relacionados con humanidades e ingenierías (y afines), respectivamente. Sin embargo, en la VII promoción de Semillero (período 2003-2004), se realizó la experiencia de ofrecer ambos módulos sin ninguna distinción de divisiones académicas.

Compartir estos momentos fue realmente gratificante, pues comprobamos que para llevar a cabo una idea de negocio innovadora en el mundo real, puede producir mejores resultados trabajar en un equipo interdisciplinario; pese a que muchas veces no lográbamos ponernos de acuerdo fácilmente. De hecho, pudimos comprender todo el

<sup>3</sup> BAEZA DÁGER, Op. cit., p. 11.

<sup>4</sup> Ibid., p. 12-14.

esfuerzo que se requiere para hacer realidad una idea, participando en el concurso nacional de emprendedores "Ventures", como grupo de compañeros que somos. Hay veces que vale la pena correr riesgos...

Con respecto a metodologías de investigación, debemos estar conscientes que un proyecto no se realiza a la deriva o por simple capricho. Es menester que éste se encuentre bien estructurado, con una pregunta problema u orientadora, objetivos definidos, marco teórico, hipótesis, diseño a seguir, según la metodología cuantitativa o cualitativa.

En el momento de la aproximación al mundo científico, los estudiantes empezamos a involucramos en los grupos de investigación de la Universidad y a interactuar con otras personas más experimentadas en el tema. Es allí cuando vemos que "la cosa va en serio", que tenemos a nuestra disposición profesores investigadores, otros jóvenes talentos, líneas, proyectos de financiación, entidades como Colciencias, y lo mejor: aquí en Colombia. Aunque es posible que lo más trascendental sea percatarse de que nosotros, unos estudiantes de pregrado, pertenecemos a esta comunidad: la de la perseverancia, la que muchos pueden mirar extraño, la que algunos ni siquiera habían imaginado estar en ella.

## Práctica Investigativa

No obstante, el proceso no termina allí; de hecho, todo lo que implica investigar, es de nunca acabar, lo cual deja abierto un eterno mundo de posibilidades por descubrir. Como muy bien lo expresó la actual asistente de Semillero, Angélica Paternina, "entre más avanzamos en el conocimiento, más nos damos cuenta de que no sabemos casi nada."<sup>5</sup>

Ahora, llega el momento crucial: la ejecución de un proyecto de investigación. Éste puede ser un trabajo de I+D, el proyecto de grado u otro independiente, orientado por un profesor tutor. Por ende, debemos estar inscritos en un grupo de investigación, y así adquirir muchas ventajas como la posibilidad de financiación parcial del proyecto. Realmente es en esta etapa donde iniciamos la gran travesía: pasar del discurso a la práctica, de las intenciones a los hechos, con base en todo lo aprendido.

Como resultado de este escenario, los semilleros estamos aptos para participar en distintas convocatorias: Jóvenes Investigadores de Colciencias, proyectos de menor cuantía, becas para estudios de postgrado (en especial maestrías y doctorados), presentación de propuestas en incubadoras de empresas, entre otras. Cabe destacar que un 25% de los jóvenes ha continuado en actividades investigativas después de graduarse<sup>6</sup>. De igual manera, estamos llamados a divulgar nuestros proyectos, sin importar que estén en curso, en los encuentros departamental, regional y nacional de la Red de Semilleros de Investigación.

## Forma de Evaluar

Hasta la evaluación es atractiva: nada de parciales, pues no estamos en un aula de clases común. Recibimos retroalimentaciones individuales, teniendo en cuenta la asistencia a las sesiones semanales, la participación en éstas y en debates virtuales en "Catálogo Web", ejercicios y ensayos a finales de cada módulo. Aparte de esto, en el tercer momento, debemos presentar informes de avance del proyecto escogido a fin de poder obtener la certificación como Semillero Investigador.

## Testimonio

Somos muchos los que podemos comentar las experiencias vividas en Semillero. Para la muestra, Lisbeth Lucía Lyons Chimá, de la IV promoción e Ingeniera Mecánica, expresa: "Hoy, dos años después del inicio de mi actividad investigativa, agradezco haber participado en una experiencia tan constructiva para mí; agradezco que me hayan ayudado a romper mis anteojos, mis paradigmas respecto al trabajo en grupo, las ideas ajenas, la investigación novedosa en Colombia, y a considerar a la ingeniería como una ciencia fría y alejada de la humanidad."<sup>7</sup>

<sup>5</sup> Ibid., p. 48.

<sup>6</sup> Ibid., p. 21.

<sup>7</sup> Ibid., p. 77.

## Conclusiones

Semillero de Investigadores es un programa que ayuda a que el estudiante comprenda de manera integral el proceso de investigar, a que desarrolle un pensamiento crítico y pueda compartir sus ideas innovadoras en un ambiente distinto al aula de clases. De hecho, el sentido último es hacer ver que no son suficientes los conocimientos específicos de una ingeniería, ni los debates teóricos en torno a la ciencia y tecnología; es necesario aterrizar a la realidad y trabajar con las herramientas ya adquiridas, para también aprender a investigar investigando.

Esto se refleja en el fortalecimiento de la participación en los grupos y líneas de investigación y en programas de postgrados para investigadores, como "Jóvenes Investigadores" de Colciencias.

## Bibliografía

1. BAEZA DÁGER, Yahem (editora). Sueña y Siembra: Experiencias del Programa Semillero de Investigadores de Uninorte (1997 – 2003). 2003, Barranquilla, 116 p.
2. UNIVERSIDAD DEL NORTE. Plan de Desarrollo 2003-2007: La Universidad investigativa en la sociedad del conocimiento. Publicación de la Oficina de Planeación, 2003, Barranquilla, 89 p.

# Ingenicus

Sandra Milena D'Hoyos Osorio  
Piedad López Jiménez  
Corporación Universitaria del Sinú  
Montería

Ingeniería Industrial lanza los juegos didácticos que permitirán a los estudiantes aprender de manera dinámica y divertida sobre los contenidos programáticos de su carrera, la idea nace al poner en práctica el tema del diseño de un producto innovador y creativo. El juego puede cumplir al menos tres funciones en el proceso de aprendizaje al constituirse en un medio de exploración y expresión, un instrumento para la organización y aplicación de habilidades y un factor de socialización e integración, la noción de espacio lúdico para la estimulación y organización del conocimiento, potencializado por el uso creativo de los recursos. Es una herramienta educativa importante, el juego es un apoyo con fines de motivación, diagnóstico y evaluación de los conocimientos de su carrera, además de servir para propiciar la creación de productos educativos.

La particularidad de los juegos didácticos consiste en que son los estudiantes quienes los diseñan y los realizan con la asesoría de su docente, además permite un enfoque interdisciplinario, favoreciendo así la articulación de todas las asignaturas del plan de estudios.

Los juegos con los que contamos actualmente son: DARDOS DEL SABER, INGENIO EXTREM, DOMICAR INTELECTUAL, RALLY AEREO INDUSTRIAL y RULETA DEL SABER. (foto 1, foto 2, foto 3).



Foto 1



Foto 2



Foto 3

 **ACOFI**  
Asociación Colombiana  
de Facultades de Ingeniería

Cada uno cuenta con una técnica participativa para la enseñanza profesional encaminada a desarrollar en los estudiantes un método de dirección y conducta correcta, estimulando así, la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades, además contribuye al logro de la motivación por las asignaturas y la especialidad, o sea, constituye una forma de trabajo docente que brinda una gran variedad de procedimientos para entrenamiento del alumno logrando así el aseguramiento de la calidad.

INGENICUS nace como satisfactor a la necesidad de generar nuevas formas o mecanismos para que el estudiante adquiera las habilidades necesarias, donde se combinan conceptos como creatividad, innovación, conocimiento, que ayudan al estudiante a tomar decisiones rápidas y acertadas, buscando la calidad en la educación, referida ésta a la forma de pensar y actitudes frente a la dinámica que deben afrontar y que se han vuelto el que hacer diario frente a la toma de decisiones continuas a las que nos ha llevado la globalización.

El cambio en los grandes paradigmas pedagógicos, implica la integración de todas las disciplinas, enmarcada en una óptica de ciencia, tecnología y sociedad; por lo tanto, las didácticas iluminativas para la enseñanza, es una propuesta que sin ser exhaustiva ni absoluta, pretende orientar la práctica pedagógica hacia una didáctica flexible, que articulada con una concepción de currículum moderno, sirva para lograr que los futuros profesionales de la ingeniería sean capaces de construir sus propios conocimientos a fin de proyectar y conservar la supervivencia de los estudiantes como profesionales en éste mundo cambiante.

La pedagogía utilizada en las distintas Universidades de nuestro país, se reduce todavía a clases magistrales donde se fundamenta en la simple transmisión de información, en la cual se considera al estudiante dotado de una memoria sólo para almacenar información y después repetirla; presentándose problemas tales como: la volatilidad en el tiempo; su falta de autonomía y creatividad; no permite que el alumno participe activamente en el proceso de formación; y es cerrada en su accionar lo cual implica que no permite espacios abiertos de enseñanza o aprendizaje., todo esto hace que el problema sea más grande formando a través de esa enseñanza repetitiva comunidades educativas no preparadas para las necesidades actuales de la sociedad.

Es por esto que proponemos una manera diferente de articulación de la puesta en práctica de la teoría o la teorización de la práctica, el Proyecto INGENICUS realizado a través de diversos juegos, por cuanto permite el logro de: un aprendizaje significativo; el trabajo en equipo; la integración curricular, y el proceso de evaluación. Los juegos cumplen funciones en el proceso de aprendizaje al constituirse en un medio flexible, constituyéndose como un método efectivo en el proceso de enseñanza y aprendizaje al integrar elementos de motivación, competencia, espontaneidad, y emulación, resultando una vía eficiente para resolver importantes tareas de carácter educativo.

Este proceso se logró a través de la implementación de técnicas utilizadas para el desarrollo de productos, donde el estudiante define problemas, necesidades y oportunidades, las cuales deben solucionar, satisfacer o aprovechar con el conocimiento adquirido en las asignaturas cursadas, éstos productos deben desarrollarse con tecnologías y recursos regionales. Se da mediante la investigación, donde se escogen materiales, procesos, técnicas, tecnologías, colores, empaques, mercados, etc., que no sólo solucionan el problema sino que se aprovechan los recursos y oportunidades que en el instante se presentan.

Hay que tener en cuenta que no es pasar directamente de la búsqueda de soluciones sin antes haber analizado a fondo la situación o el problema que se pretende resolver. Una buena definición de la situación puede ayudar mucho, ya que un análisis detallado del problema en cada una de sus facetas y matices que lo componen y caracterizan dan pautas y pistas que conducen a mejores alternativas de solución. Para esto contamos con métodos como el de preguntas de diagnóstico, el diagrama porqué? Porqué?, técnicas analógicas, entre otras que ayudaran a los estudiantes a dar resultados acertados.

Este método es dinamizado didácticamente en un conjunto de actividades espacio-temporales que facilitan un aprendizaje integrado por: tema, problema o actividad y contribuyen a lograr la formación integral de los estudiantes. Se sensibiliza al desarrollo de resolución de problemas, contribuyendo al mejoramiento continuo del

proceso de aprendizaje. La aplicación de éste método requiere las características de liderazgo por parte del docente y los grupos de trabajo de alumnos; cada grupo de estudiantes son guiados por el docente como acompañante pedagógico.

Estos juegos tienen amplias posibilidades didácticas y pueden ser aplicados en cualquier nivel de enseñanza, atendiendo a la importancia que tiene la formación de los estudiantes. Su versatilidad se logra con la adecuación de las preguntas a contenidos y enfoques acordes con el nivel de enseñanza que cursen los alumnos.

La aplicación de los juegos como didáctica en el aula de clase, se basa en el principio de privilegiar la curiosidad y creatividad del alumno a través de estos. El juego por sus características, es: finito, por cuanto tiene un horizonte determinado; competitivo, el alumno gana, pierde o queda empatado; e impulsor, por cuanto sirve de plataforma de lanzamiento para activar las habilidades. Por lo tanto, derivado de las características del juego, el aprendizaje del alumno es: abierto, a expansión, motivante y dinámico, permitiendo que el alumno aprenda casi sin darse cuenta de que está aprendiendo.

Si el profesor, en lugar de centrar su atención en los contenidos de su asignatura, realiza su labor en conjunto con el alumno desarrollará un aprendizaje abierto, activo y creativo. En este caso, la utilización del juego para la educación del ingeniero posibilitará que, desde una postura crítica, participativa y abierta, los estudiantes aborden problemas, sus causas y posibles soluciones, como lo hacen en un juego, donde no existe el peligro de la censura al actuar, facilitando así su libre expresión.

En este caso, el juego no se utiliza únicamente como «herramienta» de aprendizaje, sino además, crea un espacio donde la confianza y la apertura facilita la existencia de respuestas espontáneas. Esto permitirá ver al juego como un espacio de unión y comprensión, posibilitando un acercamiento mayor a los alumnos y a sus necesidades.

Considerando que el tiempo de juego es tiempo de aprendizaje, en el Programa de Ingeniería Industrial de La Corporación Universitaria del Sinú se desarrolla, desde hace varios cursos académicos, una línea de trabajo didáctico dirigida hacia el diseño y aplicación de juegos didácticos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes de las carreras de ingeniería.

## Bibliografía

1. FERRO BAYONA Jesús. Educación y Cultura. Ediciones Uninorte. Barranquilla, Colombia. 2001.
2. BUSTOS COBOS, Félix, Aprendizaje Humano, una alternativa piagetiana. Zeledón y Gutierrez impresores, Bogotá 1987.
3. SCHNARCH KIRBERG, Alejandro, Nuevo Producto, creatividad, innovación y marketing, Mc Graw Hill.
4. STEPHEN R., Rosenthal, Diseño y desarrollo eficaz del Nuevo producto, Mc Graw Hill.



# La Evaluación desde la Empresa como Referente de la Calidad de la Educación Universitaria en la División de Ingenierías de la Universidad del Norte

Katherine Sofía Palacio Salgar  
Universidad del Norte



## Resumen

La evaluación es uno de los instrumentos más deseados y difíciles de lograr por las instituciones universitarias dado que los parámetros que ella elija siempre serán insuficientes para medir todos los conocimientos, habilidades, destrezas y valores de los estudiantes.

Los instrumentos para evaluar que se encuentran por fuera de los parámetros evaluativos del salón de clases, como lo son los relacionados con la evaluación de las Prácticas Industriales, brindan un referente de la calidad de la educación impartida durante los años de formación.

Nuestra experiencia en el Programa de Prácticas Industriales de la División de Ingenierías sobre el significado de la evaluación y la evaluación misma, se identifica con uno de los objetivos relacionados con la cualificación de la formación del estudiante. En este sentido, dicha cualificación está relacionada con el emprendimiento, aptitudes, actitudes, valores y operatividad en el trabajo, aspectos que consolidan y contextualizan el aprendizaje teórico con la puesta en práctica del mismo.

Encontramos, que los resultados de las evaluaciones realizadas por los jefes de los estudiantes durante los distintos años de actividades presentan una meritoria labor en la cual han participado un número de 1.800 estudiantes y 280 empresas y entidades en el ámbito regional, nacional e internacional.

Podemos afirmar que las Prácticas Industriales y sus sistemas de evaluación bien pudieran ser uno de los indicadores más importantes a nivel nacional e internacional de la calidad de los procesos educativos y de la reafirmación de la operatividad de los currícula.

## I. Introducción

La Universidad del Norte es una Institución creada para pensar, reflexionar, construir conocimientos y contribuir, entre otros aspectos, con los procesos de transformación y desarrollo social y humano. Dentro de este contexto, busca formar profesionales idóneos en sus respectivas ciencias particulares y proyectados hacia el mundo de la práctica de su ejercicio profesional.

En el cumplimiento de estos lineamientos, los programas académicos en la Universidad buscan la integración y orientación del desarrollo disciplinario y profesional teniendo en cuenta la realidad mundial, nacional, regional y local.

Para alcanzar estos fines, las prácticas profesionales se constituyen en una de las estrategias más adecuadas para la Institución e impactantes en la proyección de los estudiantes y a su vez, trazan el puente entre el mundo académico y el mundo real.

## 2. Las prácticas industriales al interior de la División de Ingenierías de la Universidad del Norte

“La Universidad del Norte y la División de Ingenierías conscientes de la necesidad de estrechar las relaciones Universidad - Sector Productivo, para así formar profesionales que respondan a las necesidades de la industria y

del país en general, creó el Programa de Prácticas Industriales mediante el cual los estudiantes, de Noveno Semestre, de los diferentes Programas de Ingeniería, tienen la posibilidad de vincularse al sector laboral durante un (1) semestre.

Mediante la Práctica Industrial la División de Ingenierías brinda la oportunidad a la empresa de cooperar con un programa de formación que permita preparar a un profesional idóneo capaz de concebir ideas innovadoras y participar activa y críticamente en los procesos de desarrollo social, económico, cultural y político de la región y el país”<sup>1</sup>.

Las Prácticas Industriales de la División de Ingenierías de la Universidad del Norte, cumpliendo con los lineamientos trazados en el marco del Proyecto de Modernización Curricular persigue grandes objetivos de desarrollo en los estudiantes, tales como:

- Contribuir en la formación integral brindándoles la oportunidad de vincularse laboralmente a una empresa y poder canalizar los conocimientos adquiridos hacia la búsqueda de soluciones a los problemas que se plantean en la empresa.
- Coadyuvar en el desarrollo de habilidades para comunicarse, de manera oral y escrita, con los diversos interlocutores con quienes deben relacionarse en el entorno laboral.
- Desarrollar un razonamiento estratégico para orientar sus decisiones con base en el análisis de las tendencias cambiantes del entorno, las oportunidades, amenazas y sus fortalezas y debilidades.
- Lograr acuerdos y solucionar conflictos en procesos grupales a nivel empresarial.
- Estimular y desarrollar el trabajo en equipo, la creatividad, el aprender a aprender, el aprender a hacer y la versatilidad.
- Identificar y definir problemas, generar alternativas de solución, elegir la mejor alternativa y valorar la decisión tomada.
- Permitir al estudiante conocer, en forma directa, la dinámica empresarial y organizacional, los procesos y productos industriales, adecuarse y aprovechar las transformaciones tecnológicas que se observan en el medio.
- Promover en el futuro profesional una actitud positiva ante la disciplina laboral.
- Fomentar en el estudiante la vocación de líderes comprometidos con el desarrollo de su comunidad.

### 3. Características de la práctica industrial

Las Prácticas Industriales forman parte integral de los diseños curriculares de los programas académicos de la División de Ingenierías. Su realización es opcional y está regulada por políticas, reglamentos, procesos y procedimientos previamente conocidos por los estudiantes y por las empresas vinculadas al programa.

Tienen una duración de seis (6) meses, se inician y terminan en fechas establecidas de acuerdo con el calendario académico de la Universidad. Los estudiantes son empleados de tiempo completo y deben acogerse a la jornada de trabajo establecida por la organización.

El programa de Práctica Industrial se desarrolla mediante la supervisión directa de la Coordinación de Prácticas Industriales de la División de Ingenierías (C.P.I.).

Es evaluada mediante la presentación de un informe inicial y final como resultado del proyecto a realizar por el estudiante durante su práctica, la evaluación de desempeño laboral realizada por la empresa y la asistencia a las reuniones tutoriales por parte de los estudiantes organizadas por la Coordinación de Prácticas Industriales (C.P.I.) en la cual se retroalimenta el proceso y se realiza una autoevaluación con respecto de los objetivos previamente establecidos.

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD DEL NORTE. Coordinación de Prácticas de la División de Ingenierías. Información Programa de Prácticas Industriales, 2004, Barranquilla, Página 1.



#### 4. El proceso evaluativo de las prácticas industriales:

Como afirma el Ministerio de Educación Nacional, “la evaluación es un medio que nos permite conocer los aciertos y las equivocaciones, verificar si los procesos para alcanzar las metas son adecuados y si el logro de los resultados es conveniente o inconveniente con respecto a los propósitos”<sup>2</sup>.

El referente evaluativo por parte de las empresas nos ayuda a identificar qué saben los estudiantes y cómo se desempeñan, qué actitudes muestran para el ejercicio profesional en el campo laboral y qué aptitudes manifiestan en el ejercicio de estas prácticas.

Asimismo, el Ministerio de Educación reitera que “la evaluación nos dirá cuáles son los desempeños y competencias de los estudiantes en ese momento, para definir lo que hay que mejorar. Pero esta evaluación no es efectiva y tampoco es estimulante, si no conduce de manera directa a un proceso de mejoramiento, tan persistente como la misma evaluación”<sup>3</sup>.

Con base en la experiencia en el desarrollo de las prácticas industriales en el transcurso de los 14 años de actividades se ha venido mejorando la estructura evaluativa de dichas prácticas, y en la actualidad, la metodología para realizarla se pone a consideración como un modelo de evaluación desarrollado desde la empresa, siendo éste un referente valioso de la calidad de la educación impartida durante los años de formación en la Universidad, específicamente, al interior de la División de Ingenierías de la Universidad del Norte.

##### Metodología Utilizada

Los estudiantes después de un mes de iniciadas sus prácticas y luego de pasar por un proceso riguroso de inducción en la empresa, deben empezar a desarrollar un proyecto el cual es supervisado y avalado por el jefe directo y responde a una necesidad o grupo de necesidades del área laboral en la cual se desempeñan o a un requerimiento general de la empresa. Dicho proyecto, tiene un alcance de cuatro (4) meses y se desarrolla paralelamente con las funciones específicas y responsabilidades que se le asignen a los estudiantes.

Como primer mecanismo de evaluación, el desarrollo de un proyecto en el marco de las Prácticas Industriales, se constituye en el primer referente de la calidad de la formación impartida al momento de identificar la pertinencia en cuanto a los objetivos trazados, la metodología empleada, los resultados obtenidos y las recomendaciones expuestas por parte del practicante.

Cabe resaltar que dicho proyecto es presentado en la modalidad de informes a la Coordinación de Prácticas Industriales, la cual verifica que se estén cumpliendo con todos los lineamientos previamente establecidos.

Como segundo mecanismo de evaluación, se efectúa el seguimiento y evaluación de desempeño realizado a través de entrevistas directas con cada jefe y complementado con el diligenciamiento por parte de éste de un formato de evaluación de desempeño. Dicho formato contiene una serie de características dentro de las cuales deseamos resaltar: responsabilidad, compromiso, lealtad con la organización; dinamismo, creatividad, adaptabilidad, liderazgo; puntualidad, presentación personal, disciplina, organización, comunicación; toma de decisiones, solución de problemas, proactividad, trabajo en equipo, análisis crítico y eficiencia; todo estas características enmarcadas dentro de las valoraciones de excelente, bueno, regular, deficiente y no aplica. Las anteriores características, se encuentran definidas, contextualizadas y socializadas previamente.

Asimismo, el formato cuenta con preguntas abiertas en las cuales se puede recoger información valiosa que retroalimenta el proceso académico y evaluativo del estudiante y de la Universidad misma. Las respuestas a dichas preguntas se pueden aglutinar en indicadores de calidad y a través de los años han permitido además de determinar el desempeño real y potencial del futuro profesional y brindarle una oportuna y eficaz retroalimentación.

<sup>2</sup> MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, República de Colombia. Guía No. 3 Manual de evaluación del desempeño de docentes y directivos docentes, 2004, Bogotá. Página 5.

<sup>3</sup> MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, República de Colombia. Guía No. 5 y ahora...¿Cómo Mejoramos?, 2004, Bogotá. Página 5.

ción del mismo, identificar los distintos perfiles profesionales en el marco de cada carrera, mejorar y reorientar aspectos relativos al programa de preparación a las prácticas y retroalimentar los nuevos currícula.

Podemos afirmar que el evaluar el desempeño de una persona hace referencia directa a cualificar el cumplimiento de las funciones a ella encargada, y del mismo modo, pondera el rendimiento y los logros obtenidos concordados con el cargo que se le ha encomendado durante un período determinado, todo ello, pautado con los resultados esperados por la institución que le ha propiciado dicha práctica y lo que la empresa espera de él en relación con sus expectativas.

Una adecuada evaluación empresarial debe estar dirigida a darle a conocer al estudiante evaluado en práctica, cuáles son sus fortalezas y cuáles son los requerimientos para que opte por un plan de mejoramiento dirigido a su crecimiento personal y desarrollo continuo profesional y le dice a la institución universitaria en qué condiciones se encuentra un estudiante con respecto de la teoría y su práctica en el campo empresarial inicial para que dicha universidad reordene y/o mejore su proceso de formación.

“La evaluación, en este sentido, se ve como una unidad de acción – reflexión – acción, que da la posibilidad de ahondar en la comprensión de los fenómenos, en la orientación que se les quiere dar y en la calidad con que se ejecutan y no como un mero ejercicio técnico para obtener resultados”<sup>4</sup>.

Como tercer y último mecanismo, se recurre a la autoevaluación por parte del estudiante; ésta debe ser entendida como la determinación de los logros obtenidos por cada estudiante, la pertinencia de lo académico con lo práctico desarrollado, la identificación de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas como persona y como profesional, y por último, la oportunidad de formar parte del mismo proceso evaluativo.

Encontramos entonces, que los resultados de las evaluaciones realizadas por los jefes directos de los estudiantes en los 14 años de actividades presentan una meritoria labor en la cual han participado un número de 1.800 estudiantes y 280 empresas y entidades en el ámbito regional, nacional e internacional.

Estas evaluaciones han inducido a que cada vez se mejoren los mecanismos de seguimiento y evaluación; a que se enriquezca la misma experiencia de las prácticas; se consolide la relación Universidad – Empresa; se reafirme la Calidad en la formación del estudiante, todo lo anterior, reiterado por el aumento considerable de las solicitudes por parte de las empresas para que nuestros estudiantes de ingeniería realicen las prácticas en sus organizaciones.

## 5. Conclusiones

Como la evaluación es uno de los instrumentos más deseados y difíciles de lograr por las instituciones universitarias por cuanto que los parámetros que ella elija siempre serán insuficientes para medir todos los conocimientos, habilidades, destrezas y valores de los estudiantes, entonces, la opción de la evaluación empresarial contribuye a que la evaluación a los estudiantes en práctica esté de acuerdo con los lineamientos que la Universidad desea.

Nuestra experiencia, como se afirmó anteriormente, sobre el sentido de la evaluación y la evaluación misma se identifica con uno de los objetivos relacionados con la cualificación de la formación del estudiante. En este sentido, dicha cualificación está relacionada con el emprendimiento, aptitudes, actitudes, valores y operatividad en el trabajo, aspectos que de una u otra forma consolidan y contextualizan el aprendizaje teórico con la puesta en práctica del mismo.

Por tales hechos, la evaluación que la Universidad propone al evaluador empresario es solidaria tanto con los valores de dicha entidad, como con las expectativas que tiene el estudiante en práctica para que se le evalúe de esa manera, dado que está intermediada por un seguimiento por parte de la Universidad y la Empresa.

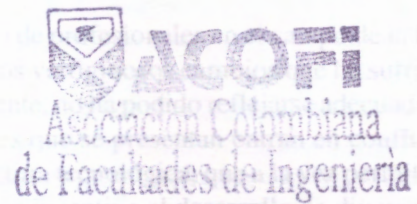
<sup>4</sup> MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. República de Colombia. Guía No. 3. Ibid.

Las reglas de juego, es decir, los parámetros de evaluación son claras, están escritas, han sido socializadas y dependen de la labor que el estudiante realice en sus prácticas y lo que la Universidad y Empresa esperan de ellos.

Podemos afirmar que las Prácticas Industriales y sus sistemas de evaluación bien pudieran ser uno de los indicadores más importantes en el ámbito nacional e internacional de la calidad de los procesos educativos y de la reafirmación de la operatividad de los currículos. Asimismo, todo resultado evaluativo coadyuvante con la evaluación misma es oportuno y eficaz para medir el desempeño de los estudiantes, la aplicación de sus conocimientos (formación integral) y oportunidades para el mercado laboral (perfil profesional).

## 6. Bibliografía

1. UNIVERSIDAD DEL NORTE, Coordinación de Prácticas de la División de Ingenierías. Información Programa de Prácticas Industriales, 2004, Barranquilla, 5 Págs.
2. UNIVERSIDAD DEL NORTE, Dirección de Proyectos Académicos. Estudio de las Prácticas Industriales en el marco del Proyecto de Modernización Curricular. 2001. Barranquilla. 90 Págs.
3. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, República de Colombia. Guía No. 3 Manual de evaluación del desempeño de docentes y directivos docentes, 2004, Bogotá, 57 Págs.
4. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, República de Colombia. Guía No. 5 y ahora...¿Cómo Mejoramos?, 2004, Bogotá, 24 Págs.
5. UNIVERSIDAD DEL NORTE, Vicerrectoría Académica. Proyecto de Modernización Curricular, 2002, Barranquilla, 43 Págs.



# La Flexibilización de la Educación en Ingeniería en Colombia

Ing. Antonio Mejía Umaña, I.E., MSc, PhD - Universidad Nacional de Colombia

## Resumen

La creciente complejificación de la economía colombiana requiere de un sistema educativo flexible y con amplias posibilidades de diversificación y especialización. Este sistema debe formarse dando espacio tanto al ingeniero más científico, como al más práctico y respondiendo a las diversas necesidades del sistema productivo. La solución está en permitir que bajo una amplia sombrilla se cobijen profesionales con vocaciones distintas, formados con métodos diferentes y con énfasis diversos en su enfoque de la ingeniería.

La reglamentación de la profesión del ingeniero existente hoy en el país, privilegia excesivamente al ingeniero de formación científica y ha confundido la exigencia de calidad con la exigencia de uniformidad. El presente trabajo propone ampliar los horizontes de lo que hoy llamamos ingeniería en Colombia para acceder a una concepción de ésta más adecuada al complejo futuro científico y tecnológico que nos espera.

## 1. Introducción

La Ingeniería es una síntesis de saberes de las ciencias (matemáticas, físicas, químicas, económicas, en muchas ocasiones también humanas y biológicas) con conocimientos tecnológicos, técnicos y empíricos de muy diferentes áreas. Es entonces natural que en el ejercicio de la ingeniería tengan que confluír desde personas con una preparación científica muy abstracta, hasta personas cuyos conocimientos se derivan de la práctica, de la tradición y de hallazgos empíricos.

La estructura del sistema educativo, en particular para la formación de profesionales en el campo de la Ingeniería ha sido- y sigue siendo hoy- muy rígida en Colombia, a pesar de los vertiginosos cambios que ha sufrido el país en el último medio siglo. La educación para el trabajo, particularmente, no ha podido reflejarse adecuadamente en la estructura formal de la educación y las adecuaciones informales que se presentan entran en conflicto con la estructura institucional, impidiendo el desarrollo de una mayor cultura tecnológica, que a la vez permita y acompañe un mayor desarrollo tecnológico del país. Es necesario que se incentive el desarrollo de diversos tipos de profesionales de la ingeniería de los que hoy está urgida la sociedad.

## 2. Desarrollo de la ingeniería a nivel internacional

La revolución industrial comenzó en Europa, impulsada por artesanos de alto nivel, personas de "cabezas duras y dedos inteligentes" (Ref. 1). En los países donde esa revolución industrial se aclimató y donde, de forma simultánea, se empezó a desarrollar la ingeniería, el trabajo práctico de alta calidad fue siempre sumamente apreciado y retribuido socialmente. No así en los países de Iberoamérica, donde todo trabajo práctico era considerado indigno de las castas superiores y donde para desempeñar un cargo público, para realizar estudios superiores, e incluso para ser clérigo, era necesario presentar un certificado de pureza de sangre.

En los países donde se desarrolló la industrialización, se formó, desde un principio, un espectro muy amplio y continuo de personas que combinaban el saber práctico y el saber teórico en diferentes proporciones y eran aceptados para trabajar en la Ingeniería en sus diferentes niveles. Esas diferencias subsisten, aún hoy, pero tomando formas muy diferentes en cada país, que todavía están lejos de convergir. En países como Francia existía, por ejemplo, a principios del siglo XX, una marcada diferencia entre los ingenieros que formaba la Ecole Polytechnique, fundada por Napoleón, y los que formaba la Ecole Centrale des Arts et Manufactures, una escuela privada fundada en 1829 para entrenar ingenieros para la industria (Ref. 2). Entre diferentes países podían verse

contrastes bastante grandes, por ejemplo, los existentes entre el punto de vista de los ingenieros franceses y el de los ingenieros formados en USA. Los ingenieros franceses, especialmente los pertenecientes a la élite formada en la Ecole Polytechnique, eran muchas veces miembros de las Academias de Ciencias y dedicaban muchos esfuerzos a la parte teórica y científica de la Ingeniería. En contraste, en USA en 1920 aún se debatía si los estudiantes de ingeniería necesitaban aprender cálculo (Ref. 2). “Su educación se caracterizaba por un enfoque experimental con el mayor énfasis puesto en la experiencia en el laboratorio y en el taller”. Poco a poco los dos enfoques se fueron acercando y los sistemas educativos de ambos países dieron cabida a los dos puntos de vista dentro de la formación de profesionales de la ingeniería, con una cantidad de matices intermedios, complementados por sistemas de acreditación profesional. Aunque los sistemas educativos siguen siendo diferentes, ambos responden a las necesidades de sociedades altamente industrializadas y progresivamente informatizadas. Los sistemas educativos, en todo caso, siguen cambiando permanentemente y son cada vez más flexibles.

### 3. La ingeniería en Latinoamérica y en Colombia

En nuestros países, el esfuerzo por desarrollar gente práctica e industriosa chocó desde los tiempos de la colonia con una tradición académica basada especialmente en el Derecho y en la Filosofía. No existieron fuertes escuelas de artesanos como las de los países europeos, en especial las de los países nórdicos. En Colombia, la fundación de la Universidad Nacional pretendía, a mediados del siglo XIX, romper con esa tradición, desarrollando conocimiento UTIL y poniéndolo al servicio del país (Ref. 3). Aparte de las Facultades tradicionales, se abrió también una Escuela de Artes y Oficios. Sin embargo esa escuela no prosperó porque los estudiantes no querían entrar a realizar unos estudios que se consideraban de categoría inferior. Existía una distancia irreductible entre el ingeniero y el obrero (esta categoría se extiende luego al técnico y al tecnólogo), heredera del sistema de castas, que hacía imposible su acercamiento.

Uno de los ensayos más exitosos en el país por desarrollar profesionales con un conocimiento práctico de alto nivel, lo llevó a cabo el Instituto Técnico Central, fundado por una comunidad religiosa en la primera década del siglo XX, como una escuela artesanal. En 1916 el ITC recibió la facultad de graduar ingenieros; entre 1916 y 1931 se graduaron allí 41 ingenieros. Esos ingenieros tenían áreas de acción mucho más restringidas que el ingeniero clásico: Ingeniero en Electricidad y Artes Mecánicas, Ingeniero en Electricidad e Industrias Textiles, Ingeniero en Electricidad y Arte Industrial Decorativo. De acuerdo con el Decreto expedido para facultar al ITC (en ese momento Escuela de Artes y Oficios, diferente a la del siglo XIX), esos títulos “corresponden a la categoría de los que en Francia clasifican como Escuelas Técnicas de Grado Medio que, según el régimen educativo de esa gran nación, confieren el título de Ingeniero de Artes” (Ref. 4). Sin embargo se aclaraba que ese título no daba la investidura de doctor, ni era un título universitario. Esa interesante iniciativa del ITC se vio frustrada por la confluencia de varios factores. Por una parte la Sociedad Colombiana de Ingenieros pensaba que no podía llamarse ingenieros a estos profesionales más prácticos; por otra parte, el Partido Liberal veía ese tipo de educación técnica y tecnológica como una bandera del Partido Conservador. Finalmente, otro factor que confluía fue la falta de una visión más clara- tanto en el conjunto de la sociedad, como en la mayoría de sus dirigentes- sobre la relación entre ciencia, técnica y tecnología.

La relación entre ciencia, técnica y tecnología es bastante compleja. Un país no puede poner en práctica los conocimientos científicos a los que tiene acceso si no desarrolla una tecnología y unos sistemas tecnológicos que los haga coherentes con el resto de las estructuras sociales particulares de esa colectividad. “En términos generales, educación técnica significa la formación práctica para desempeñar determinadas ocupaciones y oficios calificados que no requieren bases científicas o teóricas de alto nivel” (Ref. 5). “Por su parte, la educación tecnológica puede considerarse como la introducción, en las técnicas de producción empíricas e intuitivas, de una reflexión abstracta vinculada a un pensamiento formalizado”. La ciencia supone, obviamente, un grado de abstracción y formalización mucho mayor y la formación en ingeniería se ubica en algún lugar intermedio entre la formación en ciencia y la formación tecnológica.

### 4. La formación del ingeniero en Colombia

El modelo que ha seguido la formación del ingeniero colombiano, hasta hoy, es el de un ingeniero con unas bases científicas tan sólidas que le permitan un grado de abstracción y generalidad suficientemente grandes, de tal

forma que pueda generar nuevos desarrollos tecnológicos e incluso científicos en cualquiera de las áreas de la ingeniería específica que haya estudiado. Es curioso que incluso escuelas de ingeniería con gran influencia del punto de vista norteamericano- como la Escuela de Minas de Medellín, iniciada a fines del XIX, o como la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes- hayan terminado también acogiendo el modelo inicial de la Facultad de Ingeniería de la UN en Bogotá, de fuerte influencia francesa.

Hoy, sin embargo, se siente la necesidad apremiante de que, además de este tipo de ingeniero clásico, existan en el país otros tipos de ingenieros. En especial es importante que se desarrolle un tipo de ingeniero que - sin desarrollar una capacidad de abstracción similar a la de los físicos y matemáticos- tenga unos conocimientos prácticos más extensos que el ingeniero clásico y que esté en capacidad de realizar desarrollos tecnológicos y adecuación de los procesos, técnicas y materiales de la ingeniería en nuestro medio. Este tipo de ingeniero al que hago referencia- y que no se está formando en Colombia de forma nítida- debería tener un conocimiento mucho más específico de las normas, sistemas constructivos, materiales, sistemas y herramientas para la aplicación de la ingeniería. Para lograr ese conocimiento más detallado sería necesario reducir su ambición generalizante e incentivar en él un mayor deseo de concreción en los conocimientos específicos mencionados. Ese tipo de ingeniero es el que llamo Ingeniero de Industria.

Este tipo de ingeniero de industria necesitaría una formación matemática y física un poco diferente a la que tradicionalmente están impartiendo los matemáticos y físicos a nuestros ingenieros. Se necesitaría una escuela de formación matemática menos abstracta, más desarrollada en cuanto al significado concreto y las implicaciones prácticas de la matemática, pero, en todo caso, con unas exigencias de calidad grandes. En su formación este ingeniero tendría una proporción más alta de conocimientos específicos que el actual, impartida por personas que tienen amplia experiencia práctica, pero también un adecuado nivel conceptual (pero menos abstracto que el ingeniero clásico).

El ingeniero de industria se necesita en Colombia en proporciones más altas que el ingeniero clásico, de tipo científico, el cual está formado para trabajar en diseños novedosos, investigación en ingeniería, elaboración de normas, sistemas constructivos, nuevos materiales, etc. actividades todas que son bastante escasas en nuestras empresas nacionales; aún en países de gran desarrollo tecnológico no se requiere un número demasiado grande de ingenieros con este tipo de formación. Otra variante interesante es el ingeniero que podríamos llamar Ingeniero de Empresa, fuerte en el área administrativa, económica, financiera, gerencial y de gestión. Este ingeniero presenta un perfil menos técnico que el Ingeniero de Industria pero igualmente práctico. Este tipo de ingeniero, que se ha formado en la práctica a partir del clásico, ha mostrado ser muy importante para el desarrollo empresarial del país.

La actual reglamentación de la ingeniería que incluye tanto el Decreto 792 de 2001 como la realización de Exámenes de Calidad (ECAES) es una reacción importante contra lo que en un momento se llamó la "tugurización de la Educación Superior". Sin embargo, el limitar la titulación en ingeniería a 14 modalidades en un país cuyo desarrollo económico está pidiendo una mayor diversificación en la oferta educativa puede resultar contraproducente. Igualmente, los actuales ECAES pueden favorecer de manera discriminatoria a los ingenieros clásicos ignorando otras alternativas de calidad para la formación de profesionales de la ingeniería.

El desarrollo actual del país necesita de ingenieros diferentes del ingeniero clásico. Se están formando, por ejemplo, demasiados ingenieros de sistemas y electrónicos con aspiraciones de dominio de áreas supremamente abstractas de las matemáticas y las físicas, pero que no responden a las necesidades de conocimiento y formación de nuestras empresas en esas áreas. Muchas encuestas a empresarios, y estudios sobre las necesidades de formación en las empresas (como los Estudios Monitor realizados en varias ciudades del país), evidencian esa necesidad de conocimientos más cercanos a la práctica de la ingeniería en el país.

Como respuesta a estas necesidades concretas, se ve en varios centros de formación de ingenieros una tendencia, en su gran mayoría tímida y vergonzante, a preparar ingenieros más prácticos. Una buena parte de estas iniciativas se da, desafortunadamente, en centros de bajo nivel académico, muchos de los cuales empezaron ofreciendo

formación en tecnología sin mucha vocación tecnológica, sino con la aspiración de poder convertirse en centros de formación de ingenieros clásicos (se convierten, cuando cumplen su objetivo, en centros de formación de ingenieros clásicos, que son considerados como de segunda categoría). Existen otras experiencias muy interesantes, pero que no han sido suficientemente discutidas en el país, como puede ser el experimento de la Universidad Tecnológica de Pereira de formar bajo un mismo techo dos tipos de profesionales de la ingeniería, de alta calidad, pero diferente tipo de formación. Y existen iniciativas recientes, valerosas- desafortunadamente aún aisladas y no suficientemente discutidas- de formar ingenieros de industria como continuación de los estudios de tecnología. Es el caso de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital en Ciudad Bolívar y, hasta cierto punto, de las propuestas del Instituto Técnico Central en la última década, para colocar sólo dos ejemplos. Una iniciativa supremamente interesante pero que no tuvo ni titulares de prensa, ni la atención de los gremios de ingenieros, ni la discusión en las Facultades de Ingeniería, fue la Misión de Educación Técnica, Tecnológica y Formación Profesional (Ref. 6). Dentro de ese proyecto se discutió esa necesidad sentida de los gremios empresariales colombianos, de una mejor formación para el trabajo y se hacen propuestas concretas que, desafortunadamente, no han sido suficientemente debatidas.

Existe la prevención de que, al diversificar la ingeniería, se contribuiría a rebajar su nivel de calidad. Todo lo contrario. Pensar que todas las instituciones universitarias que dan hoy título de ingeniero den al estudiante un nivel avanzado de matemáticas abstractas es pensar con el deseo, se ha vuelto una mentira piadosa. Lo que se obtiene es un bajo nivel de calidad en la consecución de los objetivos planteados. Por otra parte, esa concepción unanimitista de lo que es la ingeniería lleva a los estudiantes- e incluso a los profesores- de las facultades de ingeniería (clásica) de mayor nivel de calidad, a que se confundan al no entender su papel específico como ingenieros clásicos y muchas veces se sienten traicionando la realidad de un país tecnológicamente atrasado.

Como consecuencia de ello, muchas veces quisieran un nivel de conocimiento práctico, tecnológico específico, apropiado para un ingeniero de industria y presionan cambios en los planes de estudio con ese fin, descuidando o despreciando la formación teórica.

## 5. Propuesta de titulación

El sistema de titulación colombiano tendrá que compatibilizarse en los próximos años con los sistemas internacionales sin perder, en todo caso, nuestras propias particularidades. Para hacerlo, tendremos que tener en cuenta que nuestro sistema legal y nuestra idiosincrasia son muy diferentes de los anglosajones. Por esas diferencias idiosincráticas no es posible hacer en Colombia, por ejemplo, lo que hizo ABET en USA, que a pesar de tener 24 modalidades de ingeniería definidas para acreditación, no tuvo problema –debido a una adecuada argumentación- para acreditar la Ingeniería Mecatrónica de la California State University, la cual no estaba dentro de ninguna de esas 24 modalidades. Para nuestro sistema de titulación también es indispensable considerar la exagerada importancia del título profesional en nuestro país. En los países nórdicos y anglosajones una persona puede vivir como tecnólogo con un status social y económico tal que le permite sentirse satisfecha e incluso orgullosa de serlo.

Mientras en nuestro país no se consolide a nivel social y del mercado una posibilidad honrosa de ser tecnólogo, será necesario darle a esa persona la posibilidad de acceder, con un esfuerzo adicional, a un título profesional.

Una propuesta para poder realizar la mencionada compatibilización, manteniendo nuestra idiosincrasia y dándole salida al anhelo de profesionalización de los estudiantes, sería adicionar al título de ingeniero un subtítulo explicativo y diferenciador. Un tecnólogo electricista con dos años adicionales sería un Ingeniero Electricista- Tecnólogo en Distribución Eléctrica, que se diferenciaría del Ingeniero Electricista- Especialista en Distribución Eléctrica, permitiendo así la existencia de un ingeniero de industria diferente al ingeniero clásico. Esta propuesta también ayudaría a solucionar el problema de la proliferación de títulos en ingeniería permitiendo, por ejemplo, la

titulación de un Ingeniero Mecánico – Especialista en Mecatrónica, de un Ingeniero Mecánico – Especialista en I. Naval, de un Ingeniero Mecánico – Especialista en Aeronáutica. Esta propuesta daría una salida decorosa al Decreto 792 cuyas 14 modalidades son una camisa de fuerza en la cual va a ser muy difícil meter a la ingeniería colombiana actual.

Dar el título de ingeniero al ingeniero de industria en Colombia, sería saldar una deuda histórica de la ingeniería nacional, clásica, con la ingeniería más práctica. Sería darle a la tecnología un status que le negó una sociedad en la cual los estudios técnicos se cursaban solamente en escuelas correccionales y hospicios de huérfanos y sería ayudar a sepultar la idea tradicional, en este tipo de sociedades elitistas, de que el trabajo manual, el trabajo técnico- y por inferencia el tecnológico- son indignos para las “personas bien”. Formalizar la diferenciación que necesariamente se está presentando en un área que ha tenido un desarrollo cada vez más grande y complejo, como es el área de las ingenierías, es una necesidad para un país que aspira a integrarse cada vez más a las corrientes económicas y productivas a nivel internacional. Debemos seguir formando el ingeniero clásico, pero en menor cantidad a lo que hacemos hoy, y dar cada vez mayor espacio a la formación para el trabajo.

En fin, es necesario ser cautos con el nivel de calidad de los estudios de ingeniería en Colombia, pero sin repetir errores históricos que han influido en un desarrollo muy lento de nuestra capacidad de asimilación y creación tecnológicas. Las alternativas de solución pueden ser muy diversas, pero de lo que podemos estar seguros es que las estructuras educativas y de titulación deben transformarse –y de hecho lo están haciendo a nivel de la organización informal- en estructuras cada vez más flexibles y dinámicas, para poder seguir el ritmo del desarrollo de las sociedades actuales.

## Referencias:

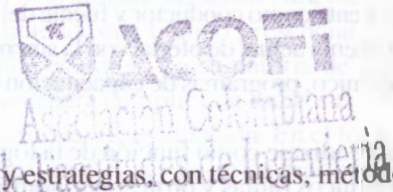
1. MAYOR MORA, ALBERTO. “Cabezas duras y dedos inteligentes”. Colcultura, 1997
2. KRANAKIS, EDA. “Social Determinants of Engineering Practice: A Comparative View of France And America in the Nineteenth Century” en “Social Studies of Science”, Vol. 19 No. 1 Febrero de 1989, Londres.
3. SAFFORD, FRANK. “The Ideal of the Practical – Colombia’s Struggle to Form a Technical Elite”. 1976. University of Texas Press.
4. ESPINOSA YANQUÉN, RAFAEL A. “El Instituto Técnico Central 1896- 1931”. Tesis de Grado, 1997. Dirigida por Alberto Mayor Mora. Departamento de Sociología Universidad Nacional, Bogotá.
5. GÓMEZ CAMPO, VÍCTOR MANUEL. “La Educación Tecnológica en Colombia”. 1995. EUN, Ediciones de la Universidad Nacional, Bogotá.
6. LUQUE, ENRIQUE; GÓMEZ, VÍCTOR MANUEL Y OTROS. “Misión de Educación Técnica, Tecnológica y Formación Profesional”. 1999. Edición Preliminar. Bogotá.





# La Flexibilización de la Oferta Académica, Mejora la Calidad del Aprendizaje

Adalberto Gabriel Díaz  
Universidad EAFIT  
gdiaz@eafit.edu.co



## Resumen

La oferta de un producto académico de calidad busca nuevas alternativas y estrategias, con técnicas, métodos y modelos de enseñanza aprendizaje actualizados y el fortalecimiento de la autoridad académica.

Una de las causas del fracaso académico es la elevada carga y saturación de trabajo en el estudiante, debido a la falta de opciones en la rigidez del sistema y por el número y la dificultad de las materias por semestre.

La flexibilidad de la oferta académica es una cualidad que se expresa en la forma de operar el plan de estudios, de tal manera que tengan acceso el mayor número posible de personas. Es una alternativa mejorada del sistema universitario, operado en la modalidad de créditos, lo que permite al estudiante elegir y planear por período su propia carga académica, según sus capacidades y necesidades, así: actividades extra-académicas, necesidades laborales, estudios en el exterior, periodos de práctica, etc. con un modelo organizativo, mucho más abierto y dinámico, con un campo de acción dentro de unas limitantes más amplias, de acuerdo con las necesidades contemporáneas de los clientes del servicio de educación.

## Introducción

El informe de la UNESCO sobre la educación para el siglo XXI [1] señala el concepto de “educación durante toda la vida o educación permanente”, el cual incorpora las características de calidad, flexibilidad, diversidad y accesibilidad en tiempo y espacio, de los métodos de enseñanza en la educación superior. Es un concepto que permite y favorece la formación continua de los individuos, la actualización en su disciplina profesional y su crecimiento intelectual, lo que demanda desarrollar la capacidad de aprender a aprender [2]. También plantea que la educación superior tiene que adaptar sus estructuras y métodos de enseñanza a las nuevas necesidades [3]. Se trata de pasar de un paradigma centrado en la enseñanza y la transmisión de conocimientos a otro centrado en el aprendizaje y el desarrollo de competencias transferibles a contextos diferentes en el tiempo y en el espacio. En el documento aprobado en la Conferencia Mundial sobre Educación Superior celebrada en París [4] se evidenció la necesidad de contar con sistemas de educación más diversificados, los cuales, mediante un nuevo modelo educativo centrado en el estudiante, ofrezcan una amplia gama de posibilidades de educación y formación. Esta nueva visión incluye una enseñanza superior caracterizada por su dimensión internacional, donde los idiomas extranjeros y sobre todo las nuevas tecnologías de la información y la comunicación sean estrategias fundamentales [5] [6].

## Justificación

Se aprecia en nuestras instituciones, que entre los factores que tienen mayor relevancia sobre el fracaso académico para algunos estudiantes es la distribución del uso del tiempo [7] y por consiguiente la elevada carga académica en la forma como lo ha concebido el sistema semestralizado, bajo la única alternativa de ofrecimiento de un número de cursos impuestos al estudiante en un semestre regular; el grado de exigencia que tiene cada uno de ellos y la acumulación de sus procesos evaluativos es ascendente en el tiempo durante el período académico. Esto conlleva a una saturación de trabajo académico en el estudiante [8] debido al volumen de información, de estudio y de análisis que debe asimilar y hacer para aprobar los cursos, convirtiéndose así el proceso formativo como un hecho violatorio de la integridad del individuo. El objetivo académico se ha volcado: ahora se trata de rescatar lo que se pueda; pues finalmente, la ideología transmitida al estudiante, es que el objetivo se mide por el resultado de

una nota, antes que verificar el real proceso de aprendizaje. La respuesta del estudiante es un hecho natural de defensa biológica que produce un bajo rendimiento académico manifestado por: la pérdida de materias, conocimiento pobre de los contenidos, aumento en la cancelación de materias, ausentismo frecuente en las clases, fraudes en los exámenes, etc.

El docente como conductor y fuente del conocimiento también manifiesta problemas de incompatibilidad en la rigidez del sistema actual de oferta, con la sincronización temporal en el uso de los espacios de acción, en cuanto al desempeño académico, programas de capacitación e investigación, asesorías, periodos sabáticos, pasantías, intercambios.

El aprendizaje como función de la logística se deteriora por una alta concentración de la demanda de los recursos académicos (aulas y profesores, computadores, biblioteca, parqueaderos), durante periodos académicos y la subutilización de éstos, en los períodos restantes.

## **Flexibilización de la oferta académica - características y ventajas**

La búsqueda de una educación superior con calidad exige una transformación de la universidad, redefinición de sus procesos, principios, políticas, estrategias, organización, operación y gestión [9] [10] [11], haciendo cambios a espacios más amplios y flexibles, enfatizando la necesidad de demoler paredes de rigidez de los sistemas tradicionales, modificando la distribución y formas de ejercicio del poder de las instituciones [2].

Considerando que los productos académicos fundamentales de una institución Universitaria son los cursos convocados en la definición de un plan de estudios dentro de un programa académico y que tienen características que lo determinan dentro de un espectro de productos, que además le dan la oportunidad de ser flexible dentro de unas capacidades funcionales, logísticas y temporales de la institución y sus docentes, el concepto de crédito académico [12] toma mayor validez con el planteamiento de una propuesta de flexibilización en la oferta de cursos, es decir la programación de una misma unidad de enseñanza-aprendizaje en diversas modalidades de duración, intensidad, inicio y finalización [13], dando al alumno una posibilidad para seleccionar y organizar su carga académica [14] acorde con situaciones, preferencias, posibilidades y habilidades, permitiendo a los estudiantes configurar una formación universitaria acorde, comprometiéndolos más con su crecimiento profesional, eliminando las fronteras temporales entre semestres y proponiendo nuevas escalas de tiempo adicionadas en el período académico de mayor duración, dentro de una integración de actividades como dirección de cursos, contenido, planeación y programación, asignación de recursos y el aprovechamiento máximo de éstos, de tal forma, que la cátedra se valore como un producto con características propias de calidad, de presentación, de demanda y de beneficios para los estudiantes, profesores y por ende de la misma institución.

La propuesta de oferta flexible contempla considerar cortes de períodos académicos anuales, donde el estudiante conoce de antemano los cursos que la Universidad ofrece y sus requisitos, los cuales busca distribuir de una manera más acorde en modalidades con las necesidades individuales [8], [15].

Con los docentes, se busca que puedan manejar mejor del tiempo para participar de forma integrada con los estudiantes, la institución y sus actividades complementarias de investigación y capacitación.

En la institución se proyecta un mejor aprovechamiento y mayor acceso de los recursos logísticos, debido a la rotación constante de estudiantes de un curso a otro, evitando momentos de congestión en admisiones, aulas, biblioteca, salas de cómputo, etc. Presentando más alternativas para el proceso de aprendizaje.

## **Marco de referencia**

El concepto de calidad se deriva de un concepto ambiguo que refleja la necesidad de construirlo socialmente [16] de conformidad con las exigencias sociales del cliente [2]. Entonces la propuesta de flexibilización de la oferta académica, se ajusta a la filosofía del Justo a Tiempo (JIT) y se resume con el postulado de darle al cliente

(aprendiz) lo que el quiere, como lo quiere y cuando lo quiere [10]. En tal sentido la estrategia es eliminar desperdicios tales como tiempo, recursos logísticas y recursos académicos, para reducir los costos de la educación mejorando la calidad de esta como parte de la tendencia mundial en esa dirección.

El sistema de créditos, definido en el capítulo II del decreto 2566 [12], es el instrumento utilizado para medir los logros de aprendizaje que realiza el estudiante. Sirve para darle valor en unidades de tiempo presencial y otro tiempo independiente a cada una de las materias que incurren en el plan de estudios. La sumatoria de ambos representa el tiempo real que un estudiante debe disponer durante una semana para cumplir con todas sus actividades académicas, sin incluir las destinadas a la presentación de las pruebas finales de evaluación. En el fondo se permite a las instituciones romper la rigidez de sus estructuras, metodologías, modelos y hacerlas más optimas; presentando una oportunidad para que la institución ofrezca alternativas de formación para los estudiantes de acuerdo con sus intereses, necesidades, tiempo de dedicación y oportunidades, ligado a ciertas formas y grados de flexibilización, donde un estudiante al tener claras sus capacidades y expectativas podría llegar a organizar y distribuir en el tiempo su propio programa académico partiendo del número de créditos que sea capaz de cursar en los diferentes períodos y modalidades que ofrezca la universidad.

### Incidencias:

Al mirar el concepto de la propuesta desde la misión de la Universidad y desde el punto de vista de la formación de un profesional íntegro, la flexibilización actúa sobre las posiciones y disposiciones que cobijan el desarrollo de diversas estrategias que fomentan el sentido de responsabilidad y la autonomía en la búsqueda del conocimiento. Es necesario considerar que la propuesta de flexibilidad de la oferta académica, tiene el objeto de calidad sobre cada uno de los estamentos involucrados en ella [16], por lo tanto tiene una cantidad de implicaciones [2] las cuales le dan fortaleza al sistema académico a favor del estudiante, docentes e institución [17].

La actividad académica necesariamente gira en torno a factores culturales, psicológicos, económicos, problemáticos, logísticas, académicos, de proyección social, entre otros; que en buena parte intervienen en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Además cada curso de acuerdo con las características pedagógicas se define dentro de unos modelos pedagógicos [23] propios, con modalidades de intensidad, duración y relación con otros. La transformación metodológica debe ser propia para cada uno de los cursos [17] teniendo en cuenta su grado de dificultad, el tiempo necesario para la asimilación de los contenidos, su grado de "mortalidad" y sus procesos evaluativos, dando diferentes opciones de escogencia según las habilidades, deseos, necesidades y preferencias de cada estudiante; siendo necesario definir las características de oferta, además de las características propias: número de créditos, intensidad horaria semanal, presencial y no presencial, intensidad horaria semestral, co-requisitos, pre-requisitos, modelo pedagógico, recursos académicos necesarios, características del docente, código, fecha de inicio y finalización de cada curso, Intensidad horaria semanal, aulas donde se desarrollaran los cursos dependiendo directamente de la funcionalidad (Laboratorio o aula de clase) y el ritmo de estudio de cada estudiante.

La investigación es un factor de autoridad académica que da reconocimiento y acreditación de calidad en la función del aprendizaje. Por lo tanto, es necesario abrir espacios para la realización de esta actividad a profesores y estudiantes; en programas de maestrías, doctorados, publicación de artículos y libros combinados con el quehacer académico.

La apertura de la educación a la sociedad incluye la movilidad [2], entendiéndose como la posibilidad de que los estudiantes y los profesores pueden circular a través del sistema de educación superior global, incluyendo la posibilidad de que el estudiante realice intercambios con otras universidades nacionales e internacionales en cualquier época de la vida de académica como en semestres de práctica o que pueda participar en otras actividades como investigación, desarrollo de proyectos, estudios de un segundo idioma, etc.

Con un sistema de oferta flexible, la disponibilidad de recursos pedagógicos y logísticos permitiría una mayor rotación de los estudiantes, haciendo que los procesos masivos se realicen en forma más continua o más distribuida, evitando congestiones en estos sistemas [18].

Se puede decir que el aprendizaje centrado en el estudiante, depende de factores como: Concentración, memorización, tranquilidad, comprensión, también el dominio personal de habilidades y técnicas de estudio y estrategias de aprendizaje [9], también variables situacionales, como actividad, dificultad, herramientas, etc. Un ambiente de aprendizaje distribuido ayuda a potencializar estos factores, incluyendo componentes de educación a distancia, educación abierta e inclusive clases en tiempo real.

Este enfoque da a los profesores o instructores, la flexibilidad para organizar sus ambientes de enseñanza-aprendizaje con mayores espacios, de manera que se apoye las necesidades de una población de estudiantes muy diversa, así como de proveer una educación de calidad a un costo adecuado.

La disponibilidad del recurso humano, es otro de los aspectos involucrados en la flexibilización, en lo que se refiere al proceso de consecución y contratación de los profesores de acuerdo a la demanda, habilidades, condiciones, disponibilidad y oportunidad de los docentes.

## Conclusión

Como respuesta a esta problemática, **la flexibilidad de oferta**, es una cualidad que se expresa en la forma de operar el plan de estudios, de tal manera que tenga acceso el mayor número posible de personas. Dicho de otra forma, es una alternativa del sistema operado en la modalidad de créditos, lo que permite al estudiante elegir y planear por período su propia carga académica con un modelo organizativo mucho más abierto y dinámico, con un campo de acción dentro de unas limitantes más amplias. El propósito fundamental es optimizar los recursos del estudiante, profesores y la universidad; es buscar que cada estudiante tenga su ritmo de estudio según sus capacidades, actividades extra-académicas como necesidades laborales, estudios en el exterior, periodos de práctica y otras opciones para tomar y desarrollar los cursos que cobijan su plan de estudio.

## Referencias

1. Delors Jackes y otros; *“La Educación encierra un Tesoro”*; 1996; México; ediciones UNESCO.
2. Nieto, L; *“La flexibilidad curricular en la educación superior, Algunas perspectivas para su análisis”*; 2002; México, <http://ambiental.uaslp.mx/docs/LMNC-PN-0210-flexcurr.pdf>
3. Niño Diez, J.; *“Plan decenal de educación 1996-2005”*; Ministro de educación Nacional.
4. UNESCO, *“Conferencia Mundial sobre Educación Superior”*, 5-9 de octubre de 1998; Paris.
5. Salinas, J.; De Benito, B. y Pérez i Garcías, A.; *“A flexible distance teaching project in higher education: Campus Extens”*; 2001; Comunicación. EDMEDIA'01. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications. 25-30 de junio. Tampere (Finlandia).
6. Salinas, J.; *“Enseñanza flexible, aprendizaje abierto. Las redes como herramientas para la formación”*; 1997; Edutec, nº 10, 02/99.
7. McMeekein, R.W.; *“La investigación al servicio de la educación: Tiempo y aprendizaje”*; CIDE/REDUC, Boletín 30; Abril 1993.
8. Leite, Analía E. - C. de Zurita, Nilda J; *“Representaciones Sobre el Éxito y Fracaso Académico en Alumnos Universitarios”*; Instituto de Ciencias de la Educación -Facultad de Humanidades Chaco -Argentina [www.unne.edu.ar/cyt/humanidades/h-028.pdf](http://www.unne.edu.ar/cyt/humanidades/h-028.pdf)
9. Polley A. McClure; *“What Will Transformation Mean for Traditional Universities?”*; Technology and Learning; virginia.edu Volume I, Number 2, Fall 1997; <http://www.itc.virginia.edu/virginia.edu/fall97/trans/all.html>
10. Díaz V, Mario; *“Flexibilidad de la Educación Superior en Colombia: Proyecto Estándares Mínimos de Calidad”*; 2002; ICFES (Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior); Bogota D.C

11. Salinas, J.; «¿Qué se entiende por una institución de educación superior flexible?»; 2000; En: Cabero, J.; Salinas, J. et al (coord.). Las nuevas tecnologías para la mejora educativa. Kronos. Sevilla. ISBN: 84-85101-25-1. Pág. 451-466.
12. Uribe Vélez, A; “Decreto 2566”; Septiembre 10 de 2003, Bogotá D.C.
13. Ministerio de educación Nacional República de Colombia; “La Revolución Educativa -Plan Sectorial 2002 2006”; Marzo 2003; Santa Fe de Bogotá. [http://www.mineducacion.gov.co/documentos/PlanSectorial\\_2002\\_2006.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/documentos/PlanSectorial_2002_2006.pdf)
14. Montoro, M; De Torres Curth, M; “Estilos de atribución causal de éxito o fracaso de alumnos de matemática de primer año de la Universidad”. Un trabajo exploratorio; Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México), Vol. XXVII, No. 4, pp. 77-90 <http://www.cesu.unam.mx/iresie/revistas/cee/R-97/R4-97/R4-97%20WEB/05infor2.htm>
15. Salinas, J.; “Nuevos ambientes de aprendizaje para una sociedad de la información”; 1.997; Revista Pensamiento Educativo. PUC Chile. 20, 81-104.
16. Casassus, J; “Lenguaje, Poder y Calidad de la educación”; BOLETIN PROYECTO PRINCIPAL DE EDUCACIÓN EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE; Diciembre 1999, No. 50; Pág. 47.
17. Salinas, J.; «¿Qué se entiende por una institución de educación superior flexible?». 1999; Comunicación presentada a Edutec’99, Sevilla. ISBN: 84-89673-79-9.
18. Hidalgo, N.; Arrabal, M.; Salinas, J.; «Centros de recursos multimedia para la educación flexible y a distancia»; 1999; Edutec’99, Sevilla. ISBN: 84-89673-79-9.
19. Dolmce, M. G., & Norris, D. M.; “Transforming higher education: A vision for learning in the 21st century”;. Society for College and University Planning. (1995).
20. Marín, F; Delgado, J; “Las técnicas justa a tiempo y su repercusión en los sistemas de producción”; 2000; Economía industrial, No 331; Ministerio de Ciencia y Tecnología; Madrid.
21. Salinas, J. y Sureda, J.; “Aprendizaje abierto y educación a distancia”; 1992; European Conference about Information Technology in Education: A Critical Insight. Proceedings. Congreso Europeo T.I.E., Barcelona. Pág. 677-686.
22. Salinas, J. “Cambios en la comunicación, cambios en la educación”; (1995); En: Cabero, J, Villar Angulo, I. M. (Coord): Aspectos críticos de la reforma educativa. Universidad de Sevilla, Sevilla.
23. Salinas, J.; “Redes y educación: Tendencias en educación flexible y a distancia”; 1998; En: Pérez, R. y otros: Educación y tecnologías de la educación. II Congreso Internacional de Comunicación, tecnología y educación. Oviedo. pp. 141-151.
24. Universidad Autónoma del Estado de Morelos; “Elementos básicos de la flexibilidad”; <http://www.uaem.mx/noticias/notas/lineamientos.html#ele>



# La Formación de Ingenieros: Reglas para el Diálogo entre la Academia y el Mercado

Ing. Julio César Cañón Rodríguez,  
Profesor Asociado  
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

## Resumen

Las tensiones resultantes de la aproximación de la educación superior con el mercado trasladan su efecto al diseño, gestión y evaluación de las instituciones y sus programas en expresiones tan diversas como la definición de contenidos y niveles de formación, la duración nominal de los planes de estudio, los esquemas de admisión de estudiantes y relaciones con los profesores y, por supuesto, resultan determinantes en la definición de políticas académicas y en la asignación de recursos para investigación y proyección social.

El carácter neurálgico de las relaciones entre los valores tradicionales y los intereses estratégicos de la formación académica de los ingenieros y las exigencias del entorno, fuertemente influenciadas por la dinámica del mercado, su lenguaje y sus tácticas; justifica una evaluación de gran alcance para definir las condiciones en las que este contacto pueda beneficiar tanto a la calidad de los programas como a las expectativas de la sociedad frente al ejercicio de la ingeniería.

## Los puntos de la agenda del cambio

La simultaneidad de las preocupaciones mundiales por reformar la educación superior sugiere que las propuestas de reestructuración hacen parte de un fenómeno integrado a un proceso económico, político y cultural más amplio: la globalización, en el que las perspectivas nacionales se desvanecen. Frente a este fenómeno conviene tener precauciones con la euforia de *universalismo* que tienda a resaltar las semejanzas formales y soslayar los contextos cuando se adoptan las soluciones de otros países para superar los problemas educativos propios, confiando en que políticas diseñadas en un ambiente socioeconómico y cultural específico pueden trasplantarse acríticamente a otro.

La agenda de la educación superior en Colombia tiene como prioridad superar las limitaciones de acceso y los problemas de equidad, para acercarse a la sociedad de la información y el conocimiento, a través de sistemas de aprendizaje permanente que puedan ofrecer, gracias a la integración a redes tecnológicas y profesionales, un adecuado soporte para atender la demanda proveniente de mercados de trabajo cada vez más flexibles.

Las estrategias y recomendaciones de los organismos multilaterales de crédito<sup>1</sup> para una reforma de la educación superior en el país están centradas en cuatro asuntos esenciales: Asegurar una clara y progresiva gobernabilidad que facilite el diseño y puesta en marcha de nuevas políticas educativas; incentivar y asegurar la calidad permitiendo la creación de organismos de acreditación privados, homologados por el Consejo Nacional de Acreditación; ampliar la matrícula en programas técnicos y tecnológicos mientras se aumenta la disponibilidad y calidad de la formación en posgrado, en especial en el nivel doctoral, y mejorar las condiciones de cobertura y equidad en el acceso mediante la puesta en marcha de un sistema de financiación de instituciones públicas, basado en el desempeño, que premie a las de altos niveles de rendimiento y calidad.

## El estado evaluador y las demandas del mercado

La educación no solamente constituye un elemento importante de la actividad del Estado en las sociedades modernas sino que ha desempeñado un papel significativo en su proceso de formación, de tal manera que los cambios actuales de la política educativa pueden relacionarse con una redefinición de la naturaleza del Estado y con la reorganización de sus relaciones con la sociedad civil.

<sup>1</sup> A propósito puede consultarse el estudio del Banco Mundial "La Educación Terciaria en Colombia. Preparar el terreno para su reforma", cuya primera edición en inglés fue publicada en abril de 2003 como resultado de una evaluación realizada durante el período 2000 - 2001.

Las nuevas propuestas fomentan la idea de que las responsabilidades de la educación corresponden, en gran medida, a los individuos y las familias. Se reduce paulatinamente el ámbito de actuación del Estado y la sociedad civil se asimila a un mercado y, en consecuencia, la defensa de los derechos de los consumidores sustituye al compromiso con los derechos de los ciudadanos. En esta transición algunas responsabilidades de la educación se transfieren a la esfera privada, mientras otros se convierten en objeto de inspección y vigilancia estatal, minimizando cualquier debate académico previo y así, en tanto que en muchos aspectos de la educación superior el Estado evaluador es casi invisible, en otros se revela poderoso e incluso autoritario.

El modelo evaluador idóneo desde la perspectiva de la racionalidad económica, en el que la educación se perfila como un bien de consumo cuya regulación y distribución eficiente y eficaz debe ser definida por la política educativa, está apoyado en tres componentes: el privilegio de los objetivos económicos; el mercado como referente único con un discurso plegado a los valores y vocabulario de los negocios y, por último, la administración centralizada del sistema, por medio de la cual la educación queda bajo el control directo de los órganos gubernamentales. En este modelo los indicadores de rendimiento, basados en la competencia como medio para evaluar los resultados educativos, permiten un examen eficaz de los gastos y la productividad en las instituciones de educación superior.

En el Estado evaluador gana simpatías la evaluación a posteriori. El lugar del acento en la evaluación indica una significativa evolución de la relación entre el Estado y el sistema educativo. Si no importa el proceso mediante el cual puedan alcanzarse los objetivos, si solo tienen interés para el evaluador los resultados, las preocupaciones por la igualdad de acceso y oportunidades son desplazadas al redefinir los propósitos de la formación en el dominio de la economía, al margen de la demanda social y los intereses individuales.

El privilegio de los objetivos económicos puede distanciar a la educación superior de otros compromisos sociales y culturales. Las demandas del mercado trasladan a los procesos de formación elementos de regulación propios de la esfera de la producción, reclamando diseños curriculares para producir trabajadores flexibles, polifacéticos e innovadores, apartados de la producción en masa y orientados hacia mercados sectoriales producto de la especialización laboral. Por esta vía las señales del mercado controlan los estilos de dirección, el diseño curricular, las estrategias pedagógicas y, desde luego, los instrumentos de evaluación.

Las frecuentes manifestaciones sobre la falta de eficiencia y productividad de la educación superior son difíciles de contrarrestar si se considera que los esfuerzos en el fomento y cualificación de la educación superior en el país no se reflejan en las condiciones generales de vida de la sociedad<sup>2</sup> y no han sido especialmente sensibles a las demandas de las empresas y la industria. Por otra parte, las reformas educativas tienen el atractivo de que sus resultados no son evidentes en el corto plazo y a diferencia de las reformas emprendidas en otros frentes de la vida nacional son aparentemente saludables e inofensivas.

## Orientación gerencial en la academia

Las disposiciones sobre evaluación, acreditación y aseguramiento de la calidad proporcionan un poderoso instrumento para dirigir las instituciones, a través de nuevos organismos intermediarios, cuerpos de asesores, consultores y delegados que dan paso a un nuevo modelo de dirección ejecutiva de las instituciones de educación superior y aumentan la importancia de los *gabinetes* vinculados a las instancias responsables de su orientación.

El carácter del trabajo de los directivos de las instituciones de educación superior está cambiando, y seguirá haciéndolo en el futuro, como consecuencia de los giros en la política y sus funciones se parecen cada vez más a las de los gerentes y ejecutivos del mundo empresarial. Deben ocuparse menos que antes de las funciones de liderazgo relativas a la formación de los estudiantes y dedicar más tiempo a la gestión; en la era de los gerentes en

<sup>2</sup> El Informe Mundial de Desarrollo Humano entregado a mediados del mes de julio de 2004 reveló cifras según las cuales Colombia retrocedió en el índice de desarrollo que pondera la longevidad, la calidad de la educación y el nivel de ingreso per cápita. Así mismo, señala dicho informe del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD que el país está dentro de los diez más inequitativos del mundo en lo que a la distribución del ingreso se refiere. Con un 0,2% del PIB destinado a la investigación científica y una disminución en el último año del 15,6% en el presupuesto nacional asignado a las academias, el país tiene serias dificultades para desarrollar educación superior de calidad y fortalecer en investigación como parte de la respuesta integral frente a la pobreza y el atraso.

la educación superior no se reclama de los directivos que sean generadores de iniciativas de desarrollo académico, es más que suficiente si son hábiles generadores de recursos. Ref. [5]

Los programas de formación de ingenieros, por la naturaleza de su dotación material y desarrollo práctico, se enfrentan a singulares riesgos financieros y a una competencia exacerbada. El trabajo de proporcionar información especializada de una manera accesible a cada persona en función de su edad, nivel de desarrollo y conocimientos previos es atendido cada vez con mayor solvencia por otro tipo de redes y tecnologías de comunicación que incluyen canales de televisión dedicados a la divulgación científica y tecnológica, y un número abrumador de direcciones y revistas electrónicas destinadas a instruir y especializar a las personas.

Se extiende la sensación de que la preparación que puede dar un programa de pregrado en ingeniería tiene como propósito central el mejoramiento de las opciones de vinculación al mundo laboral, advirtiendo que las variables que gobiernan esa vinculación están por fuera del control de las instituciones y los programas. Esta incertidumbre del horizonte laboral refuerza la propuesta de preparar a los estudiantes para que sean consumidores permanentes de productos del sistema educativo, a través de ofertas de educación continuada y estudios de posgrado que de esa manera se convierten en nuevos factores de exclusión y diferenciación, mientras se mantienen al margen de la escrupulosa lectura de condiciones de calidad y pertinencia que se ejerce sobre los programas de pregrado.

Los directivos universitarios enfrentan crecientes presiones de distintos colectivos sociales y, en sana lógica, el éxito de su gestión está relacionado con el resultado de las transacciones que realicen con cada uno de esos grupos. Sus responsabilidades incluyen ahora el *lobby*, la atención de los proveedores y la vigilancia sobre las estrategias de mercadeo que aspiran a utilizar la educación superior para legitimar los intereses y afanes de las industrias y empresas, tanto locales como multinacionales. La docencia y la investigación atraen la atención de empresarios e industriales para acercarlas a sus intereses de preparación de los trabajadores que precisan y promover la investigación que contribuya a resolver, preferiblemente a bajo costo, los problemas urgentes de sus negocios y empresas.

Naturalmente un ambiente gerencial en la dirección de los programas de formación facilita el acondicionamiento a las demandas y especificaciones del mercado de aspectos tales como la definición de contenidos curriculares, la asignación de recursos educativos y materiales didácticos, la naturaleza de las tareas y proyectos, las modalidades de clasificación de los estudiantes, las clases e instrumentos de evaluación, el papel de los profesores y las formas de gobierno y participación. La gestión curricular en el marco de las relaciones de las instituciones con el mercado pierde toda inocencia; a través de los proyectos, tareas y prácticas profesionales pueden privilegiarse determinados productos, presentarse ciertos aspectos de interés o favorecer algunas destrezas y valores mientras se niegan, deforman u ocultan otros. Por este mismo camino, en el corto plazo, las decisiones sobre vinculación y capacitación de profesores, así como sobre admisión y permanencia de los estudiantes en los programas estarán presididas por el valor de la relación beneficio - costo.

## Las altas responsabilidades docentes

La exigencia de profesores con mayor bagaje cultural para la educación superior es de señalada urgencia, dada la gran complejidad de las expectativas sociales y la rapidez con la que se producen nuevos conocimientos. Si en otras épocas la divulgación de la información era más difícil y se realizaba lentamente, una de las características definitorias de nuestro tiempo es la enorme cantidad de información que se genera y las presiones e intereses para acelerar su difusión y comercialización.

La neotenia<sup>3</sup> residual en los jóvenes que llegan a las aulas universitarias refuerza la percepción de que cuanto más tiempo dure el enlace orgánico de los estudiantes con profesores solventes en su saber específico y bien formados para la orientación de su aprendizaje, habrá más probabilidades de éxito para la gestación en la matriz cultural que provee la educación superior, con ganancia de ricas determinaciones simbólicas, con el lenguaje como la

<sup>3</sup> El término neotenia es una notación antropológica que hace referencia a la condición de plasticidad o disponibilidad juvenil al aprendizaje, gracias a la cual es posible continuar en las aulas el proceso de formación integral del ser humano.



primera de ellas. La educación superior es un intento de complementar y enriquecer la experiencia personal y una manera de proporcionar a los jóvenes algunas herramientas simbólicas que les permitan encontrar combinaciones y derivaciones inéditas. Ref. [3]

Docentes de sólida preparación pedagógica, inscrita en una muy amplia cultura y conocimiento del entorno socioeconómico, podrán contribuir al objetivo de formar individuos capaces de aprender por sí mismos y de insertarse en el escenario mundial sin perder de vista las necesidades y carencias locales y nacionales.

Las nuevas necesidades del mercado presionan a los programas para formar seres humanos competitivos, individualistas, flexibles, capaces de acomodarse a los cambios, aptos para trabajar y competir en equipo y con destrezas útiles para *venderse* en el mundo laboral. En este tránsito de intereses se pasa de una estrategia que en sus discursos ve en el mercado un estímulo para elevar la calidad y eficiencia de la educación, a otra que promueve lo nuevo, de manera excluyente, como única opción. Ref. [5] Es posible que los estudiantes, e incluso algunos profesores, asuman que todo lo que no tenga fecha reciente es algo de escasa utilidad e importancia y en las aulas es fácil que, aún sin pretenderlo, esa misma actitud se emplee para la toma de decisiones sobre los contenidos de las asignaturas y las referencias bibliográficas, estimulados por el prurito de la innovación a ultranza. En este punto cobra mayor importancia la madurez y amplitud de criterio de quienes tienen a su cargo la orientación de los jóvenes.

La omnipresencia de Internet y las comunicaciones vía satélite, los avances de las corporaciones mundiales de software, biotecnología, nanotecnología y tecnologías de energía alternativa, modelan el nuevo orden económico mundial y han convertido las universidades en empresas que negocian patentes, en agencias de marketing o en sólidas firmas consultoras. La proliferación de la instrucción a distancia y virtualizada<sup>4</sup> basada en el uso de redes de computadores y equipos de simulación apunta en la dirección de reducir el número de horas de trabajo presencial de estudiantes y profesores mientras fomenta el autoaprendizaje y plantea serios interrogantes sobre el nuevo papel de los docentes en el proceso formativo.

## Los programas de ingeniería: Escenarios para la reflexión

No existe, o al menos no se conoce, una agenda organizada para analizar el efecto del influjo del mercado en las aulas de los programas de ingeniería. En consecuencia, sin una revisión juiciosa por parte de los académicos avanza la fusión progresiva de la pedagogía con los procesos productivos. La educación superior ha sido reducida a un subsector de la economía, y con el entusiasmo sin freno de la tecnolatría los programas aspiran a concentrarse en una alucinante pedagogía de entrenamiento con imágenes<sup>5</sup> de ciberusuarios universales. Ref. [2]

En el inaplazable diálogo entre la academia y el mercado la educación superior, de acuerdo con su vocación y en virtud de su esencia, debe ser el lugar en el que se ejerce el derecho inalienable a la crítica pública de todas las tendencias, los poderes y las presiones sociales sobre los procesos de formación. Expuestas a convertirse en sucursales de consorcios y de firmas internacionales las instituciones de educación superior deben dilucidar en qué medida la organización de la investigación y la docencia debe ser, directa o indirectamente, controlada por intereses comerciales e industriales. Ref. [1]

La reflexión de los programas de ingeniería en busca de una aproximación equilibrada y respetuosa con las demandas del mercado tecnológico y laboral podría incluir el examen de ciertos interrogantes: Las promesas institucionales de formación integral y compromiso social ¿deben dar paso a la atención de las necesidades

<sup>4</sup> La XXII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería, convocada por ACOFI en septiembre de 2002 se ocupó de "La Internacionalización y la virtualidad en la formación de ingenieros". Las memorias del evento contienen importantes aportes de académicos nacionales y extranjeros a propósito del potencial, las limitaciones y exigencias metodológicas y logísticas para el uso adecuado de estas formidables herramientas de aprendizaje y enseñanza.

<sup>5</sup> La Industria de la e-ducación es un sector de la economía donde coinciden oferta y demanda de productos y servicios provenientes de la industria de *tecnologías de información y comunicaciones (TICs)* y de la *educación*. Existen dos sectores sumamente atractivos dentro de la Industria de la e-ducación: la Industria de Contenidos y la Industria del Aprendizaje en Línea. La primera hace referencia a todas aquellas actividades económicas ligadas al desarrollo de contenidos educativos digitales, ya sea para la world wide web (www) o para su distribución física, a través de software educativo en soporte magnético. Entre los segundos se encuentran todos aquellos contenidos educativos digitales distribuidos a través de soportes magnéticos, con su propia lógica de producción, envasado, distribución y venta. La *validación y certificación* toman fuerza como mecanismo para que los cursos de capacitación, a distancia o semipresenciales sean aceptados social e industrialmente.

específicas de capacitación y las competencias laborales? ¿Los programas de ingeniería deben limitarse a proveer el entrenamiento básico para atender las demandas de operación de corto plazo de las instalaciones, proyectos y procesos industriales? ¿El alcance de los *productos* denominados programas de pregrado debe minimizarse para justificar la educación continuada y los posgrados como una especie de *servicio de mantenimiento posventa*?

Igualmente urgente e importante es la opinión de las Facultades y Escuelas de Ingeniería acerca de temas medulares como la caracterización de los nuevos paradigmas de gestión universitaria, la necesidad de definir políticas y programas permanentes de preparación y evaluación de docentes y la adopción de criterios de selección, admisión y evaluación de estudiantes que contribuyan a mejorar la calidad de los programas y a recuperar la confianza de la sociedad en la ingeniería.

## Referencias

1. DERRIDA, J. Universidad sin condición. 2001, Editorial Trotta. Madrid, págs. 14 - 18
2. IMBERNÓN, F. (Coord), BARTOLOMÉ, L. y otros. La educación en el siglo XXI. Los retos del futuro inmediato. 1999, Biblioteca de Aula, Barcelona, págs. 101 - 114
3. SAVATER, F. El valor de educar. 1997, Ariel. Bogotá, págs. 21 - 28
4. TORRES, J. Educación en tiempos de neoliberalismo. 2001, Ediciones Morata. Madrid, págs. 185 - 192
5. WHITTY, G; POWER, S; HALPIN, D. Devolution and choice in education. The School, the State and the Market. 1998, Open University Press. Buckingham, págs. 55 - 63



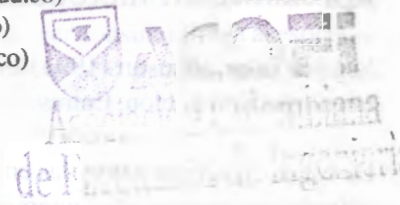
# La Investigación – Acción Participativa en la Enseñanza de la Ingeniería: Presentación de una Experiencia

Beatriz Nicholls Estrada (bnicholls@conexiones.eafit.edu.co)

Jorge Iván Vélez Castiblanco (jivelez@eafit.edu.co)

Gustavo Adolfo Villegas López (gvillega@eafit.edu.co)

Universidad EAFIT



## Resumen

El presente trabajo sintetiza la experiencia al incorporar la metodología de Investigación–Acción Participativa en la asignatura Mantenimiento Productivo Total (TPM) durante el primer semestre de 2004. Para ello, se eligió una de las tácticas en las que se fundamenta el TPM (Las 5-S) y se instauró en el departamento de Servicios Generales de la Universidad. El objetivo que se buscó fue acompañar la experiencia en un contexto de investigación en el cual, el interés mayor no está en el resultado sino en el proceso y el aprendizaje obtenido de ello.

La población del curso estuvo conformada por alumnos de los últimos semestres de Ingeniería Mecánica que eligen su énfasis en Mantenimiento, y por ingenieros que adelantan la Especialización en Mantenimiento Industrial de la Universidad. Para la experiencia, estos estudiantes conformaron equipos de trabajo en conjunto con los empleados adscritos al departamento de Servicios Generales desde donde inició y se acompañó el cambio de cultura.

Entre los resultados de esta experiencia se encuentra el aprendizaje por parte del estudiante frente al “saber cómo” liderar, promover y participar en proyectos de Mejoramiento Continuo (KAIZEN) relacionados con la filosofía TPM en las industrias al conjugar la prescripción con la descripción de las distintas tácticas en un escenario real.

## Aproximación teórica: Las 5-s

La práctica 5-S es una técnica empleada para establecer y mantener el ambiente de calidad en una organización. El nombre se inspira en cinco palabras japonesas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke (Osada, 1991) que sintetizan los principios fundamentales de la práctica. Su equivalente en inglés y sus significados se muestran en la tabla 1.

Las 5-S encierran una filosofía profunda, de prácticas simples, que promueve el crecimiento continuo de las personas y, por tanto, el mejoramiento de las organizaciones. Enfoca el trabajo en la efectividad, en la organización del lugar y en los procesos estandarizados de trabajo. Busca mejorar el ambiente, reducir los desperdicios y las actividades que no agregan valor, al mismo tiempo incrementar la seguridad de las personas (Imai, 2003).

La técnica 5-S se ha difundido extensamente en Japón. La mayoría de los japoneses que practican las 5-S las consideran útiles no solo para mejorar su ambiente físico sino también para mejorar sus procesos de pensamiento. Las 5-S pueden ayudar al parecer en todos los aspectos de la vida (Ho, 1999). Muchos de los problemas diarios se pueden solucionar con la adopción de esta práctica. Desafortunadamente, en comparación con otras herramientas de la calidad, esta técnica básica de gran alcance para la mejora de calidad no se conoce ampliamente en el mundo occidental.

Lo más importante para la implementación de cualquier sistema de trabajo, llámese filosofía, técnica, estrategia, es la disciplina que se requiere para adoptar nuevas formas de hacer las cosas. Cuando un grupo de trabajo comienza a ver resultados con las 5-S, se genera un ambiente diferente, ya que este sistema mejora las condiciones laborales, de seguridad y de eficiencia, mejorando el bienestar de los empleados.

La implantación de las 5-S se basa en el trabajo en equipo. Permite involucrar a los trabajadores en el proceso de mejora desde su conocimiento del puesto de trabajo, las personas se comprometen y se valoran sus aportaciones y conocimiento. La mejora continua se convierte en una tarea de todos.

## Aproximación metodológica: La IAP

Según Gill y Johnson (1991) existen cuatro grandes grupos de metodologías de investigación: Experimento, Investigación-Acción, Entrevistas, y Etnometodologías.

De éstas, el experimento y las entrevistas no tratan el problema del fenómeno emergente, ya que todos los factores deben estar prefijados de antemano. Con respecto a las etnometodologías, no manejan el concepto de intervención con el fin de lograr un cambio en la organización; además, presuponen un diseño del instrumento de aproximación totalmente desestructurado, que no permitiría analizar el proceso de intervención.

El caso de la Investigación-Acción combina las características de permitir el análisis de fenómenos emergentes al mismo tiempo que posee la intención de intervenir en las situaciones específicas con el fin de realizar transformaciones. Se diferencia de una consultoría en que a ésta le interesa la transformación pero no la sistematización, es una experiencia con el fin de construir avances en el conocimiento.

Por lo anterior, la Investigación-Acción, se convierte en una herramienta investigativa y metodológica de gran potencial para la academia, ya que, por una parte permite ir desarrollando el conocimiento de herramientas específicas de transformación –en nuestro caso la practica 5-s del TPM – y por otra parte, permite el desarrollo de habilidades de estudiantes involucrados en los procesos. Finalmente, permite concebir el manejo del curso como una Investigación-Acción en sí misma, posibilitando reflexiones que conlleven la mejora de las experiencias pedagógicas.

La Investigación-Acción posee muchas vertientes, entre las que podemos mencionar *el action learning*, *Investigación-Acción Participativa (IAP)*, *action science*, *action inquiry*, y el *cooperative inquiry* (Dash, 1999), vertientes que de alguna manera comparten la construcción cooperativa de conocimiento con todos los involucrados, la reflexión sobre la acción, y el valor que se le da a los relatos del proceso tomando en cuenta el punto de vista de los participantes.

La Investigación-Acción Participativa, en el área educativa presenta una tendencia de cambios al interior del aula, ya no se trata de aprender una “técnica” diseñada, sino de tomar conciencia de los procesos naturales de nuestra mente ante un problema y aplicarlos, de forma más rigurosa sistémica y crítica, atributos básicos del nivel de toda cientificidad.

Dentro de este proceso de trabajo, la metodología de Investigación-Acción Participativa IAP realiza simultáneamente la expansión del conocimiento científico y la solución de un problema, mientras aumenta, igualmente la competencia de sus respectivos participantes (sujetos coinvestigadores), al ser llevadas a cabo en una situación concreta y usando la realimentación de la información en un proceso cíclico. Esta nueva metodología en el aula de clase, representa un proceso por medio del cual los sujetos investigados son auténticos co-investigadores, participando activamente en el planteamiento del problema a ser investigado. De esta manera el alumno, al que se le plantea un problema, podrá tener un vínculo profundo con su objeto de investigación, la información que debe tener al respecto, el método, la técnica a ser utilizada, el análisis e interpretación de los datos, la decisión de que hacer con los resultados y qué acciones se programarán en el futuro.

La actitud del docente y del alumno debe consistir en una postura exploratoria sobre la compleja dinámica del la vida en el aula, que va a girar con relación al planteamiento de un problema en una situación particular, con hechos que se producen en situaciones concretas e involucran a personas concretas, es decir, que se necesita conocer las cosas en toda su especificidad. La idea básica es diseñar una Investigación-Acción Participativa que

girará en torno a la metodología cualitativa, con énfasis en uno de los métodos etnográficos, fenomenológicos o hermenéuticos.

El docente, como primer investigador y guía el proceso a ser llevado a cabo en el trabajo académico, actúa esencialmente como un organizador de discusiones, como un facilitador de procesos, como un catalizador de problemas y conflictos o en su momento como un técnico y recurso disponible para ser consultado. La asesoría se concibe como un proceso de acompañamiento orientado a perfeccionar las capacidades de los alumnos a lo largo de sus prácticas. Dichas prácticas comprenden visitas, reuniones de estudio y asesoría colectiva, tanto en el desarrollo de sus proyectos como en los procesos de aprendizaje.

Los grupos de trabajo preparan un plan que distingue también a este método es que pone ideas en práctica y analiza los efectos de esa práctica, basado en una noción de espiralidad que involucra normalmente cuatro etapas: planificación, acción, observación y reflexión. La IAP comienza con el desarrollo de un plan que describe un cambio para ser introducido y un procedimiento para hacerlo. En la etapa de observación, los efectos de ese cambio se documentan, los alumnos recolectan información, observando y reflexionando sobre lo que en los espacios donde se está realizando la investigación.

## El proceso

La experiencia surgió de una inquietud dentro del desarrollo de la asignatura "Mantenimiento productivo Total" dictada tanto en el pregrado de Ingeniería Mecánica como en la especialización de Mantenimiento Industrial. Tras varios períodos en que en la asignación se consolidó el

conocimiento teórico del área, surge en el profesor Gustavo Villegas la inquietud acerca de acercar sus estudiantes a las dificultades del trabajo de campo, a la dificultad de llevar la teoría a la práctica.

Como la inquietud era sobre como llevar la reflexión académica al problema concreto de realizar mejoras en una situación real, las investigaciones del profesor Villegas lo llevaron a contactar como soporte metodológico a la investigadora Beatriz Nicholls (Línea I+D en Informática Educativa) y al profesor Jorge Vélez (Escuela de Administración) que de alguna manera ya habían tenido algunas aproximaciones a la metodología de Investigación-Acción Participativa.

Conformado así el grupo de apoyo académico, se procedió a continuación, con los alumnos de pregrado y postgrado de la asignatura a establecer un contacto inicial con personas de cargos administrativos asociados con el departamento de Servicios Generales y otras personas relacionadas con medios de comunicación y divulgación de la Universidad para presentar el proyecto de implantación de 5-S e involucrarlos, en la medida en que sea posible, al proceso. La implantación de 5-S se llevó a cabo en 4 etapas que se describen a continuación:

### Primera etapa: Diseño de la IAP

Apoyados en documentación existente y en observaciones previas al lugar donde se centrará el trabajo, los estudiantes tuvieron un acercamiento al problema relacionado con el desorden y el mal aprovechamiento del espacio físico a partir de entrevistas a personas conocedoras de la historia y la realidad del departamento de Servicios Generales.

En esta primera etapa se realizaron las siguientes acciones:

- **Recolección de información** a partir de fuentes primarias y secundarias.
- **Conformación de la COMISIÓN DE SEGUIMIENTO** del proyecto la cual se constituyó con los estudiantes de posgrado (cada uno era líder de un Grupo de Investigación-Acción Participativa -GIAP-) el jefe del departamento de Servicios Generales de la Universidad EAFIT, 2 expertos metodológicos (conocedores de la técnica de Investigación-Acción) 1 experto de industria (con experiencia en implantación de 5S) y el docente.
- **Constitución de los GIAPs** (Grupos de Investigación-Acción Participativa) en los cuales actuaban los estudiantes de posgrado como líderes de cada uno de ellos y los demás integrantes eran un grupo mixto de estudiantes de

pregrado y empleados de servicios generales distribuidos según especialidad (para facilitar la distribución de zonas de trabajo).

### **Segunda etapa: Diagnóstico del lugar**

En esta etapa los alumnos utilizaron los conocimientos teóricos y metodológicos adquiridos para efectuar un diagnóstico del lugar utilizando métodos participativos.

### **Tercera etapa: Presentación y negociación de propuestas**

Se construyeron las propuestas y se contrastaron (negociaron) con las diferentes personas implicadas y con otras de cargos administrativos relacionados.

### **Cuarta etapa: Puesta en marcha y evaluación**

Se ejecutaron las propuestas y se evaluó al final todo el proceso.

## **Resultados preliminares**

El principal objetivo de la experiencia, más que el resultado esperado, era el aprendizaje del proceso seguido. Los alumnos en su formación como ingenieros terminan con muchos “qués” y con pocos “cómos”. La IAP ayudó a que los alumnos descubrieran el “cómo”. Ese “Saber cómo” (Konw-How) es un elemento fundamental para poder replicar la experiencia de implantación de 5-S en otros escenarios.

En un contexto de investigación, unos resultados desfavorables pueden ser un éxito como investigación. Lo importante aquí no es el resultado final sino el aprendizaje alcanzado con la experiencia. Los principales resultados obtenidos luego de terminada la experiencia con los alumnos del semestre 2004-1 fueron:

- Aplicación de los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de la materia con buenos resultados.
- Aprovechamiento máximo de los recursos con los cuales cuenta el área de modo tal que no hubo necesidad de generar gastos innecesarios.
- Obtención de un lugar de trabajo agradable, limpio, ordenado y seguro.
- Elaboración diagnósticos iniciales y finales del lugar de trabajo (especialmente por medio de fotografías), que permitieron comparar y evaluar los resultados obtenidos.
- Aplicación exitosa de las tres primeras S, y fundación de las bases para la implementación de la cuarta y quinta S.

Como principal logro se puede mencionar la gran cantidad de información recogida y documentada, vital para el diagnóstico y la planeación de las siguientes etapas del proyecto. Esta información permitirá apreciar de manera más detallada el verdadero alcance del proyecto y los recursos humanos, físicos y económicos necesarios. Consideramos que a partir de dicha información se cuenta con un punto de partida idóneo para la ejecución del proyecto. Dicha recopilación de información se une al propósito de la Investigación-Acción de generar conocimiento, en este caso se generó un registro documentado de las acciones, actividades y problemas presentados durante la realización del proyecto, acompañados de un análisis tanto en el ámbito de la implantación de TPM como en el del diseño de experiencias pedagógicas de Investigación-Acción.

## **Futuro del proceso**

Desde un marco global, el proyecto de 5'S está demarcado por un espacio de trabajo propicio para la función que se pretendía desarrollar; con el fin de lograr obtener un lugar, en el que laborar no resulte incómodo y que, por otro lado, no albergue posibilidades de accidentes, ofreciendo espacios libres de obstáculos. Este proyecto se enfocó en el área de servicios generales la cual, por su magnitud de peticiones de servicio, debido a que cubre todos los rincones de la universidad, representa un ambiente propicio para la implantación de las 5-S con la metodología de Investigación-Acción Participativa.

Para continuar con este proyecto algunos de los alumnos propusieron a los directores del área de servicios generales que, con la poca, pero valiosísima experiencia adquirida a través de su gestión, sean ellos mismos quienes tomen la iniciativa de desarrollar un plan de trabajo estructurado para la continuación del proyecto de tal manera, que puedan generar un programa pertinente con metas específicas, guiadas por un cronograma lógico que se desarrolle en condiciones normales y con unos parámetros alcanzables por períodos determinados de tiempo, de tal manera que no se interrumpan las labores normales y sea viable su ejecución.

Las condiciones alcanzadas en el desarrollo del proyecto son suficientemente óptimas con un alto nivel de sensibilización por parte de los empleados. Con esto se espera que los mismos empleados continúen la implementación y el desarrollo de este proyecto. De igual manera, los alumnos sugieren que en los próximos cursos de la materia TPM los estudiantes que aborden este proyecto, no necesitan comenzar desde cero, ya que tienen un punto de partida con importantes avances gracias a lo realizado durante este semestre.

## A manera de conclusión

Al incorporar la metodología de Investigación-Acción Participativa en la asignatura Mantenimiento Productivo Total (TPM) durante el primer semestre de 2004 se puede concluir que: la experiencia ayuda a reconocer el significado de la profesión, a transformar la propia práctica y a estrechar la coherencia entre el pensamiento y la acción del estudiante; la investigación y la práctica se enriquecen mutuamente, mediante las producciones de los estudiantes; en el diario de campo, el docente descubre que en la acción se da el ciclo de la espiral (planificación, acción, reflexión y evaluación de resultados de la acción); los cambios repercuten en el lenguaje, en las acciones, en la actitud, en las interacciones, en el manejo de problemas, en la forma de promover los aprendizajes y en la concepción de un estudiante reflexivo y transformador.

Al aplicar el ciclo de la Investigación-Acción Participativa en la práctica de 5-S, como técnica para establecer y mantener la calidad en el departamento de Servicios Generales, se aprende a reflexionar, a observar, a tomar notas, a formularse preguntas, a inferir y proponerse metas para hacerlo mejor. Al escribir en el diario lo que ocurre en la práctica, docente y alumno dejan una memoria de saber, en este caso, de "saber hacer" ya que dan cuenta de los procesos de enseñanza, aprendizaje y formación de los estudiantes.

## Bibliografía

1. Dash, D. P. (1999). Current Debates in Action Research. *Sistemic practice and action research*. 12(5). 457-492.
2. Eden, C. & Huxham, C (1996). Action Research for the Study of Organizations, en, *Handbook of Organization Studies*, Clegg, S. Hardy, C. Nord, W (eds), Sage Publications.
3. Gill, J., and Johnson, P. (1991). *Research Methods for Managers*, Paul Chapman, London.
4. Imai, Masaaki (2003). *Gemba – Kaizen, Cómo implementar el kaizen en el sitio de trabajo*. Mc Graw Hill. 2003
5. Ho, S. K. (1999). *TQM: An integrated approach-Implementing TQ through Japanese 5-S and ISO 9000* (2nd ed.). Hong Kong: HK Baptist University
6. Osada, T. (1991). *The 5-S: Five Keys to a total quality environment*. Tokyo: Asian Productivity Organization



# La Práctica Profesional como un Espacio para el Desarrollo de la Formación Integral en Ingeniería: La Visión Empresarial

Antonio José Sarmiento Nova, S.J. Ing.  
Ana Ximena Halabi Echeverri  
Pontificia Universidad Javeriana  
Bogotá, Colombia



## Resumen

El mercado laboral se constituye en un verdadero laboratorio tanto para estudiantes como para universidades. La evaluación del desempeño de los alumnos, a su vez constituye un insumo valioso para la planeación curricular. La Facultad de Ingeniería de la Universidad Javeriana, cuenta con una trayectoria de más de una década en la cual se han venido efectuando los ajustes correspondientes tanto internos como externos para optimizar este proceso. La intencionalidad formativa de la academia finalmente es valorada por las organizaciones mismas. La génesis, la evolución y los resultados del proceso necesitan ser reales y requieren del compromiso serio evaluativo del sector externo. ¿Cuáles son las tendencias y actitudes que surgen de esta labor? ¿Cuáles pueden ser algunas estrategias exitosas que beneficien a todas las partes incluidos los estudiantes?. Los hallazgos positivos y negativos, las fortalezas y debilidades, los acuerdos interinstitucionales que se derivan de la satisfacción de un proceso concluido a la luz de la formación integral y las inquietudes que se producen en los entes evaluadores, son entre otros los elementos que se tratan en la ponencia.

## Fundamentos

En el esfuerzo por materializar el concepto de formación integral de la Pontificia Universidad Javeriana, el programa Práctica Profesional de la Carrera de Ingeniería Industrial es una respuesta al estudiante y a la realidad del hoy, que propicia aprendizajes encaminados a una reflexión seria sobre las prácticas inherentes al ejercicio profesional. La experiencia conlleva una serie de procesos enfocados a la valoración del trabajo y se convierte en un insumo útil para la reflexión curricular.

En sus orígenes el programa se limitaba a ubicar laboralmente a los estudiantes, en ese momento la recomendación de la Universidad marcaba gran diferencia en la hoja de vida del futuro egresado. Esta característica no ha desaparecido realmente, pero en la actualidad se plantean mayores alcances. La práctica profesional realiza una selectiva selección de empresas que ofrece prácticas afines y adecuadas a las competencias del estudiante, lidera esfuerzos de cooperación mutua donde la calidad de los procesos que conforman el programa es fiel reflejo del compromiso que existe entre las partes; de igual modo prepara a los estudiantes mediante talleres que buscan desarrollar habilidades laborales y propone discusiones acerca de cómo medir adecuadamente el desempeño del practicante.

Estas iniciativas tienen como marco de referencia la última reforma a los estatutos de la Pontificia Universidad Javeriana<sup>1</sup>, la cual estimula la necesidad de presentar nuevos esquemas de enseñanza para todos los programas. Estos nuevos esquemas están basados en el *autocontrol*, el *proceso evaluativo crítico* y el *mejoramiento continuo*. Frente a este hecho el Programa de Práctica Profesional ha encontrado que la formación académico-laboral se nutre y enriquece al aplicar éstos conceptos.

En las definiciones institucionales de la Universidad Javeriana es fundamental el compromiso con la realidad del país. Esta opción estructura todo el ser y quehacer de la entidad. En particular, ella se inserta en el currículo como

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Javeriana, Estatutos, Comunidad Educativa, 2003, Pág. 17-19



una expresión concreta de este compromiso que orienta la formación integral y profesional hacia el entorno de lo real colombiano. En este orden de cosas, la proyección de los estudiantes al medio empresarial se constituye en una referencia educativa esencial, en la medida en que posibilita a los futuros ingenieros el conocimiento del universo laboral, de la organización de las empresas, de la calidad de su cultura administrativa, de la innovación tecnológica, de los aspectos humanos y sociales vinculados a estos ámbitos, y hace factible el que ellos verifiquen en estas prácticas sus destrezas y adquisiciones científico-tecnológicas.

Aunque tradicionalmente las empresas creen estar por fuera de cualquier disertación académica, en el medio laboral es habitual que los empleados sean evaluados según sus habilidades, destrezas y conocimientos. Países como Inglaterra y España reportan revisiones detalladas de las evaluaciones que las empresas realizan a sus trabajadores, y las cuales han servido para interpretar y mejorar los contenidos formativos de las instituciones universitarias.

## **Un modelo de cooperación mutua**

Es por lo anterior que el programa intenta obtener un verdadero provecho de la experiencia práctica y dejar planteada la necesidad de continuar con éste tipo de esfuerzos. A continuación se expondrán algunos elementos que ejemplifican la forma como se conduce el concepto de formación integral con las empresas.

El autocontrol se traduce en responsabilidad, autoconciencia, confianza y empoderamiento; todas estas competencias llegan a ser verdaderamente desarrolladas en el estudiante en la medida en que la academia y la empresa determinan con claridad cómo direccionar y evaluar al practicante. Por una parte el programa ha conformado mesas de trabajo con las empresas para identificar buenas prácticas de enseñanza, entre las que se encuentran motivar al practicante para que guíe su propia labor, desarrollando planes de trabajo, así como presentaciones de sus mismos logros.

De otro lado, con los superiores inmediatos se ha llegado a revisar la importancia de concebir planes de capacitación por áreas, y procedimientos de empalme entre estudiantes que comienzan y terminan su práctica.

El proceso evaluativo crítico es una reflexión sobre la forma como se concibe comúnmente la medición; es cambiar el hábito de calificar por la tarea de acompañar. Es un seguimiento cercano y motivante que en algunos casos atribuye a las empresas la mejora sustancial en el desempeño del practicante. El programa tiene como objetivo crear conciencia acerca de la calidad y veracidad de las evaluaciones realizadas como resaltar los aprendizajes obtenidos.

El mejoramiento continuo por su parte es el resultado del trabajo diario donde se conciben cambios, se observan resultados, se retroalimentan las partes y se vuelve al ciclo de cambio. Un ejemplo de esto es que anteriormente el programa realizaba a lo largo de un periodo semestral tres evaluaciones, una cada bimestre. Esta frecuencia de evaluación fue reducida a solamente dos mediciones -una a la mitad y la otra al final del periodo- en la medida en que se observó que existía información suficiente en esos dos momentos para percibir el progreso del estudiante.

El mejoramiento continuo es también producto de tomar buenas decisiones a partir de información precisa y actualizada; en este caso la información sobre el desempeño de los practicantes es útil porque conduce hacia los objetivos propios del programa a la vez que indica la calidad de profesionales que se están preparando; lastimosamente casi nunca es utilizada para fines institucionales pero es oportuno revisar esta circunstancia con mayor detenimiento y aportar las conclusiones del trabajo como parte de la visión empresarial que estamos obteniendo.

## **La aplicación y análisis de la evaluación del desempeño**

La evaluación del desempeño es entonces un insumo básico para el mejoramiento continuo del programa. Esta consta de dos partes, como se mencionaba anteriormente; una primera se centra en competencias genéricas que no se clasifican claramente de alguna forma, pero que a simple vista pretenden detectar en los estudiantes habilidades

competenciales, comunicacionales, entre otras. Las competencias actualmente evaluadas en el estudiante son las (decisiones) y están puestas a consideración de las empresas, aunque a la fecha no se han efectuado cambios:

1. **Fundamentación Profesional:** Conocimientos que presenta sobre el trabajo que realiza y utilización de herramientas.
2. **Criterio:** Capacidad de observar y determinar pautas a seguir para un objetivo específico.
3. **Análisis:** Capacidad para abstraer y organizar la información obtenida y seleccionar aquella que realmente es importante para el fin buscado.
4. **Investigación:** Capacidad para buscar información en diferentes fuentes.
5. **Iniciativa:** Capacidad para solucionar problemas y aportar soluciones prácticas.
6. **Creatividad:** Capacidad para dar diferentes alternativas a una situación específica.
7. **Esfuerzo:** Constancia y persistencia para alcanzar un objetivo.
8. **Oportunidad:** Puntualidad en la presentación de proyectos.
9. **Seguimiento:** Interés por conocer el funcionamiento de la puesta en marcha de trabajos realizados.
10. **Responsabilidad:** Capacidad para cumplir con los deberes y responsabilidades, sin control permanente.
11. **Disposición de trabajo en equipo:** Comportamiento y colaboración con los compañeros de trabajo en los proyectos que requieren participación de varias personas.
12. **Liderazgo:** Capacidad de coordinar y dirigir un grupo.
13. **Motivación:** Interés por realizar los proyectos o actividades del cargo.
14. **Comportamiento y actitud con superiores:** Relación que tiene con los superiores.
15. **Comportamiento y actitud con compañeros:** Relación, colaboración hacia compañeros.
16. **Habilidades de comunicación:**
  - 16.1 Reportes escritos: Redacción, ortografía y presentación de informes.
  - 16.2 Verbales: Facilidad para expresar oralmente determinada información y la utilización de ayudas.

La segunda parte se aplica al final del periodo de práctica y mide cuatro factores de resultado -Análisis, responsabilidad, logros y relaciones interpersonales- que conducen a detectar la apreciación última que tiene la empresa sobre el practicante -Admitiría la empresa al estudiante como profesional egresado: con toda seguridad, probablemente, con alguna reserva o no lo haría-.

Una vez el proceso evaluativo ha concluido se procede a retomar la información con una metodología de análisis. Particularmente en esta experiencia se ha trabajado con **árboles de decisión** que son un método para clasificar datos obtenidos de diversas aplicaciones y tienen la característica de ser de fácil interpretación.

Mediante esta metodología se describe en una función objetivo la principal intencionalidad que tiene el programa. En este caso la función objetivo es el grado de satisfacción que expresan las empresas con el desempeño del practicante. A su vez, una empresa no puede manifestar grado de satisfacción alguno, si inicialmente no hace coincidir sus criterios de evaluación con las características observadas en el estudiante; ésta es precisamente la reflexión que se está llevando a cabo con las empresas y la discusión constructiva que nos está acercando a un concepto común de evaluación académico-laboral.

El modelo de árboles de decisión utiliza variables correspondientes a los aspectos evaluados en el formulario, y por cada variable se establece un determinado número de atributos que se relacionan con las posibles respuestas que la variable puede tomar.

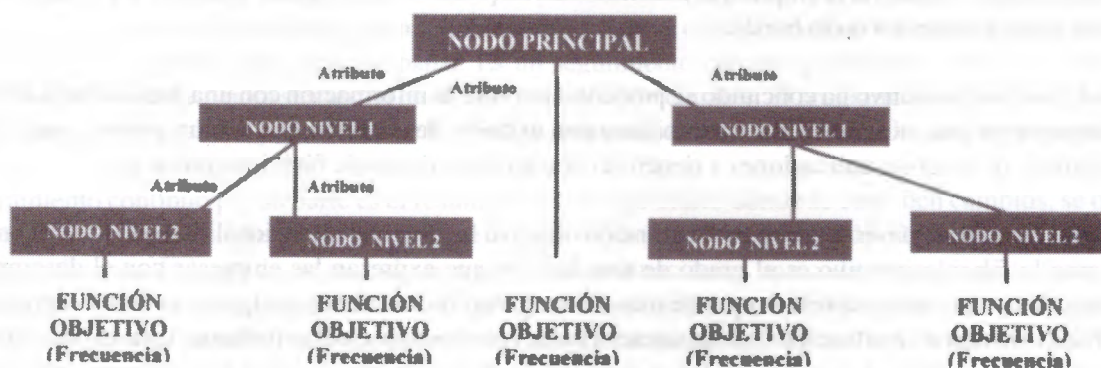
Una vez se obtienen las variables y los atributos, se procede a asignar parámetros numéricos a los resultados. En seguida se obtiene una matriz de datos que es entonces procesada en MatLab 6.5 Copyright con el fin de clasificar los datos dada la función objetivo. Se ejemplifica lo anterior con la siguiente tabla:

Cada una de las competencias ha sido señalada con la letra C y con el número correspondiente al orden establecido en la parte superior. Las variables son cada una de las competencias evaluadas. En el esquema del árbol las

variables se identifican también como nodos. Los atributos son los resultados o respuestas a las variables, se miden en una escala entre 5 y 1, donde 5 es una competencia altamente desarrollada y 1 es una competencia deficientemente desarrollada. También se debe mencionar que la Función Objetivo se denota como FO y se asocia con valores entre 1 a 4, donde 1 es la intención que tiene la empresa de no admitir al estudiante como profesional egresado y 4 es la respuesta de que lo haría con toda seguridad.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16.a	C.16b	FO
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	4	5	5	4	4	4
3	4	4	3	4	3	3	4	4	4	5	5	3	4	5	5	4	4	3
4	4	4	3	4	5	5	4	4	4	5	4	6	4	5	5	4	4	4
5	4	4	3	4	5	5	4	4	4	5	4	6	4	5	5	4	4	4
6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
7	5	4	4	4	5	5	4	5	5	5	4	3	4	5	5	5	5	4
8	3	3	3	3	2	6	4	4	3	4	4	6	4	5	5	3	3	3
9	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	4
10	4	4	5	4	4	5	5	5	4	5	5	3	4	5	5	4	4	4

La aplicación en Matlab 6.5 *Copyright*, prueba y define los caminos más cortos dado los atributos requeridos para que se cumpla con la función objetivo. El sistema utiliza el concepto de Entropía. Este se define como la medida de la cantidad de información necesaria para describir un sistema<sup>2</sup>. Para el caso estudiado la cantidad de información se refiere a las habilidades, destrezas y conocimientos de los estudiantes, necesarios para que una empresa manifieste tener el mayor grado de satisfacción posible. Cuando la entropía es cero entonces se ha recorrido el camino completamente. La Gráfica 1 muestra la ubicación del nodo principal, de los nodos secundarios, de los atributos correspondientes y de la función objetivo.

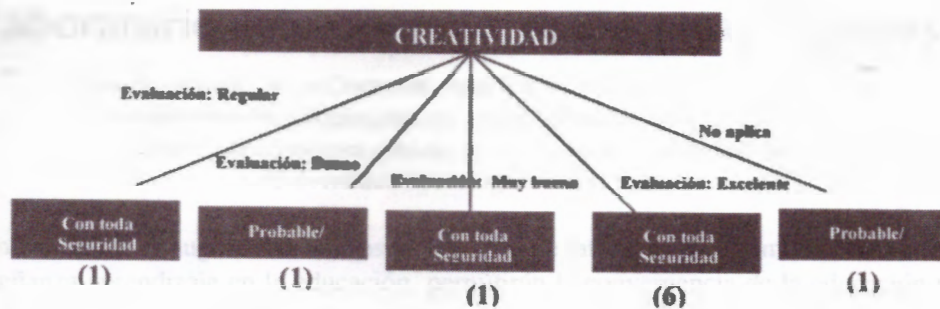


Gráfica No. 1

Parte del análisis que se hace permite identificar los comportamientos asociados a las empresas. En la Gráfica 2 se presenta un ejemplo donde (10) diez empresas contestan a la pregunta *¿Admitiría a este estudiante en su área de trabajo como profesional egresado?*

Según el árbol obtenido, (6) seis empresas llegan a determinar que con sólo evaluar de forma *excelente* la competencia *creatividad* podrían afirmar que *con toda seguridad admitirían al estudiante en su condición de profesional egresado*. Para este caso se observa solo uno de los caminos cortos obtenidos para llegar a la función objetivo, pero es interesante anotar en un árbol como éste que el análisis hecho por la empresa fue contundente teniendo en cuenta que son (16) dieciséis competencias diferentes las que se evalúan en los estudiantes.

<sup>2</sup> Obregón Nelson 2003. Notas de Clase - Seminario II - Maestría Hidrosistemas. Facultad Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana.



Gráfica No. 2

En conclusión, es necesario concebir la evaluación del desempeño como un instrumento adecuado para retroalimentar los procesos académicos. Aunque la evaluación ha servido para medir profesionales con experiencia, se desconocen los criterios apropiados sobre los cuales evaluar a un estudiante en práctica. Es ésta la razón por la cual la Práctica Profesional está llamada a reflexionar sobre la forma de alcanzar el perfil del estudiante establecido desde la Universidad, el perfil ocupacional determinado por la empresa y las expectativas profesionales demandadas por el País.

Los árboles de decisión son una valiosa metodología de análisis de información, que permite economizar esfuerzos y orientar el proceso de toma de decisiones hacia comportamientos reales y observables. No obstante se encuentran diversas metodologías, como por ejemplo los sistemas de expertos entre los que se destaca la lógica difusa; que aunque no ha sido objeto de estudio del programa es una buena posibilidad metodológica para trabajar posteriormente la información obtenida.

Indudablemente los aspectos mencionados demuestran que es beneficioso establecer una relación de trabajo cercana entre la Universidad y la empresa y aunque siempre ha existido la necesidad de realizar este tipo de ejercicios conjuntamente, se requiere gran voluntad para hacer realidad el resultado. La Pontificia Universidad Javeriana a través de su programa de Práctica Profesional de la Carrera de Ingeniería Industrial con más de una década de experiencia, propone proactivamente continuar con este tipo de trabajos, apoyándose en la investigación y la apertura recíproca hacia la generación del conocimiento.

## Referencias bibliográficas

1. Directores S.A 2001. Seminario — *Cómo desarrollar el modelo de competencias en los principales procesos de gestión humana.*
2. Obregón Nelson 2003. *Notas de Clase - Seminario II- Maestría Hidrosistemas. Facultad Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana.*
3. *Reflexión Curricular. Carrera Ingeniería Industrial. 2003-2004*

# Laboratorio Tele-operado de Técnicas Digitales

Eduardo Gómez, Sonia Contreras, Juan Carlos Martínez, Oscar Acevedo  
egomez@unitecnologica.edu.co, scontrer@unitecnologica.edu.co  
jcmartin@unitecnologica.edu.co, oacevedo@unitecnologica.edu.co  
Universidad Tecnológica de Bolívar

En la era de la información, el auge de las nuevas tecnologías de información y comunicación como apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje en la educación, permitirán la convergencia de la educación presencial y la educación a distancia. Los cursos en línea son una vertiente de la virtualidad de gran desarrollo en los últimos tiempos, por lo cual ha sido necesario repensar sobre los tópicos asociados a la pedagogía y su grado de transversalidad en la educación para formar ciudadanos de clase mundial. Sin embargo, en los programas de ingeniería se tiene el inconveniente de que se contemplan prácticas de laboratorio como parte esencial en el proceso enseñanza-aprendizaje en algunas asignaturas; y la infraestructura requerida para su desarrollo por lo general está en las instalaciones de los centros educativos, con lo cual se impone el requisito de la presencialidad para su ejecución. En este proyecto se propone el diseño y la construcción de un laboratorio tele-operado que sirva de apoyo a los cursos en línea en el área de técnicas digitales para las ingenierías eléctrica y electrónica. El proyecto se encuentra en desarrollo. Actualmente se está trabajando en el hardware para la realización de las prácticas de laboratorio y un primer prototipo de entrenador digital basado en dispositivos lógicos programables (PLDs) ya ha sido construido.

## 1. Introducción

Este documento presenta el trabajo que se está desarrollando en la Universidad Tecnológica de Bolívar para llevar un paso adelante los cursos virtuales de la plataforma interactiva SAVIO<sup>1</sup>. El proyecto nace de la necesidad de solucionar el problema que actualmente presentan los cursos virtuales de ingeniería: No hay en nuestro medio una forma efectiva que permita la realización de las prácticas de laboratorio. En este momento los estudiantes virtuales no pueden desarrollar prácticas de laboratorio de la misma forma que un estudiante presencial. En el mejor de los casos se realizan prácticas de simulación, las cuales permiten comprobar la funcionalidad de los experimentos, pero no verificar condiciones de ejecución en tiempo real, como ruido, consumo de potencia, retardos de propagación y otras variables de interés; las cuales solo pueden ser verificadas con un experimento físico en el cual se puedan realizar las medidas deseadas. Por lo anterior, se propone implementar un laboratorio tele-operado del área de Técnicas Digitales, para emplearlo en asignaturas como: Circuitos Digitales, Microprocesadores, Arquitectura de computadores y Diseño Digital.

El documento está organizado de la siguiente forma: la sección 2 presenta una breve revisión de los laboratorios tele-operados a nivel mundial. La sección 3 presenta la propuesta de laboratorio tele-operado de Técnicas Digitales, y la última sección presenta el estado actual del trabajo propuesto y el plan de trabajo futuro.

## 2. Antecedentes

En esta sección se exponen algunos trabajos representativos en materia de laboratorios tele-operados.

Hong Shen y asociados [3] presentan el desarrollo de un laboratorio interactivo en línea que puede ser utilizado eficientemente tanto a distancia como a nivel presencial. Este laboratorio está orientado a la caracterización de dispositivos semiconductores. En la implementación, varios programas fueron creados en los lenguajes de programación Java y C++. Se provee herramientas para el análisis de los datos obtenidos e instrumentos de medida reales para las prácticas de laboratorio.

Rohrig y asociados [5] presentan un laboratorio tele-operado que ha sido construido con la colaboración de tres universidades alemanas. Las prácticas desarrolladas están orientadas a los cursos de control. Utilizan las capacidades de los navegadores comerciales y el lenguaje Java para construir los demás componentes necesarios para el

<sup>1</sup> Sistema de Aprendizaje Virtual Interactivo de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

telecontrol. Como complemento, el estudiante puede ejecutar archivos de audio y videos. La aplicación presentada en este trabajo es el control de los movimientos de un robot.

Wagner y asociados [1] orientan sus esfuerzos en un laboratorio tele-operado para el desarrollo de prácticas de control discreto en estudiantes de ingeniería eléctrica. Estas prácticas incluyen un sistema de audio y video que muestra en tiempo real, los efectos de sus acciones. En adición, se desarrollaron programas en Java que le proveen al estudiante los conceptos teóricos y modelos gráficos de los controladores que pueden ser implementados en las prácticas. Para evaluar la efectividad del laboratorio tele-operado, se seleccionaron estudiantes que realizaron las prácticas en forma presencial y otros con el laboratorio tele-operado. Los resultados que publicaron indican que no hay diferencia notoria entre los dos grupos de estudiantes.

Tzeng presenta en su trabajo un laboratorio virtual de maquinas eléctricas [2]. En su trabajo, Tzeng utiliza los conceptos de sistemas expertos para implementar un agente pedagógico virtual. Este agente posee la experiencia de un educador experto en el tema y puede guiar, evaluar y corregir al estudiante en el desarrollo de la práctica de laboratorio. Este laboratorio ha sido construido con herramientas de realidad virtual combinadas con Java.

Callaghan y asociados [4] presentan un laboratorio a distancia para el diseño de sistemas embebidos para las maestrías en electrónica y sistemas de software en la Universidad de Ulster. Aquí se desarrollaron dos proyectos. El primero tiene que ver con el acceso remoto a los instrumentos de medida del laboratorio. Con esto, se desarrollaron protocolos para el control y acceso a dichos instrumentos, basados en Java y en el protocolo GPIB IEEE para comunicación con instrumentos. El segundo proyecto es la expansión del primero junto con el estudio de mecanismos para realizar las interconexiones de los diferentes componentes del laboratorio. También se desarrolló un sistema de manejo y mantenimiento del equipo de laboratorio y se utilizaron programas para manejo de redes.

En el campo de laboratorios tele-operados en Colombia, no se tiene registro sobre trabajos orientados a la educación.

### **3. Propuesta de laboratorio tele-operado**

#### **3.1. Fallas de los laboratorios tele-operados actuales**

De acuerdo a Callaghan y asociados [4], existen deficiencias en los desarrollos actuales de laboratorios tele-operados en el mundo. Estas fallas se pueden clasificar en dos grupos principales. El primer grupo consiste en la metodología empleada. Se observa que no existen guías de laboratorio que expliquen al estudiante cuáles son los objetivos de las prácticas, cuáles son los procedimientos a seguir, qué datos debe tomar y qué tipo de análisis debe realizar con dichos datos. No es muy claro el énfasis en el uso del método científico en el desarrollo de las prácticas de laboratorio. También se observan fallas en la disposición del material de lectura, ayudas y tutoriales para que el estudiante pueda desenvolverse en el entorno del laboratorio a distancia.

El segundo grupo corresponde a las posibilidades que ofrecen los laboratorios tele-operados. Existen muchos laboratorios que no proveen instrumentos de medida en línea para que el estudiante remoto los utilice, hay laboratorios que no son en tiempo real, existen laboratorios que no incluyen componentes de hardware y no se hace uso de herramientas comerciales especializadas para el manejo en red.

En general, las deficiencias se deben a la falta de experiencia de los investigadores en este campo de estudio. Con la aparición de nuevas versiones de laboratorios tele-operados, estas fallas serán subsanadas. Con seguridad, llegará un momento en el cual los laboratorios tele-operados habrán evolucionado suficientemente para realizar una excelente labor educativa.

#### **3.2. Metodología de desarrollo del proyecto**

La implementación del proyecto se hará en dos etapas principales. La primera consiste en el desarrollo de la estructura física que dé soporte al proyecto. La segunda consiste en el desarrollo conceptual de las prácticas de laboratorio a distancia.

### 3.2.1 Estructura física

Está concebida bajo un sistema clásico de cliente-servidor. El servidor permite el acceso del estudiante remoto a las estaciones de trabajo, que están conectadas en red y que contienen los experimentos. Una vez se ha logrado el acceso, el estudiante puede realizar las prácticas de laboratorio albergadas en la estación de trabajo y efectuar mediciones con los instrumentos disponibles (verificar el estado de las variables del proceso). Ver Figura 1.

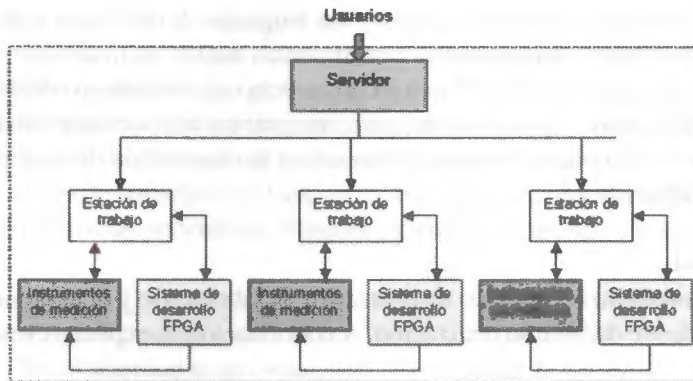


Figura 1. Estructura física

La estación de trabajo está conformada por: un computador en red con el servidor, instrumentos de medida (como realizadores lógicos conectados al computador por medio del protocolo GPIB<sup>2</sup>), los montajes correspondiente a conjunto de experimentos que se pueden trabajar en dicha estación, que utilizan dispositivos FPGA<sup>3</sup> como base, y por último, se incluye un sistema de interconexión inteligente que permite que el estudiante realice la unión de los diferentes elementos de la estación de trabajo.

El cliente es el estudiante a distancia, el cual utiliza su computador para acceder al laboratorio. Esta parte se desarrolla con lenguaje Java y HTML. Ver Figura 2.

El núcleo del laboratorio lo constituye el sistema de desarrollo de FPGA. Por medio del cual pueden desarrollarse prototipos de sistemas digitales que van desde simples compuertas, hasta microprocesadores y circuitos de propósito específico. Con esta herramienta se posibilita un aprendizaje inductivo-deductivo de los circuitos digitales, y se permite llevar a cabo todo el proceso de diseño, síntesis y compilación, simulación, programación y verificación.

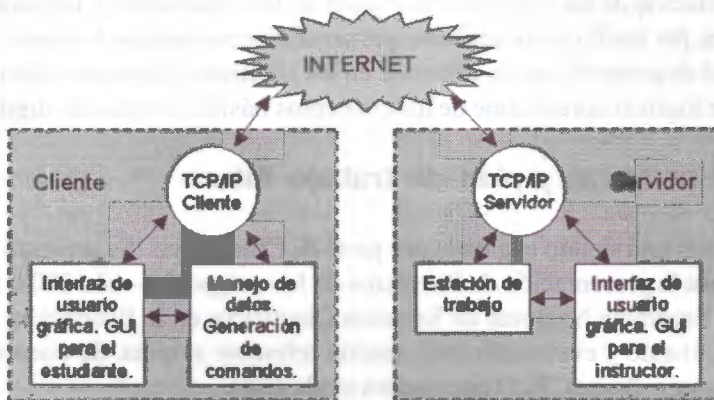


Figura 2. Estructura de comunicación

<sup>2</sup> General Purpose Interface Bus  
<sup>3</sup> Field Programmable Gate Array

Por medio de prototipos es posible evaluar la viabilidad de diferentes soluciones para un problema. De esta forma, se pueden estudiar las ventajas de una solución completamente hardware frente a otra puramente software en términos de dificultad de diseño, recursos necesarios, tiempo de implementación, escalabilidad del diseño y adaptación al problema. También se puede comparar con una solución heterogénea basada en codiseño hardware-software [6].

Las nuevas herramientas de diseño de circuitos digitales y los lenguajes de descripción de hardware, como VHDL, se aproximan al diseño de software. Aunque estas herramientas suelen utilizarse de manera interactiva, nada impide su operación remota, ya que el diseño se basa en la correcta escritura de un código fuente, de igual manera que en la programación tradicional, y por lo tanto, para integrar su funcionamiento se requiere básicamente, controlar el envío de los archivos de descripción del circuito y la devolución de errores, datos de simulación y resultados prácticos de manera remota.

### **3.2.2 Desarrollo conceptual**

Abarca dos aspectos: el desarrollo metodológico de la práctica de laboratorio y la implementación de un instructor virtual para que guíe al estudiante durante su realización. A continuación se explican brevemente estos aspectos.

Los contenidos y las actividades de las asignaturas serán adaptados a teorías de aprendizaje pertinentes a esta modalidad alternativa de instrucción y entrenamiento, centrada en el aprendizaje y en el alumno, más que en el profesor, que actúa como orientador y facilitador del proceso. El desarrollo metodológico de la práctica de laboratorio incluye la explicación del concepto que se desea demostrar en la práctica, junto con el planteamiento de las hipótesis y el desarrollo de los procedimientos a seguir. Se planea utilizar mapas conceptuales como base en el desarrollo de las temáticas y aprendizaje colaborativo para promover el trabajo en equipo durante el desarrollo de las actividades de la asignatura.

El instructor virtual guía al estudiante a lo largo de la práctica de laboratorio. Realiza preguntas, verifica los montajes que desarrolla el equipo de estudiantes y los corrige. Se desarrollará con técnicas de sistemas expertos.

### **3.2.3 Evaluación**

Surge el siguiente interrogante: ¿Es posible que un estudiante que realiza su práctica en un laboratorio teleoperado pueda adquirir las mismas habilidades cognitivas, motoras y metodológicas que un estudiante que realiza su práctica en un laboratorio tradicional presencial?

Para dar respuesta a esta pregunta, se tomará un grupo presencial y un grupo piloto completamente virtual y se evaluará el grado de asimilación de los conceptos por parte de los estudiantes y las habilidades adquiridas en el diseño de sistemas digitales, por medio de indicadores que permitan comparar las dos modalidades. Adicionalmente, se hará un seguimiento del desempeño de los alumnos en las siguientes asignaturas del área, con el objetivo de verificar en qué medida se logró el aprendizaje de los conceptos básicos del diseño digital.

## **4. Estado actual del proyecto y plan de trabajo futuro**

El proyecto en este momento está siendo evaluado por parte de Colciencias. Se presentó en la Convocatoria 223: Convocatoria Nacional para la presentación de Proyectos de Investigación – año 2004, Formación de Técnicos, Tecnólogos e Ingenieros, Programa Nacional de Estudios Científicos en la Educación. Los autores en este momento se encuentran recopilando y evaluando información referente al tema. Se cuenta también con un primer prototipo del sistema de desarrollo de CPLD que está en evaluación.

### **Mejora del sistema**

La primera fase del sistema pretende utilizar herramientas ya existentes para el manejo de la red e Internet. La evaluación de los resultados permitirá decidir sobre la optimización del sistema bajo este esquema de trabajo o la generación total del sistema deseado utilizando lenguajes de programación como Java y C++. También se espera



mejorar los sistemas para adquisición de los datos, adición de nuevos instrumentos de medida y la implementación de nuevos experimentos para las estaciones de trabajo.

### **Tele-operación de todos los laboratorios**

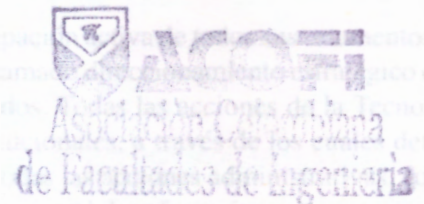
De acuerdo a los resultados que se obtengan de la primera fase, se promoverá la implementación de todos los laboratorios del programa en forma de laboratorios tele-operados, sin perder su funcionalidad como laboratorios presenciales.

### **Integración con la comunidad mundial**

Una vez los laboratorios tele-operados hayan superado la fase de prueba, se espera realizar su integración con otros laboratorios del mundo por medio de alianzas entre universidades con el objetivo de compartir equipo especializado que normalmente es muy difícil de conseguir en Colombia. Esto proporciona al estudiante talla mundial en educación, al poder compartir experiencias personales, técnicas y científicas con sitios de todo el mundo.

### **Referencias**

1. Wagner, B.; Tuttas, J. "Team learning in an online lab". 31st Annual Frontiers in Education Conference, 2001. Volume: 1, 10-13 Oct. 2001. Pages:TIF - 18-22
2. Huan-Wen Tzeng. "The design of pedagogical agent for distance virtual experiment". 31st Annual Frontiers in Education Conference, 2001. Volume: 2 , 10-13 Oct. 2001. Pages:18-23
3. Hong Shen; Zheng Xu; Dalager, B.; Kristiansen, V.; Strom, O.; Shur, M.S.; Fjeldly, T.A.; Jian-Qiang Lu; Ytterdal, T. "Conducting laboratory experiments over the Internet". IEEE Transactions on Education, Volume: 42, Issue: 3, Aug. 1999. Pages:180 - 185
4. Callaghan, M.J.; Harkin, J.; McGinnity, T.M.; Maguire, L.P. "An Internet-based methodology for remotely accessed embedded systems". 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Volume: 6 , 6-9 Oct. 2002. Pages:6 pp.
5. Jochheim, A.; Rohrig, C. "The Virtual Lab for teleoperated control of real experiments". Proceedings of the 38th IEEE Conference on Decision and Control, 1999. Volume: 1, 7-10 Dec. 1999. Pages:819 - 824 vol.1
6. Gómez-Arribas F. J., González I., González J. y Martínez J. "Laboratorio Web para Prototipado y Verificación de Sistemas Hardware/Software". <http://www.iearobotics.com>

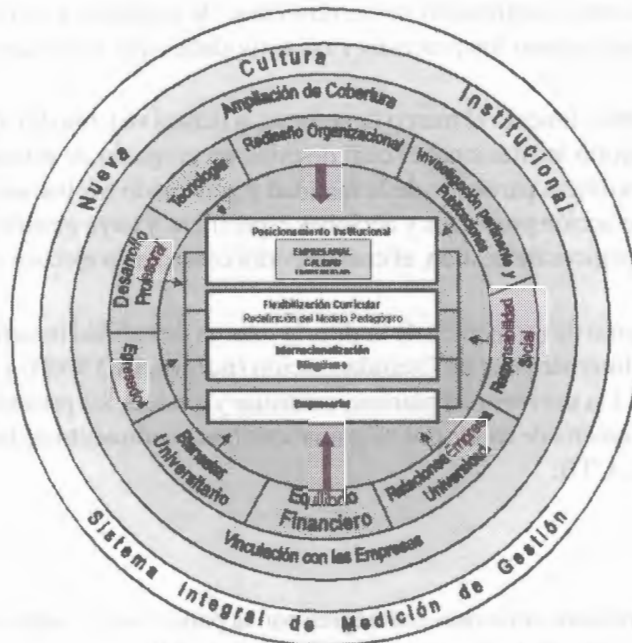


ces, independiente de su clase o estrato social y la internacionalización (una Comunidad Académica Bilingüe y Global).

La definición de los vectores estratégicos orienta la acción de la institución y son la ruta para hacer realidad los valores, la misión y la visión Institucional. Los vectores estratégicos de la Institución, para cuatro años (2002-2006) fueron: Afirmación del carácter de la Institución, Cobertura y Tamaño, Fuentes de financiación, Infraestructura y Bienestar, Organización, administración y gestión, Flexibilización curricular, Internacionalización, Desarrollo profesoral, investigaciones y publicaciones, Universidad - Empresa y Universidad Sociedad.

El Plan de desarrollo esta integrado por iniciativas estratégicas que se establecieron como desarrollo de cada uno de los vectores definidos durante el proceso de construcción. Cada vector tiene definidos objetivos específicos y cuya gestión se hace mediante un sistema integral de indicadores establecidos.

El mapa estratégico institucional producto del trabajo desarrollado por varias semanas hasta llegar a establecer todos los vectores estratégico, un sistema de medición de la gestión mediante el establecimiento de indicadores, una nueva cultura institucional y la ampliación de cobertura y vinculación con las empresas. El esquema se muestra a continuación:



Fuente: Mapa estratégico UTB- 2002c

Cada vectores estratégicos fue desarrollado por grupos de interés los cuales siguieron desarrollaron la siguiente estructura:

**VECTOR ESTRATEGICO No.** \_\_\_\_\_

**Líder:** *EQUIPO* \_\_\_\_\_

**Gerente:** \_\_\_\_\_

**Iniciativas Estratégicas:** \_\_\_\_\_

VECTOR ESTRATEGICO	OBJETIVOS	INICIATIVAS ESTRATEGICAS	INDICADORES ESTRATEGICOS DE GESTION
	1.	1.	1.
	2.	2.	2.
		3.	3.
		4.	4.
		5.	5.

En el proceso de definición de indicadores se definieron los básicos y ha sido una construcción permanente, en donde todos los estamentos de la institución han puesto su grano de arena en la construcción de este proyecto educativo.

Por otro lado, es importante establecer que un esquema general es fundamental el manejo de un Modelo Gestión, utilizando como base fundamental las Auditorías de calidad y la definición de procesos de acuerdo a la norma ISO 9001:2000 sin olvidar los lineamientos de alta calidad establecidos por el CNA como se puede observar en el esquema que se presenta a continuación: (Figura No 1)

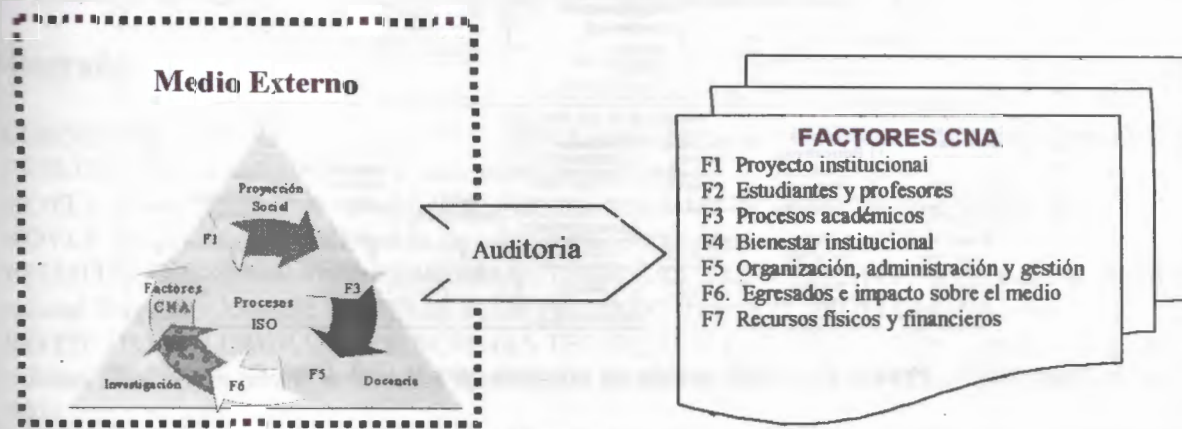


Figura No. 1. Esquema general del modelo del sistema de calidad ISO VS CNA

El desarrollo del modelo de gestión de la calidad y la utilización de la caracterización de cada uno de los procesos es una herramienta útil para el desarrollo de modelos de auditoría teniendo en cuenta el enfoque al cliente. El esquema se puede observar en la Figura 2.

Pro...

Objetivo:

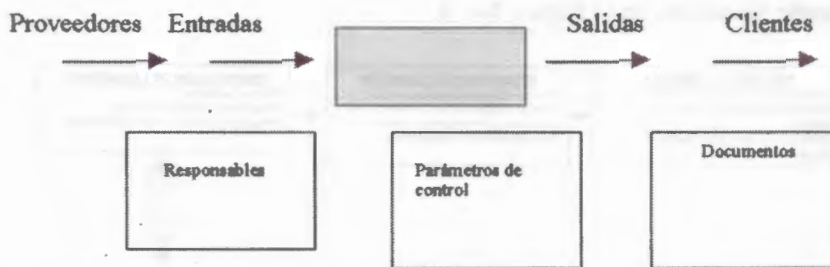


Figura No. 2 Modelo de la caracterización de los procesos basado en el cliente. Tomado de la norma ISO 9000: 2000

La expresión del modelo de calidad por procesos se puede esquematizar mediante un mapa de procesos (ver Figura No. 3), aplicable para realizar auditoría a cada uno de los programas de la UTB y como instrumento de presentación de la institución y el cual sirve de base para estructurar las caracterizaciones de cada uno de los procesos como se puede se presenta a continuación.

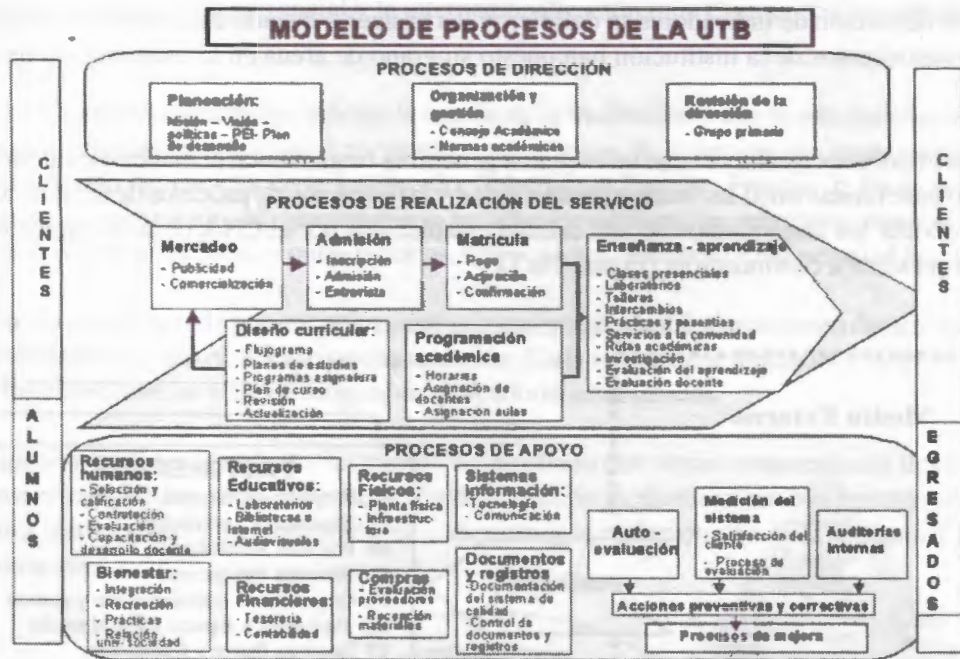


Figura No. 3. Modelo de calidad basado en procesos para la UTB. (Avis C.- Carrillo M)

Es importante tener en cuenta, que todas las auditorías que se planean en una organización se realizan con el fin establecer hechos más que para detectar fallos. Su meta principal es establecer información sobre los aspectos de funcionamiento; las auditorías de calidad sirven como alerta frente a un deterioro de los estándares de calidad. De ahí que todas las auditorías detectaran la variación respecto a cualquier estándar de calidad establecido.

Para que una auditoría resulte útil, tiene que realizarse de acuerdo con los estándares que la organización se ha comprometido a cumplir, con los lineamientos del CNA, de lo contrario no se tomará en serio. En el amplio ámbito de la calidad, esta la serie ISO 9000, aunque pueden haber otros, como: los estándares de defensa, los estándares de la industria, los estándares de la educación, los contratos específicos, las políticas, los estándares del ICFES y los procedimientos de la organización.

El modelo de auditoría de calidad planteado para la UTB puede ser aplicado a cualquier programa de ingeniería y a toda la universidad y puede ser adoptado por cualquier institución universitaria que desee adoptarlo. La estructura general se puede visualizar en la Figura No. 4.

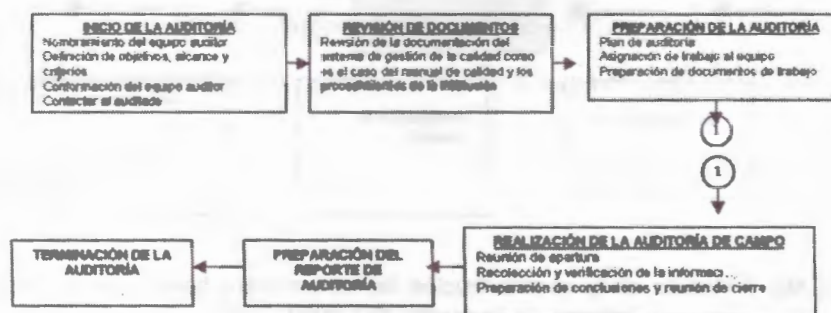


Figura 4. Visión general del modelo de auditoría. (Avis C. Carrillo M.)

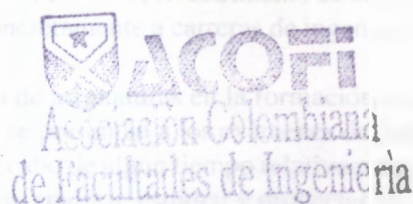
La aplicación de las Auditorías de Calidad, lo mismo que la fijación de Indicadores de Gestión, son herramientas que permiten logro en las instituciones educativas procesos de mejora continua. Las Universidades pueden probar estos sistemas de autoanálisis de modo que en el tiempo logren mejorar permanentemente.

## Conclusiones

- Al comparar los dos modelos de sistemas de calidad como son la ISO y el CNA se puede establecer que existe concordancia entre los dos modelos, siempre y cuando se utilicen las directrices de la normatividad ISO para cumplir los lineamientos del CNA y no al contrario, ya que de este modo existe menor correspondencia entre los dos sistemas.
- La implementación de las auditorías de calidad puede establecerse siempre y cuando exista la voluntad de realizarla por parte de la dirección.
- Para lograr que el Sistema de Calidad y las auditorías de calidad junto con la implementación de indicadores de gestión sean eficaces y efectivos, debe existir un compromiso en todos los niveles de las instituciones.

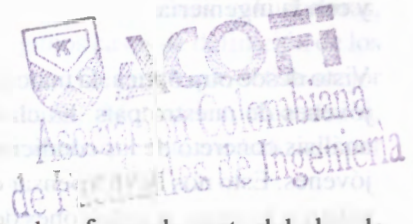
## Bibliografía

1. CONSEJO NACIONAL DE ACREDITACIÓN. Lineamientos para la Acreditación institucional VERSIÓN PRELIMINAR Santafé de Bogotá, Diciembre de 2000. 68 p.
2. HOYLE, David. Manual de valoración del sistema de calidad ISO 9000. Madrid, 1998. 372 p
3. HOYLE, David. Manual de sistemas de calidad ISO 9000. Madrid, 1998. 453 p.
4. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistema de gestión de la calidad Requisitos Santafé de Bogotá: ICONTEC, 2000. 29 p NTC-ISO 9001.
5. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la mejora del desempeño. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 2000. 85 p. NTC-ISO 9004.
6. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Proyecto de norma ISO / DIS 19011. Directrices para la auditoría del medio ambiental y de la calidad. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1994. 29 p. NTC-ISO 8402.
7. MANUAL DEL FUNCIONARIO ACADEMICO. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2003.
8. PLAN ESTRATEGICO INSTITUCIONAL. Documento interno UTB. Dirección de Planeación 2002.



# Las Ciencias Básicas y su Responsabilidad con la Ingeniería

Edgar Alfonso López Rodríguez  
Ingeniero Civil  
Profesor U.C.A.C – Bogotá



## Resumen

Este trabajo se estructura en torno a la evolución histórica de las asignaturas que han formado parte del plan de estudios en la carrera de ingeniería y se enmarcan dentro de las ciencias básicas, su importancia, trascendencia y responsabilidad en la formación de los jóvenes, desde la educación básica y media hasta el ciclo básico en los primeros semestres de carrera profesional. De otra parte, se pretende buscar la esencia de la enseñanza de las ciencias como cultura teórica y/o cultura práctica y el valor agregado que se puede ofrecer en lo técnico, cultural y científico, en interacciones no lineales dentro de la ciencia y la cultura; en la búsqueda de un desarrollo tecnológico en los procesos de descripción, explicación, funcionamiento, adaptación y reorganización de conceptos a partir del conocimiento básico, su enseñabilidad, pedagogía y filosofía.

El documento también expone brevemente distintos métodos que se desarrollan en la proyección de modelos demográficos, como ejemplos de la importancia, trascendencia y responsabilidad que tienen quienes orientan y dirigen las ciencias en el proceso de construcción, diseño, elaboración y procesamiento de información, como el componente demográfico responsable de la racionalidad en el uso de los recursos para el diseño, proyección, programación y calidad de las obras de infraestructura en la ingeniería.

La historia de la enseñanza de la ingeniería en Colombia indica que en sus inicios el plan de estudios en relación con las ciencias básicas estaba soportado con asignaturas como lecciones de aritmética, álgebra, geometría práctica, geometría descriptiva, geometría analítica, cálculo, física y química. Esta circunstancia adoptada de acuerdo con la época, y el contexto local, regional y social de un entorno educativo con las condiciones, restricciones y particularidades de aquel tiempo; es decir, hacia la mitad del siglo XVIII. Recordemos que el ambiente educativo en el área de ingeniería; al iniciar el siglo XIX, lo constituía la Academia de ingeniería Militar de Medellín, la Universidad del Cauca y posteriormente con la Escuela Nacional de Minas de Medellín. De igual manera, a finales del siglo XX, el mismo fenómeno acontece con la estructuración del currículo en la educación básica y media donde, por ejemplo, la geometría euclidiana desapareció del plan de estudios, en detrimento de la formación básica de los estudiantes que pretenden ingresar en la universidad, concretamente a carreras de ingeniería.

En la actualidad, la tendencia que se percibe es hacia la disminución de asignaturas en la formación básica tal como lo describe UN Periódico No. 54 marzo 7 del 2004, “cada año se presentan a los exámenes de Admisión cerca de cien mil jóvenes colombianos, ingresan más de diez mil, y al cabo de algún tiempo relativamente largo, alrededor de unos 3800 obtienen el título Académico”. Para interpretar, analizar, estudiar y proyectar esta información hay que buscar las fallas en los sistemas de educación básica secundaria y media vocacional, incluso dentro del ciclo básico de los semestres iniciales en la carrera de ingeniería. Lo anterior nos induce a plantearnos el siguiente interrogante ¿cómo se deben enfocar y entender mejor los métodos de enseñanza que se practican, particularmente en los estudiantes de los primeros semestres? Este cuestionamiento sería el punto de partida para comenzar la adecuación de las prácticas pedagógicas en torno a la enseñabilidad de las ciencias básicas con el propósito de desarrollar las competencias en esta área.

La solución de los problemas educativos nacionales debe ser un objetivo primordial del MEN y las instituciones que pretendan formar ingenieros, esto implica la adecuación y aplicación consciente de la enseñanza de la matemática y de las ciencias naturales a la realidad; es decir, establecer una relación estrecha con el mundo que rodea a los estudiantes y su relación con la ciencia, la tecnología, la economía productiva, la política, la comunicación entre otras. Lo anterior, no significa que haya que destinar todos los trabajos matemáticos a hacer matemáticas

aplicadas de una forma mecánica y sin sentido; todo lo contrario, la matemática y las ciencias naturales deben fortalecerse para establecer una relación estrecha y creativa con la economía, las ciencias de la salud, la biotecnología y con la ingeniería.

Visto desde otra óptica, la matemática y las ciencias, juegan un papel decisivo en la estrategia de formación de los jóvenes de nuestro país. Es claro, que esta estrategia de manera precisa se puede aplicar sobre la base de un análisis concreto de las condiciones actuales que caracterizan la condición socioeconómica y cultural de dichos jóvenes. Esto nos lleva a pensar que es necesario revisar los recursos con los cuales cuenta, el Estado, las universidades, hasta las instituciones de educación básica y media, entre otros recursos financieros, humanos, pedagógicos, didácticos, físicos; además de las políticas de profesionalización permanente. La esencia en la enseñanza de la matemática y las ciencias radica en el aporte que esta pueda entregar a cualquier otro tipo de enseñanza en términos de una cultura teórica y una cultura práctica, que se le induce en la técnica, la tecnología y su valor científico dentro del desarrollo de la enseñanza de la ciencia experimental con métodos experimentales que, de hecho, son indispensables para un desarrollo tecnológico con sus procesos de descripción, explicación, funcionamiento, adaptación conceptual, donde la estructura depende de una fundamentación matemática y científica con sus categorías y sus niveles de apropiación del conocimiento.

Es imprescindible lograr un fortalecimiento de las condiciones matemáticas y científicas de la población colombiana. Esto implica, un mejoramiento cualitativo de la enseñanza-aprendizaje de la matemática y las ciencias desde la educación básica hasta los últimos niveles de la educación universitaria, lo cual debe hacerse con una aproximación educativa que corresponda mejor a las condiciones culturales y psicológicas de la población en mención. Esta, debe ser una enseñanza que se afiance en el método heurístico, intuitivo, inductivo, empírico, contingente, inacabado, falible y en lo real de la matemática y de las ciencias naturales. Insistimos que esta enseñanza debe hacerse relacionada con la enseñanza de las otras ciencias y la tecnología, y debe asumir las lecciones de la experiencia internacional con sus consecuencias prácticas y la reflexión moderna que ofrezca las mejores perspectivas epistemológicas y filosóficas de la actualidad. Además, nutrir nuestros planes en la educación matemática, de las ciencias naturales y la comunidad científica nacional.

En la actualidad debemos reconocer los esfuerzos que hace la comunidad matemática y de las ciencias por consolidar y fundamentar una estructura mínima en nuestra población en el Distrito Capital, la Escuela Colombiana de Ingeniería, la Universidad Konrad Lorenz, la Universidad Sergio Arboleda, la Universidad Antonio Nariño, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, entre otras. Además de la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de los Andes instituciones que en las últimas décadas han liderado este proceso. Hacer esto, dadas las limitaciones y obstáculos que existen, constituye una auténtica reforma que afecta de manera positiva muchos planos de la vida nacional.

En síntesis, se persigue un equilibrio entre “el ideal del racionalismo que consiste en que el conocimiento humano se estructure del mismo modo como lo está la matemática, desde el estudio de las geometrías, el álgebra, la analítica, el cálculo diferencial y el cálculo integral, hasta lo más sublime de la física matemática y la físico-química, con el idealismo, el empirismo, el criticismo e incluso con el mismo pragmatismo. Es este el instante en que esas esperanzas parecen tener, un cumplimiento extraordinario que se toca, por decirlo así el momento en que el hombre no va poder alcanzar una fórmula matemática que comprenda, en la brevedad de sus términos, el conjunto íntegro de la Naturaleza”. Esta estructura se debe reflejar en la aplicación de la teoría y la práctica del conocimiento de las ciencias básicas en la formación del ingeniero y en general del profesional en colombiano con visión y estructura global.

Probablemente sean las ciencias las que constituyan uno de los mejores espacios intelectuales y sociales para comprender la etapa histórica en la que estamos. Una ruptura con la modernidad, que ha desarrollado tendencias postmodernas como la internacionalización, la mundialización y la globalización con su impronta neoliberal. Así como intensificar el conocimiento y su papel de edificar y construir un tejido social. Por ello, deberían ser los científicos, matemáticos y tecnólogos los profetas del nuevo orden, más a aun, su cercanía a la alta tecnología

moderna, especialmente la informática y la electrónica, deberían convertirlos en abanderados de su utilización, no hay que ser muy visionario para entender que el nuevo mundo no podrá prescindir de la comunicación permanente de redes electrónicas como el Internet, de los mejores equipos de informática, telecomunicaciones, calculadoras, complejos electrónicos; utilizarlos será una constante de condicionamiento y en algunos casos de definición de los quehaceres cognoscitivos. Por lo anterior es conveniente plantearnos un interrogante ¿Qué es lo que define mejor la nueva etapa histórica que esta auténtica revolución combinada de comunicación, informática, electrónica, ciencias, tecnologías, internacionalización, mundialización y globalización en un mundo que está mediatizado por conflictos y dificultades?

Aquí encontramos buena parte del rostro de la nueva época, por eso esta posición privilegiada de los científicos y técnicos nos ha colocado en el corazón de los procesos que empujan la postmodernidad. Sin embargo, esta realidad no ha sido suficiente para provocar la mayor lucidez y la mejor decisión entre ellos para empujar apropiadamente la "rueda de la historia", es decir en la dimensión en que requiere más allá de la especialidad, la cultura, la educación y las perspectivas filosóficas dentro de la formación de los ingenieros en su parte básica.

De acuerdo con lo anterior, nuestra propuesta considera no solo la enseñabilidad de las ciencias básicas, la pedagogía, su filosofía, sino también la educabilidad del ser humano como sujeto integral, capaz de enfrentar los retos de las sociedades globalizadas sus consecuencias y trascendencia como conceptos y criterios de trabajo.

Cuando hablamos de enseñabilidad nos referimos "al estatuto epistemológico de cada disciplina (...). Epistemológicamente la enseñabilidad de una disciplina se genera a partir de considerar como un valor pedagógico el origen, desarrollo y rectificación permanente de sus conceptos y/o teorías científicas en su proceso de construcción y consolidación como disciplina"<sup>1</sup>. En este sentido la formación en ciencias básicas del ingeniero debe apuntar fundamentalmente a desarrollar las competencias necesarias que le ayuden a interpretar y generar significaciones en el mundo científico. Sin perder de vista "que las estructuras cognoscitivas de los aprendices permanecen casi intactas a lo largo de la escolaridad, y la enseñanza convencional de las ciencias en la secundaria y en la misma universidad, no logra afectar las ideas cotidianas de los estudiantes acerca de los fenómenos naturales"<sup>2</sup>. Este criterio no se aparta de la matemática, dado el nivel de abstracción al cual se debe recurrir, como también de la estructura y operatividad que se desarrolla en el estudiante, porque "los informes científicos preparados, desde que salen de las manos del investigador, para desplazarse a la enseñanza, ofrecen características tales como objetividad, confiabilidad, validez, universalidad, reproducibilidad, intersubjetividad"<sup>3</sup>.

Las ciencias básicas en su estructura curricular son un elemento importante para la formación de los individuos que puedan comprender los fenómenos, formular soluciones a los problemas y tener la suficiente solvencia para dar los criterios que permitan el desarrollo de estrategias científicas y tecnológicas, en un campo de acción y reflexión profesional que apunte a resolver problemas de su entorno. En la búsqueda de asociar la reflexión con la acción se considera mostrar y presentar la importancia del conocimiento básico como un acto responsable de quienes tienen a cargo dirigir, orientar y señalar el camino en una temática del conocimiento, en el propósito de estimular la validez y la certeza de la aplicación dentro del contexto de la Ingeniería como también la proyección necesaria para el desarrollo de los pueblos en obras de infraestructura, por ejemplo la construcción de redes de canales abiertos y cerrados, puertos marítimos y fluviales, soportes para la navegación marítima y fluvial, acueductos y alcantarillados, redes de transmisión de energía y plantas de energía; hechos que nos comprometen con la calidad de vida de las ciudades y pueblos, con el fin de suministrar agua potable, saneamiento básico o infraestructura en obras de comunicaciones, pretendemos mostrar un camino que genere criterio dentro del componente demográfico, en donde la ingeniería determina la base para su diseño de trabajo y se apoya sensiblemente en conceptos que proceden de la ciencia básica y fundamentalmente de modelos y métodos matemáticos y estadísticos o físicos.



# Proyecciones demográficas

La medición de fenómenos requiere de conceptos, tales como el crecimiento poblacional, el nivel de inflación y la tasa de desempleo, además de criterios económicos, técnicos, métodos o modelos matemáticos, estadísticos, físicos o químicos. Todos ellos se integran a criterios económicos que se utilizan para la ingeniería y constituyen la base del diseño, de acueductos, alcantarillados, plantas de energía eléctrica y otras obras de infraestructura.

Los demógrafos estudian la composición y el comportamiento de los agregados numéricos de la población, para ello se utiliza entre otros el siguiente caso: <sup>4</sup>

Si tomamos como ejemplo la proyección demográfica en Colombia, el cual es afectado desde el estudio por los métodos matemáticos, entre ellos: la función lineal, la función exponencial y logarítmica, métodos más complejos como las ecuaciones diferenciales lineales y No lineales, como también por métodos estadísticos, entre ellos, el más conocido como el método de componentes, fundamentado en indicadores demográficos, que describen en forma resumida ciertas características o fenómenos de la población. Este método no es incompatible con el de proyección matemática, dado que los dos pueden combinarse con el propósito de facilitar el criterio de proyección de la población en estudio.

## Métodos matemáticos.

### 1. La función lineal

Si llamamos  $(t_0, P_0)$  y  $(t_1, P_1)$  los datos de población arrojados por dos censos, entre los cuales, transcurrió un lapso de  $t$  años y queremos averiguar cual será la población que tiene la localidad, después del ultimo censo  $P(t)$ .

Crecimiento anual entre los dos censos será:  $P(t) = m(t_1 - t_0) + P_0$  donde  $m = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0}$

### 2. La función exponencial

$P(t) = P_0 e^{kt}$  donde  $P_0$ , población inicial;  $e$ , base de logaritmo natural;  $k$ , constante de proporcionalidad;  $t$ , tiempo entre dos censos consecutivos.

La siguiente expresión es una forma de crecimiento más próxima al crecimiento vegetativo, ya que su forma de crecimiento se asimila a la de interés compuesto.

$$P(t) = P_0(1+r)^t$$

### 3. Ecuaciones diferenciales. Los modelos que se aplican para estimar población futura

#### a. La ecuación lineal

$$\frac{dP}{dt} - kP = 0 ; \text{ cuya solución es } P(t) = P_0 e^{kt}$$

#### b. La ecuación no lineal

Una de las ecuaciones para predecir la población humana se llama la **ecuación logística**  $\frac{dP}{dt} = aP - bP^2$ ; donde  $a$  y  $b$  mayor que 0; y su solución se denomina la **función logística**

$$P(t) = \frac{aP_0}{bP_0 + (a - bP_0)e^{-at}} ; \text{ Si } p(0) = P_0, P_0 \neq a/b,$$

## Método de componentes

Los cambios en el tamaño de cualquier población son el resultado de tres fenómenos que ocurren a través del tiempo: los nacimientos, las defunciones y la migración. En consecuencia, el método básico para analizar el comportamiento de la población consiste en establecer una igualdad entre la población en un momento dado,  $P_1$ , y la población en un momento inicial  $P_0$ , más los nacimientos  $N$ , menos las defunciones  $D$ , y más el efecto de la inmigración  $I$ , y la emigración  $E$ , ocurridos entre esas dos fechas,<sup>5</sup>

$$P_1 = P_0 + N - D + (I - E); \text{ de donde tenemos: } (P_1 - P_0) = (N - D) + (I - E)$$

Año	1938	1951	1955	1964	1965	1973	1975	1985	1993	1995	2005
Censo	8701,8	11548,2		17484,2		22015		30862,2	35806,2		
F. Lineal			14833,2		17981,1		24122	29675,4		37342,2	44622,2
F. Exp			17711,3		18051,4		24334,8	32866,4		37510,6	46804,5
M. Comp.		12863,1		17751,5		22867,1					

Tabla 1. Censo y estimación o proyección de la población de Colombia entre los años 1938 y 2005. (Miles) \* Se debe tener en cuenta que los censos de 1905 (4143.6), 1912 (5072.6), 1918 (5855.1) y 1928 (7851.1) no tienen confiabilidad por diversas razones.

Hemos presentado y desarrollado un concepto, la proyección demográfica, con la visión de mostrar y presentar la responsabilidad que nos cabe en la formación del ingeniero desde las ciencias básicas donde se hizo un recorrido por el álgebra, el cálculo y las ecuaciones diferenciales, como elementos mínimos, básicos y fundamentales.

Por otro lado, en esta propuesta no descuidamos el concepto de educabilidad por considerarlo correlativo al concepto de enseñabilidad. Por ello reconocemos la educabilidad como un proceso que "tiene que ver entonces, con una disposición para la formación de las personas a partir de las potencialidades insitas en ella. Potencialidades que demandan realización"<sup>1</sup>. Esto significa que la formación integral del ingeniero debe estar presente un proyecto de desarrollo humano integral que además de hacerlo un profesional competente lo hagamos un ser sensible ante las diferencias y sea capaz de desarrollar proyectos que involucren la parte científica y la heurística.

## Referencias

1. PEDAGOGÍA Y EDUCACIÓN. Reflexiones sobre el decreto 272 / 1998. Bogotá CNA. Pág 25-26
2. FLÓREZ OCHOA, Rafael. Hacia una pedagogía del Conocimiento. McGraw Hill.1994. Pág 90
3. Ibid. Pág 77
4. GARCIA MORENTE, Manuel. Lecciones Preliminares de Filosofía. Ediciones Nacionales. Bogotá. Pág 32
5. LORA, Eduardo. Técnicas de Medición Económica. Bogotá, 2002.
6. Ibid. Pág 19

## Bibliografía

1. CAMPOS, Alberto. LEON, Adolfo. Ideas y Valores. Bogotá, 1993.
2. CAÑÓN RODRÍGUEZ, Julio César. La Ingeniería y el Compromiso Permanente con el Desarrollo. Bogotá.
3. NOT, Louis. Las Pedagogías del Conocimiento. 1979, Toulouse
4. POVEDA RAMOS, Gabriel. Ingeniería en Colombia, sus ciencias y su historia. Bogotá, 1985
5. SILVA GARAVITO, Luis Felipe. Diseño de Acueductos y Alcantarillados. Bogotá, 1980
6. SWOKOWSKI, Earl. COLE, Jeffery. Álgebra y Trigonometría con Geometría Analítica. Grupo Editorial Iberoamérica. México, 1992.
7. ZILL, Dennis. Ecuaciones Diferenciales con Aplicaciones de Modelado. Thomson. Bogotá, 2002.

# Las Normas Guías : ISO IWA2, IRAM 30000, UNE-En ISO-2000 como Herramientas para el CNA

Carlos Alberto Buriticá Noreña, Fernando Orozco J., Diego Franco B.  
Universidad Tecnológica de Pereira

## Resumen

El siguiente trabajo describe los lineamientos para la Acreditación de Alta Calidad de programas y la evaluación de estándares básicos que emplea el CNA, comparados con el Sistema de Calidad en la Educación basados en la norma ISO-9001, hecho en México con la norma IWA2, la IRAM 30000 de Argentina, la UNE-EN ISO-2000 de AENOR de España, quienes han definido los requisitos de las normas basándose en el modelo de la Internacional ISO-9001 de año 2000 del Sistema de Gestión de Calidad, lo cuál justifica que si nos acogemos a modelos internacionales se reforzaría el valor de la Acreditación de Alta Calidad del CNA a nivel mundial. A continuación se describe cada requisito del Sistema de acreditación utilizado por el CNA y como se evaluaría con las normas del Sistema de gestión de la Calidad en la educación.

## Introducción

La internacionalización de las normas ISO permiten estandarizar bajo los mismos delineamientos de calidad, los distintos procesos de producción y de servicio, dentro de los cuales esta el sector educativo en el mundo. En España con la guía UNE-EN ISO -2000, en Argentina con la IRAM 30000, en México con la ISO IWA2 se están utilizando estas normas para ser aplicadas en el sector educativo cumpliendo con los requisitos mínimos de Calidad.

El establecimiento del Sistema Nacional de Acreditación por la Ley 30 de 1992 busca fortalecer la calidad de la Educación Superior logrando reconocimiento a nivel internacional.

El futuro del país esta ligado a la consolidación y perfeccionamiento de la educación, y este sistema no es ajeno a la globalización y a la internacionalización, la aplicación de una norma guía de ISO en Educación, colocaría a Colombia al mismo estándar de evaluación, aunque operativamente por falta de recursos estatales muchos países nos superan en la formación de posgrados, y en investigación, nuestra Educación debe formar profesionales para los requerimientos actuales y futuros en distintas áreas del conocimiento, que puedan enfrentar nuevos retos hacia el futuro.

La Acreditación en Educación, es un reconocimiento por parte del Estado de la Calidad de los programas académicos e instituciones, que permite diferenciar y comparar la formación impartida validada por pares académicos especializados, además, que es un instrumento para promover el mejoramiento continuo de la Calidad de los programas e instituciones con metas de desarrollo institucional. La voluntariedad de la Acreditación, hace que los programas o instituciones que la implementan, se esfuercen para exigirse cada día más alta calidad en los servicios que prestan a la sociedad.

Las normas técnicas en educación utilizadas que fueron referenciadas anteriormente, están basadas en la norma Internacional ISO-9001: 2000 y están orientadas en general para ayudar a las organizaciones educativas a implementar las prácticas de educación y formación bajo los requisitos de Sistemas de Gestión de Calidad, permitiendo que cada institución educativa aplique sus objetivos educativos y de formación de acuerdo a su programa institucional y de Calidad, que pueda ser evaluado y reconocido internacionalmente.

## Marco Legal

Legalmente la Acreditación de programas de Alta Calidad es voluntaria, pero tiene su marco legal en la Constitución Política Colombia en los artículos 27, 67, y 69, la Ley 30 de 1992, el decreto 2904 de 1994, y los acuerdos 04, y 06 del CESU, si comparamos con las normas ISO-9001 teóricamente estas son voluntarias, sin obligatoriedad de cumplimiento, sin embargo la ley 872 del 31 de Diciembre del año 2003, obliga a las instituciones del estado a Certificarse con el modelo de la norma ISO-9001 aplicada a cada institución, en el caso nuestro las instituciones de Educación Pública lo deben llevar a cabo, y que mejor hacerlo en la misma vía del modelo de Acreditación del CNA.

Los principios rectores son iguales para ambos casos y tiene su mismo campo de aplicación como son:

- Se puede aplicar a cualquier institución de educación.
- Es voluntaria.
- Es temporal.
- No es una inspección ni vigilancia.
- Es abierta a todo tipo de institución y campos del saber.

## Objetivo

Entre los objetivos de la Acreditación de alta Calidad tenemos los siguientes:

- Propiciar el mejoramiento continuo de la Educación Superior dando idoneidad y solidez a las instituciones que prestan un servicio público.
- Incentivar a las instituciones a cumplir con su misión, y objetivos propuestos, haciendo revisiones mediante auto-evaluaciones permanentes.
- Permitir la evaluación del Estado para que dé Fe pública del cumplimiento de Calidad en la Educación por instituciones y programas.
- Permitir una información confiable a los usuarios de la Educación.
- Similar es el objetivo de la norma del sistema de Gestión de la Calidad en la educación basada en la ISO-9001, aplicar unos conceptos estándares de Calidad internacional en beneficio de la satisfacción de los clientes de la educación, con la filosofía del mejoramiento continuo.

## Proceso de acreditación-certificación

El proceso de Acreditación CNA, tiene unas etapas muy similares a la Certificación ISO-9001 en la Educación, inicialmente para el proceso de Acreditación se debe cumplir con los requisitos, los cuales se documentan e implementa en cada institución de educación, luego se da una etapa de auto-evaluación en donde se verifica el cumplimiento de los mismos según los lineamientos del CNA, posteriormente se hace una evaluación externa, para preparar posteriormente la visita de Pares académicos, quienes finalmente recomiendan al CNA y al Ministerio de educación la Acreditación o no, quedando pendientes los hallazgos encontrados como una oportunidad de mejora, los cuales se espera se cumplan antes del vencimiento de la Acreditación, la cual es otorgada por 3, 4 o 5 años.

En el sistema de Gestión de la Calidad en la Educación con base en la ISO-9001 se prepara la documentación de los elementos para cumplir con los requisitos de la norma, se implementa, se hacen auditorías internas de auto-evaluación, cuándo se ha fortalecido el sistema, se puede solicitar una pre-auditoría externa, que no es obligatoria, luego se hace un contrato con una institución Certificadora, quien hace la auditoría de Certificación por intermedio de auditores de Calidad competentes quienes recomiendan a un comité la Certificación por tres años o no, esto solo se hace una vez todos los hallazgos encontrados han sido solucionados, que es la gran diferencia de los dos modelos.

## **Factores académicos-audidores sistema de calidad**

Los **Pares académicos** son profesionales reconocidos en su campo y dirección Universitaria, competentes en aspectos de **evaluación** de proyectos académicos aplicando los  **criterios, instrumentos y procedimientos** definidos por el CNA, para lo cuál se deben preparar.

Los **Audidores** en Sistemas de Calidad son personas competentes, con experiencia en el área a auditar, con formación académica en sistemas de calidad, con los **requisitos** que están definidos en la norma internacional ISO-9001, que **permite** evaluar los auditores, antes de realizar funciones de auditorías de Certificación.

Los **requisitos** de la norma ISO-19011 para auditores en Sistemas de Gestión de Calidad, podrían ser aplicables a los **Pares Académicos**.

El **Consejo Nacional de Acreditación** ha definido 8 factores que son requisito central en el servicio de educación superior, el **análisis** de estos factores **permite** apreciar las funciones de los programas académicos como es la  **docencia, investigación y la extensión o proyección social**, la norma ISO-9001 aplicada en la Educación posee 8 **requisitos** cuyo cumplimiento puede **permitir** a una institución de educación alcanzar lineamientos de alta calidad, con las  **mismas** funciones de las instituciones de educación, haremos una **comparación simultánea**, entre los factores del CNA y los **requisitos** del sistema de gestión de calidad en la educación basadas en la norma ISO-9001 aplicada en la educación.

## **Misión y proyecto institucional**

Las **características** del uno al cuatro que componen la Misión y proyecto institucional, estudia la **coherencia y pertinencia** de la misión, los objetivos con sus metas y las **estrategias** del proyecto institucional, la **formación integral**, para poder alcanzar esos objetivos, y el **proyecto educativo**, en la norma ISO-9001 en el Sistema de Gestión en la educación el **direccionamiento estratégico** no es auditable, sin embargo, las **componentes** de la **misión**, se analizan para verificar la **concordancia** con la **política y objetivos** de calidad de la institución educativa **elementos 5.3 y 5.4.1.** de la ISO, deben tener metas, indicadores y el **plan de acción o estrategias** del proyecto institucional, para alcanzar esos **objetivos educativos**, basados en un **proyecto educativo integral**, correspondiendo al numeral 7.2.1. **requisitos** relacionados con el servicio educativo, incluyendo la **formación y la toma de conciencia** en las instituciones educativas que hace parte del elemento 6.2.2., con la **diferencia** de la **evaluación de la misión** el factor uno es similar en la norma ISO de educación y el CNA.

## **Estudiantes**

Este Factor incluye todo lo concerniente con los **estudiantes**, desde la **característica cinco** hasta la **once**, tiene que ver con los **deberes y derechos** de los estudiantes, la **componen** la **admisión**, el **número admitido**, la **permanencia**, a la **participación** en actividades de **formación**, la **competencia**, del **reglamento estudiantil** y de su sistema de **evaluación**, la norma ISO en educación incluye estos **elementos** en sus **numerales 7.2.1.** **determinación** de los **requisitos** relacionados con el servicio educativo, con el 7.2.2. **revisión** de los **requisitos** relacionados con el **servicio educativo** y el 7.2.3. **comunicación** con el **cliente** en las instituciones educativas que son iguales al CNA, la **característica seis** sobre **estímulos y créditos** no aplica en la norma ISO de educación, es la **única diferencia** en este factor, de resto son iguales.

## **Profesores**

Los **profesores** es un factor que incluye **características** desde el **número 12** hasta la **19** y son las siguientes: **Selección** de profesores, el **estatuto profesoral**, de la **cantidad de profesores** de su nivel académico y de su **dedicación** que tienen una **relación** con los **elementos 7.4** de la norma ISO sobre **compras, verificación, selección, contratación y sub-contratación** de los **elementos** que componen el **servicio educativo**. La **característica** sobre el

desarrollo profesional, la interacción con las comunidades académicas que es equivalente al elemento 6.6.2. de la ISO sobre la formación, la toma de conciencia y competencia de los que componen el servicio educativo, las características sobre los estímulos a la docencia, investigación y extensión o proyección social, la producción sobre material docente, y remuneración por méritos, no aplican en la norma ISO-9001 en la educación, pero hacen parte de los elementos 6.3 infraestructura y 6.4 ambiente de trabajo en las instituciones educativas.

## **Procesos académicos**

Es el factor más largo y de los más importantes, inicia con la característica 20 hasta la 32 de la siguiente manera: Integridad y flexibilidad del currículo, la interdisciplinariedad, tiene una relación con los elementos de la norma ISO en la educación 7.1 planificación de la prestación del servicio educativo, 7.5.1. Control del proceso educativo y de la prestación del servicio. Las relaciones Nacionales e Internacionales del programa no aplican en la norma ISO de educación. La metodología de enseñanza, el trabajo de los estudiantes, la evaluación y autorregulación del programa tienen una equivalencia con la ISO educativa en elemento 7.1 la planificación y el 8 con la medición, análisis y mejora del servicio educativo, sobre la investigación formativa, compromiso con la investigación y la extensión o proyección social equivalente al elemento 7.2.1. determinación de los requisitos relacionados con el servicio educativo, los recursos bibliográficos, los informáticos, de comunicación y de apoyo didáctico, se relacionan con el elemento 6.3 de la ISO que es infraestructura en las instituciones educativas.

## **Bienestar institucional**

Este Factor solo tiene una característica la 33, que tiene que ver con Políticas, programas y servicios de bienestar universitario, su relación con la ISO en educación está en elemento 6.2.2. Competencia, toma de conciencia y formación en las instituciones de educación y el 6.4 sobre el ambiente de trabajo en las instituciones educativas.

## **Organización, administración y gestión**

La componen características del número 34 hasta la 37 y la incluyen la organización, administración y gestión del programa que equivale al elemento 6.2.1. de la ISO en educación sobre el recurso en las instituciones educativas y el 6.2.2. sobre la competencia, toma de conciencia y formación en las instituciones educativas.

El sistema de comunicación e información que se relaciona con el elemento 4.2.3 control de los documentos y el 4.2.4 control de registros en las instituciones educativas. La dirección del programa es equivalente al elemento 5.1 responsabilidad de la dirección en las instituciones educativas y sobre la promoción del programa tiene que ver con el proceso de venta que corresponde al elemento 7.1 sobre la planificación de la prestación del servicio educativo.

## **Egresados e impacto sobre el medio**

La característica 38 influencia del programa en el medio, que tiene que ver con el servicio de las instituciones educativas y los clientes del servicio educativo que son requisitos de la ISO 9001 en educación, elementos 7.2.1 requisitos relacionados con el servicio educativo y el 7.5.1 control del proceso educativo y de la prestación del servicio. La característica 39 y 40, el seguimiento a los egresados y el impacto de los egresados en el medio, corresponde al elemento 8.2.1 satisfacción del cliente que tiene que ver con la medida su satisfacción por parte de los clientes del servicio educativo que han recibido, de acuerdo a estas evaluaciones se deben tomar acciones correctivas y preventivas, elementos 8.5.2 y 8.5.3 de la norma ISO en educación.

## **Recursos físicos y financieros**

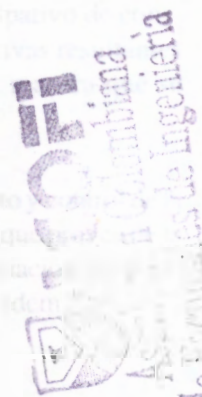
La característica 41 recursos físicos, la 42 sobre presupuesto del programa y 43 administración de recurso, corresponde al elemento 6.1 provisión de los recursos en las instituciones educativas, del elemento 6.3 infraestructura de las instituciones educativas.

La norma ISO-9001 de sistema de gestión de calidad en la educación lo conforman otros requisitos los cuales están incluidos dentro de los lineamientos del CNA, entre los cuales están:

- **Elemento 0.2;** enfoque basado en procesos en las instituciones educativas.
- **El 7.3;** diseño y desarrollo de la instituciones educativas con todos los elementos de planificación, entradas del diseño, resultados del diseño, revisión, verificación, validación del diseño y control de cambios del diseño en las instituciones educaciones, elemento
- 7.5.3 **Identificación y trazabilidad** en las entidades educativas, que tiene que ver con los planes de estudio, programas, horarios, identificación de los alumnos, la historia de su rendimiento académicos, títulos otorgados, etc.
- 7.5.4 **Propiedad del cliente** en las instituciones educativas que tiene que ver con equipos, herramientas, información que no es de la organización educativa y que se debe cuidar como si fuera propia.
- 7.5.5 **Preservación del producto** en las instituciones educativas, es la manera como se deben de conservar o preservar los documentos académicos, como materiales, libros, notas, programas de computadora, etc.
- 7.6 **Control de los dispositivos de seguimiento y medición** de las instituciones educativas estas tienen que ver con equipos que sirven de apoyo para medir resultados en proyectos, investigaciones los cuales deben ser calibrados.

## Bibliografía

1. **MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL**, Lineamientos para la para la acreditación de programas (Consejo Nacional de Acreditación) , Bogotá , Marzo del 2003
2. **ICONTEC**, Proyecto de guía Norma Técnica Colombiana ISO 9001-2000, Bogotá, 30 de Mayo de 2003.



# Modelo de Autoevaluación y Autorregulación de la Universidad Tecnológica de Bolívar: Estrategias de Valor para un Mejoramiento Sistemático de Procesos

Ing. Fabian Alfonso Gazabón Arrieta  
fgazabon@unitecnologica.edu.co  
Ing. Raúl José Padrón Carvajal  
rpadron@unitecnologica.edu.co  
Universidad Tecnológica de Bolívar

## Resumen

El modelo de Autoevaluación y Autorregulación de la Universidad Tecnológica de Bolívar ha sido el cúmulo de esfuerzos eslabonados, conducentes al sistema de medición permanente de los procesos institucionales, bajo las orientaciones del Direccionamiento Estratégico de la Universidad. Como etapa inicial se diseñó el proceso de autoevaluación mediante el cual se logró la apropiación del concepto mismo y la necesidad del mejoramiento continuo de procesos. El logro de lo anterior se fundamentó en un proceso de divulgación encabezado por el Comité Central de Autoevaluación Institucional quien se encargó de planificar, dirigir y coordinar las diversas actividades conducentes al cumplimiento de los lineamientos de alta calidad. Este comité estructuró un modelo cuantitativo de valoración para las características de calidad de los procesos, agrupados por factores de análisis, definidos por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA).

De la información recolectada de la fase anterior se procedió al análisis de la misma, dando como resultado el primer borrador de informe de autoevaluación donde se describieron las fortalezas institucionales y los aspectos a mejorar, soportados en los juicios emitidos por Comité Central de Autoevaluación. Adicionalmente, este análisis fue complementado con la realización de auditorías internas de calidad que soportaron en mayor medida las conclusiones emitidas. Después de la socialización de los resultados se inicia un proceso participativo de construcción para el mejoramiento continuo, asumiendo en grupos de discusión, las acciones correctivas resultantes del trabajo de evaluación, elaboración y puesta en marcha de planes de mejoramiento de tal manera que se asignaran los recursos necesarios para hacer efectivo el proceso.

Finalmente se establecen los mecanismos para el proceso de autorregulación, mediante el seguimiento y control de la operacionalización de los lineamientos básicos del plan de mejora, utilizando un enfoque sistémico que provea de la información necesaria para realizar las proyecciones, de modo que todos estos procesos de autoevaluación y regulación lleguen a convertirse en actividades cíclicas, dinámicas y permanentes de nuestro quehacer académico.

## I. Antecedentes

Las experiencias de Autoevaluación en La Tecnológica se iniciaron en abril de 1985. Durante ese año se realizó lo que podría denominarse el primer proceso formal de Autoevaluación bajo el enfoque sistémico. El proceso se hizo en dos etapas: la primera se ocupó del desarrollo de un sistema de evaluación diagnóstico y la segunda, la implementación del proceso de Autoevaluación permanente.

Los resultados que se presentaron en 1987, generaron procesos de elaboración, revisión y actualización de documentos que constituyeron el marco conceptual y filosófico de la Institución y dieron origen al Plan de Desarrollo Institucional para el período 1988 - 1990. Concluida la vigencia del plan se hizo necesario emprender un nuevo proceso de Autoevaluación como parte integral del sistema de planeación, para lo cual se aplicó la técnica del Análisis Estructural que permitió a través de talleres, identificar, definir y jerarquizar los problemas claves de la Institución.



Los resultados de este proceso de Autoevaluación generaron el Plan de Desarrollo para el período 1992 - 1995, orientados hacia las siguientes prioridades: Formación Integral, Investigación, Nuevas Ofertas Educativas, Integración y Desarrollo del Recurso Humano, Gestión Administrativa, Recursos Educativos e Infraestructura y Planta Física. El tercer proceso de Autoevaluación se gestó en la Tecnológica durante los años 1994 y 1995, orientado hacia la verificación del cumplimiento de las metas establecidas en el Plan de Desarrollo 1992 – 1995.

Los resultados de la evaluación del Plan de Desarrollo 1992 – 1995, se presentaron en un informe final y sirvió como base para iniciar en 1996 la reestructuración de la visión, misión y objetivos institucionales con la participación de todos los estamentos de la Institución. Posteriormente, con las experiencias acumuladas en este proceso, y luego de seminarios y talleres, se concretó el Proyecto Educativo Institucional. En 1996, La Tecnológica decide someter al proceso de Acreditación voluntaria al programa de Ingeniería Industrial, programa tradicional y con gran número de egresados posicionados por su formación profesional en la zona de influencia de la Institución.

En abril de 1997 visita a la Institución una Comisión del CNA, la cual después de verificar el cumplimiento de las condiciones iniciales da el visto bueno para iniciar formalmente la segunda etapa del proceso de acreditación con el desarrollo de la Autoevaluación, este proceso tomó como base los lineamientos definidos por el CNA para la acreditación de programas y la guía de Autoevaluación emitida por ellos mismos, que permitió a través de ésta diseñar nuestro propio Modelo de Autoevaluación, sin desconocer a su vez las experiencias anteriores en este tipo de procesos. Como resultado de lo anterior se logró la acreditación del programa de Ingeniería Industrial y la formulación del Plan de Desarrollo Institucional para el periodo 1999 – 2001.

Ante la terminación de la vigencia del Plan Estratégico Institucional y los requerimientos establecidos para el registro calificado de programas de ingeniería, se inicia un nuevo proceso de Autoevaluación de programas de acuerdo con la metodología que se describe más adelante. A nivel institucional la información recolectada con este proceso se complementa con los resultados del estudio “Desempeño y valoración del egresado de la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar en los medios empresarial, social, gremial e institucional de su zona de influencia” y del “Estudio Estratégico de la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar” contratado con la Universidad del Norte.

Adicionalmente, dentro de la universidad y en cabeza del Programa de Ingeniería Industrial, se apoyó la realización de la investigación “Auditoria de Calidad aplicada a instituciones de educación superior. Caso: Programa de Ingeniería Industrial en la CUTB” desarrollada por un docente. Los resultados del este estudio se terminaron en mayo de 2002.

## 2. Proceso de autoevaluación y planeación

La Tecnológica por sus características de organización se puede explicar con el enfoque sistémico, que concibe a la institución como un sistema complejo y abierto en el que los distintos subsistemas y elementos que la conforman están convenientemente interrelacionados y organizados, formando un todo unitario y desarrollando una serie de funciones que pretenden la consecución de los objetivos globales de la institución. Toda la actividad en ella se lleva a cabo en permanente interacción con el entorno, con el que intercambia información que es utilizada para el mantenimiento de la organización según las nuevas tendencias de los sistemas de gestión de instituciones de educación superior.

Partiendo de lo anterior la institución se considera, para efectos de su Autoevaluación como un sistema conformado por los siguientes subsistemas, los cuales están estrechamente relacionados entre sí y con el medio externo como se muestra en la Figura 1.

- Subsistema de Gobierno y Dirección (Dirección General)
- Subsistema Académico (Dirección Académica)
- Subsistema Administrativo y de Bienestar (Dirección Administrativa)

Los subsistemas relacionados se encuentran en todos los niveles de la Institución prestando su servicio a toda la comunidad universitaria, en los cuales cada uno de ellos recibe entradas o insumos provenientes del entorno o contexto y de los demás subsistemas. A su vez aplican procesos o grupos de tareas lógicamente relacionadas que conforman así el quehacer de la Tecnológica como se representa en la Figura 1:

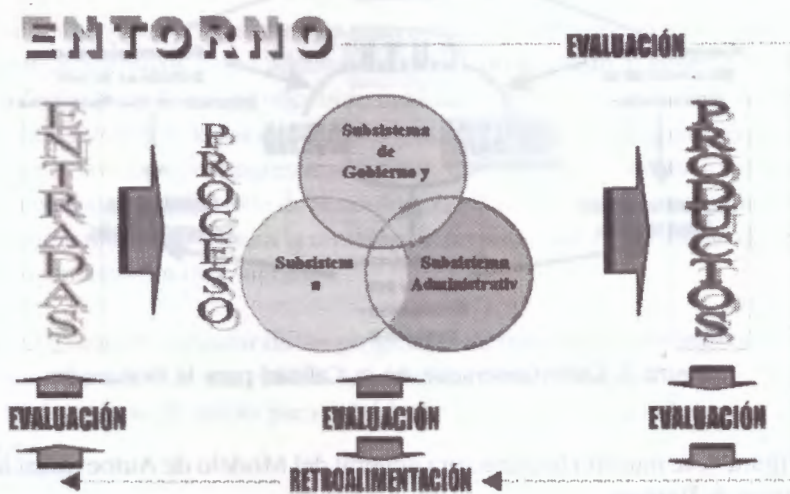


Figura 1. Sistema Universidad Tecnológica de Bolívar

El resultado de la interacción entre los subsistemas descritos anteriormente dentro del contexto universitario, y que confluye en el desempeño de los programas académicos, puede observarse en la figura 2, haciendo visible la relación recursos – información – procesos.

La evaluación de la calidad de los resultados de la interacción entre los subsistemas se desarrolla mediante: la comparación de los productos de diseño concebidos por la Institución con los requerimientos del entorno y a la luz de su misión, la satisfacción de los egresados con la formación que recibió y de sus logros en relación con los objetivos definidos por cada uno de los programas académicos, y la calificación que otorgan los empleadores al desempeño profesional de los egresados en términos de la satisfacción de sus requerimientos, como se muestra en la figura 3.

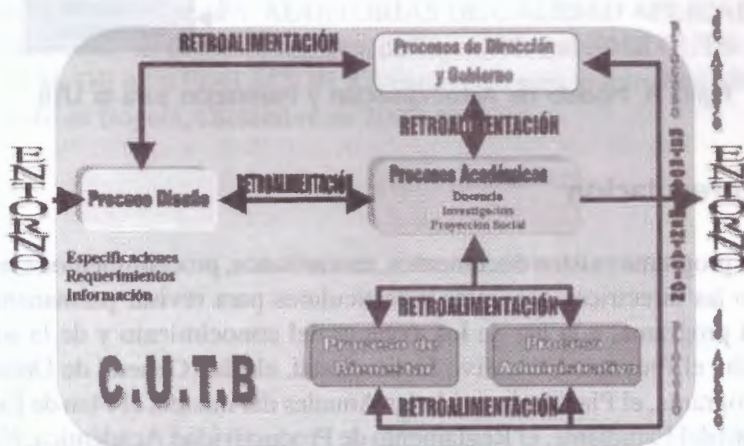


Figura 2. Funcionamiento Sistema Universidad Tecnológica de Bolívar

Para la institución es claro que la Autoevaluación y la Planeación se pueden cumplir y de hecho se cumplen a través de diferentes metodologías prácticas, que como un denominador común se suscribe en un proceso de siete etapas consecutivas, repetidas de manera incesante, enriqueciendo así el conocimiento que de sí misma tenga la Institución o el programa, y refinando a la vez la metodología, los instrumentos y los resultados. Adicionalmente, producto de un trabajo colectivo y con el apoyo de un grupo de docentes se construyó lo que es hoy el mapa de

procesos de la Tecnológica, que muestra claramente los procesos y subprocesos que hacen asegurar que la realización del servicio sea de alta calidad.



Figura 3. Ciclo Generador de la Calidad para la Evaluación

Por otro lado, en la Figura 4, se muestra la estructura general del Modelo de Autoevaluación y Planeación para la Universidad Tecnológica de Bolívar.

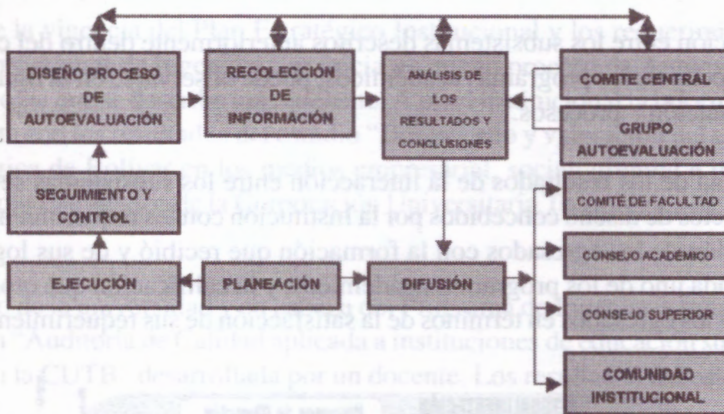


Figura 4. Modelo de Autoevaluación y Planeación para la UTB

### 3. Procesos de autoregulación

A nivel institucional y del programa existen documentos, mecanismos, procedimientos e instrumentos formalizados que se utilizan como las directrices generales y particulares para revisar permanentemente los objetivos, validez y pertinencia del programa, a la luz de los avances del conocimiento y de la sociedad. Los Estatutos Generales de la Institución, el Proyecto Educativo Institucional, el Plan General de Desarrollo Institucional, el Plan de Desarrollo del Programa, el Plan de Actividades Anuales del mismo, el Plan de Estudios, el Reglamento Académico, el Reglamento del Estudiante, el Reglamento de Productividad Académica, el Reglamento de Personal, el Estatuto Orgánico, entre otros, son algunos de los documentos utilizados por el programa para evaluar su quehacer cotidiano.

Cada dos años se realizan procesos de recolección y análisis de información para el desarrollo de la Autoevaluación de cada programa de la Institución, que ha permitido a su vez la elaboración de planes de desarrollo, así como el establecimiento de nuevas metas y objetivos, lo mismo que la realización de ajustes a algunos aspectos relacionados con la consolidación de los programas.

Para garantizar un mejor cumplimiento de las actividades de evaluación de los programas, existen políticas e indicadores claramente definidos que orientan la gestión de la docencia, la investigación y la proyección social y que son coherentes con los principios formulados para cada una de estas áreas en el Proyecto Educativo Institucional y el Plan de Estudios de cada Programa.

La institución cuenta con los recursos e instrumentos para evaluar el desempeño y las posibilidades de desarrollo de sus colaboradores tanto académicos como administrativos. Con respecto al sistema de evaluación de la labor docente utilizado por la Institución se tiene concebido evaluar al docente así: Autoevaluación del docente, una Evaluación del Decano, la Evaluación de los estudiantes matriculado en las asignaturas que el docente imparte y una evaluación de docentes definidos como pares académicos. Los docentes conocen los mecanismos e instrumentos de evaluación y se manifiestan plenamente de acuerdo con ellos. Los estudiantes consideran como muy acertado que el programa los considere a ellos para la emisión de un juicio sobre la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje en el cual se encuentran involucrados.

El Comité de Facultad y el Comité Curricular de los programas de ingeniería, son realizadas reuniones periódicamente en las cuales evalúan las distintas actividades académicas desarrolladas durante el desarrollo del semestre, permitiendo obtener los elementos de juicio para establecer nuevas metas conducentes al mejoramiento de la calidad de cada programa.

En el Consejo Académico se discuten y analizan los temas relacionados con las orientaciones generales de carácter académico en términos de docencia, investigación y proyección social.

En últimas la convicción de la institución y de los programas de ingeniería acerca de las bondades de un proceso serio y sistemático de evaluación para lograr su crecimiento, sostenibilidad y excelencia académica, son factor clave del éxito.

## Bibliografía

1. INFORME DE AUTOEVALUACIÓN CON FINES DE RENOVACIÓN DE LA ACREDITACIÓN DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2002.
2. PLAN ESTRATEGICO INSTITUCIONAL. Documento interno UTB. Dirección de Planeación 2002.
3. CARRILLO L. Martha, ALVIS Carmen. AUDITORÍAS DE CALIDAD APLICADA A INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR. CASO: Programa de Ingeniería Industrial CUTB. 2002.
4. CONSEJO NACIONAL DE ACREDITACIÓN. Lineamientos para la Acreditación institucional VERSIÓN PRELIMINAR Santafé de Bogotá, Diciembre de 2000. 68 p.



# Modelo de Gestión de la Calidad para los Laboratorios de Ingeniería en la UTB. Simbiosis entre ISO y CNA

Mba. Martha Sofía Carrillo Landazábal  
mcarrill@unitecnologica.edu.co  
Mcc. Eduardo Gómez Vazquez  
egomez@unitecnologica.edu.co

## Resumen

En Colombia existe una gran heterogeneidad en la oferta de educación superior reflejado no solo en la multiplicación de programas de diversa índole sino también en importantes diferencias de calidad. La calidad se puede entender como un eje estratégico y de gran importancia dentro de la política de estado orientada a promover el mejoramiento del sistema de educación superior.

La educación se considera como un servicio público que tiene una función social muy importante, las instituciones responsables de educación superior deben por tanto rendir cuentas ante el estado y la sociedad sobre el servicio que prestan. De hecho, la Ley General de Educación estableció que todo programa de formación superior debe demostrar previamente que satisface ciertas exigencias mínimas de calidad mediante el registro calificado; en primera instancia fue el Consejo Nacional de Acreditación "CNA" quien le ha correspondido la tarea de apoyar al Gobierno en la aplicación de estos lineamientos y que en la actualidad corresponde los procesos de aseguramiento de la calidad a CONASES. Cada vez son más las instituciones universitarias que han venido comprometiéndose voluntariamente y autónomamente en el proceso de reconocimiento de alta calidad de programas (según Ley 30 de 1992). De modo que este constituye un punto de partida muy sólido para los procesos internos de mejoramiento y se convierte en un referente muy claro para que los usuarios potenciales de la educación superior puedan hacer una elección satisfactoria de instituciones reconocidas por altos estándares de calidad.

Así como los lineamientos del CNA son utilizados por las instituciones universitarias para obtener su reconocimiento de alta calidad en la educación, existen otros mecanismos para certificar la calidad en diversas organizaciones, estas son, la familia de normas denominadas ISO 9000. Pretendemos mostrar que aplicando una metodología de normalización internacional y los factores definidos por el CNA, es posible que sea utilizada como herramientas eficaces de mejoramiento continuo que permitan a una institución desarrollar procesos de calidad en los laboratorios, como es el caso de los laboratorios de física eléctrica y de automatización y control automático usado por los estudiantes de ingeniería que permitirá a la institución mantener el sistema de gestión de la calidad y hacer mejoras en los procesos de prestación del servicio.

## Generalidades

El enfoque que la calidad brinda al aplicar un sistema de gestión asegurando que las organizaciones satisfagan los requerimientos de los clientes y a su vez hagan uso racional de los recursos y una máxima productividad logrando de este modo en la organización una fuerte ventaja competitiva como es la cultura del "mejoramiento continuo" con un impacto positivo en la satisfacción del cliente y del personal y un incremento de la productividad.

La tendencia a la calidad, surgida inicialmente en torno a las actividades productivas de tipo industrial, se ha venido extendiendo hacia las actividades de formación profesional, lo mismo que a las instituciones educativas de todo el mundo.

En cuanto a las instituciones educativas se nota la presencia de nuevas tendencias que facilitan y presionan por el surgimiento de mecanismos de Gestión de calidad entre las cuales se pueden destacar: la respuesta cada vez más orientada desde la demanda, la creciente convergencia de múltiples instituciones en el mercado que multiplica las posibilidades de elección, la necesidad de mostrar un buen nivel de respuesta desde las grandes instituciones y la mayor complejidad en la formación y en sus características.

El enfoque de gestión de calidad aplicada a Educación Superior no está afectando la validez de sus conceptos tradicionales de calidad en lo relativo a la pedagogía; más bien, se nota una ampliación hacia el examen de calidad de la institución globalmente considerada más allá de la sola revisión de calidad en docentes o en los materiales pedagógicos.

Actualmente, se puede asegurar que los métodos de calidad están siendo el punto de partida sobre el cual se apoya toda empresa u organización de enseñanza para garantizar su futuro. La presión es cada vez mayor. En estos momentos las organizaciones que no estén en proceso de normalización, o implantar un sistema de calidad que les permita obtener la confiabilidad y brindar seguridad a su cliente final se encuentra en gran desventaja frente a los procesos de globalización y su competitividad se encuentra en desventaja ante un mercado tan difícil y global y ante un panorama difícil como el que vive el país actualmente.

La aplicación de metodología de normalización en los laboratorios de ensayos o mediciones debe tener como uno de sus principales objetivos de calidad, prestar un buen servicio a sus usuarios, que estos usuarios estén satisfechos con las instalaciones, equipos, personal que dirige el laboratorio, etc. Además se debe garantizar que los ensayos que se realicen en sus instalaciones tengan excelentes resultados. Estos objetivos se alcanzan de manera eficiente mediante un sistema de calidad planificado y documentado.

Es así como el análisis y la determinación para los laboratorios de Física Eléctrica, Circuitos Eléctricos, Instrumentación, Electrónica Análoga y Electrónica Digital y Control Automático de la UTB con respecto al cumplimiento de las normas ISO 9001: 2000 de Gestión de la calidad.

## **Norma ISO 17025 vs ISO 9000:2000**

El desarrollo, implantación y posterior implementación de sistemas de aseguramientos de la calidad en laboratorio de calibración y ensayos es una iniciativa reciente, dirigida por personas imbuidas de una visión a futuro, que ha obedecido, principalmente, a la necesidad de facilitar el intercambio nacional e internacional de servicios de laboratorios. Estos servicios sirven principalmente, para asegurar la conformidad o para identificar una determinada característica de productos.

Para que el reconocimiento entre las partes sea realista, es fundamental que los laboratorio emitan resultados confiables a lo largo del tiempo y que todos los involucrados utilicen una norma común. La referencia internacional comenzó con la adopción de la guía internacional ISO 25 y que perdurará a través de la adopción de la norma ISO 17025; con esta norma se busca el reconocimiento de competencia técnica de laboratorios.

Las aportaciones de ISO 17025 y que la diferencian de ISO 9001 son:

- Requerimientos más prescriptivos.
- Factores que promuevan independencia en la medida.
- Designar personal técnico y gerencia competente en temas de calidad.
- Aspectos de confidencialidad y protección de propiedad intelectual.
- Requisitos con mayor alcance específico para evaluar Identificar y definir metodología para asegurar consistencia de la calibración.
- Requisitos de ambiente y plantel físico en donde se realizan la medida y la calibración.
- Aspectos de organización, sanidad y limpieza en las premisas de actividades.

- Requisitos específicos para segregar, mantener, manipular y almacenar.
- Medida y trazabilidad a patrones de calibración reconocidos internacionalmente y extender a medida, pruebas y ensayos según sea apropiado.
- Metodología consistente para pruebas, ensayos y calibración.
- Datos e información relevante a los requerimientos contractuales de cliente regulatorio y esquema industrial.
- Controles estrictos sobre procesos y actividades incluido cuando se contraten las mismas.

La Norma ISO 17025 exige que:

- Los equipos tengan certificados industriales, posean maquinarias e instrumentos que nos permitan realizar calibración de los equipos.
- Revisión de las condiciones ambientales de los laboratorios.
- Personal certificado para el manejo de los equipos del laboratorio.
- Los equipos de medida y ensayo utilizados en el laboratorio y que tengan un efecto sobre la exactitud o validez de los ensayos habrán de calibrarse antes de su puesta en servicio y, posteriormente, cuando sea necesario de acuerdo con el programa de calibración establecido, ya que las características de medida de los equipos se degradan con el paso del tiempo y de uso.
- El programa global de calibración de los equipos ha de concebirse y aplicarse de forma que, cuando sea aplicable, pueda asegurarse la trazabilidad de las medidas efectuadas por el laboratorio en relación con patrones nacionales o internacionales disponibles. Cuando no sea aplicable la trazabilidad en relación con patrones nacionales o internacionales, el laboratorio de ensayos habrá de poner de manifiesto satisfactoriamente la correlación o la exactitud de los resultados de los ensayos.

Como nuestro objetivo es el mejoramiento del laboratorio para alcanzar una calidad continua en la enseñanza utilizaremos la norma en los ítem que nos ayuden a cumplir con nuestros objetivos dejando la parte técnica, que es donde profundiza esta norma en un segundo plano, ya que nuestro laboratorio es para prestar servicio educativo.

- El laboratorio cuenta con bancos de trabajo didácticos realizados por estudiantes como tesis de grado, los equipos no tendrán certificados pero si todos sus manuales para el correcto funcionamiento.
- Como equipos de uso didáctico su calibración dependerán de las condiciones necesarias para que el equipo funcione correctamente y emule el proceso que representa. La calibración con patrones internacionales no es tenida en cuenta, por que no es necesario mucha precisión ya que no son equipos de carácter industrial.

Esta norma sirve de guía y complemento para el diseño del sistema de gestión de calidad con la norma ISO 9001:2000 para los laboratorios, pero no se puede aplicar en su totalidad debido a exige una alta dosis de inversión para su implementación, pero se pueden tomar varios elementos básicos y utilizarla completamente cuando la institución desee implementarla en su totalidad.

## Desarrollo

Los laboratorios de Física Eléctrica, Circuitos Eléctricos, Instrumentación, Electrónica Análoga y Electrónica Digital y Control Automático control automático de la CUTB fueron creado por la institución para el Programa de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Mecatrónica, en el caso del laboratorio de Física Eléctrica básicamente es utilizado por todas las ingenierías (Industrial, Sistemas, Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Mecatrónica, Civil y Ambiental). Para el caso del laboratorio Control Automático este está constituido por diferentes bancos de trabajos que representan diferentes procesos comunes a los encontrados en las industrias tales como: Control de nivel; Control de presión; Control y Monitoreo de temperatura de un horno de resistencia; Control de tensión para suministro de corriente continua a una carga; Control de temperatura para un intercambiador de calor; Control de tanques conectados en paralelo y Banco de PLC.

La idea principal tuvo como objetivo primordial reestructurar y organizar las guías para las prácticas para las diversas asignaturas y la aplicación de estándares de calidad para los laboratorios que buscan el mejoramiento continuo.

La recolección de la información se obtiene de la siguiente forma:

- La información para la unificación de las guías
- Clasificación de las guías de laboratorio
- Evaluación de los planes de curso relacionados con los diferentes temas vistos en cada una de las asignaturas relacionadas con cada laboratorio.
- Apoyo de los docentes que orientan cada asignatura con relación a los laboratorios.
- Para el diseño de un sistema de gestión de la calidad según la norma ISO 9001:2000 e ISO 17025
- Elaboración de instrumnto de recolección de información teniendo en cuenta ISO 9001:2000 e ISO 17025
- Realización del diagnóstico inicial para determinar grado de cumplimiento de las normas
- Revisión de revistas, folletos, trabajos de grado, entre otros relacionados con el laboratorio.

El desarrollo del estudio se siguió tomando como punto de partida los resultados arrojados por el diagnóstico inicial realizado y las recomendaciones para cumplir con los requerimientos de la norma.

El cual se llevó a cabo teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- Se diseñó un sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001:2000 y el estudio de la norma (Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración) para prestar un buen servicio de laboratorio de control basado en los lineamientos de ISO 9001:2000 e ISO 17025.
- Se analizaron los requisitos del CNA con relación a los laboratorios para lograr la acreditación del programa.
- Con relación al sistema de gestión de la calidad se documentaron para el laboratorio los siguientes manuales: manual de calidad, manual de procedimientos e instructivos, manual de funciones, panorama de riesgos, manual de mantenimiento y manual de auditoría interna.
- Para el laboratorio se estandarizaron los manuales del usuario, manuales de mantenimiento y prácticas de laboratorio.

## Conclusiones

El Sistema de Gestión de la Calidad NTC ISO 9001 es aplicable a cualquier tipo de organización, empresa o institución educativa sin importar su envergadura ni la prestación del servicio que realiza, pero depende mucho de la disposición y del tiempo que se tenga dispuesto a invertir en este proceso de mejoramiento por parte de la organización.

El diseño de un sistema de gestión de la calidad en los LABORATORIOS DE FÍSICA ELÉCTRICA, CIRCUITOS ELÉCTRICOS, INSTRUMENTACIÓN, ELECTRÓNICA ANÁLOGA Y DIGITAL Y CONTROL AUTOMÁTICO DE LA UTB según los lineamientos de las normas ISO 9001, conlleva a alcanzar una mejor calidad en el servicio prestado en estos laboratorios.

- El diagnóstico de la situación actual de los laboratorios con referencia a las norma ISO 9001, se constituyó en la principal herramienta para el diseño de su Sistema de gestión de la calidad, y fue de gran utilidad para la consecución de la información.
- Del diagnóstico inicial realizado, vale la pena resaltar los siguientes resultados:

El cumplimiento de la norma ISO 17025, puede ser aceptable para los laboratorios, pero hay que hacer énfasis en que como esta norma certifica la competitividad técnica del laboratorio a niveles industriales técnica, solo se utilizaron algunos ítems de la misma para ser aplicados a los laboratorios.



Es importante tener en cuenta de los laboratorios el personal encargado de su manejo ya que estas personas deben ser capacitadas y calificadas para realizar su trabajo. Además se debe considerar la estructura adecuada tanto en equipos como planta física para la realización de prácticas de laboratorio.

La reestructuración y normalización de cada una de las prácticas existentes en los laboratorios de Física Eléctrica, Circuitos Eléctricos, Instrumentación, Electrónica Análoga y Digital y Control Automático con el fin de cumplir con los estándares de calidad, de acuerdo a los lineamientos de la norma ISO 9001:2000, no es tarea fácil si todos los interesados participen.

Para lograr que el Sistema de Gestión de la Calidad diseñado pueda ser implementado debe existir un compromiso en todos los niveles de los laboratorios, empezando por la dirección de programas.

## Bibliografía

1. ALEXANDER ALBERTO G. servat "Manual para documentar sistemas de calidad". Ed. Prentice hall.
2. ALEXANDER ALBERTO G. servat "Aplicación del ISO 900 y como Implementarlo". Ed. Addison Wesley Iberoamericana.
3. BEMOUR G., Fabiola María y VANEGAS R., Clara I. Panorama de Factores de Riesgo. Medellín: Suratep, 2000 p. 7-20
4. ICONTEC. Gestión de calidad y elementos del sistema de calidad lineamientos para empresas de servicios. Santa fe de Bogota: Icontec, 2000.
5. ISO 9000. Sistema de gestión de calidad, Fundamentos y vocabulario. Santafé de Bogotá. ICONTEC. 120 Pág.
6. ISO 9001: 2000. Sistema de gestión de la calidad. Santa fe de Bogota: Icontec, 2000.
7. ISO 17025-2000 "Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo".
8. SACRISTAN, Francisco Rey, Manual de mantenimiento de maquinas y equipos eléctricos 3° ed. CEACSA. 1981.

## Paginas web de referencia:

- <http://www.homoqualitas.com/castella/infos/iso90002000/portada.htm>
- <http://www.metalunivers.com/arees/metrologiadimensional/tutorial/calidadcalibracion.htm>
- <http://www.cueronet.com/informes/iso9001.htm>
- <http://www.iso.ch>



# Modelo Pedagógico Constructivista Aplicado sobre Tecnologías de Informática y Comunicaciones para Apoyar el Proceso de Enseñanza Aprendizaje Individual con Calidad

José Márquez Díaz  
Universidad del Norte  
jmarquez@uninorte.edu.co

UNIVERSIDAD DEL NORTE  
Colombiana  
de Ingenierías de Ingeniería

Dentro del constructivismo, el ser humano obtiene el conocimiento mediante un proceso de construcción individual. A partir de este postulado, el estudiante hará una aprehensión del conocimiento al interesarse de forma voluntaria, espontánea e individual en los mecanismos que le permitan deducir los conceptos a partir del comportamiento del objeto de aprendizaje utilizado que lo convierte en un generador constante de nuevo conocimiento para él.

El estudiante parte de ejemplos simulados y orientadores que le posibilitan inferir en forma individual los conceptos fundamentales partiendo de la base de un conocimiento previo. La inferencia la hace, en primera instancia, a partir de una opinión espontánea de las características comunes que percibe en cada uno los ejemplos; en segunda instancia a partir de un cuestionario más cerrado basado en preguntas con múltiples respuestas que caracterizan el objeto de conocimiento; y en tercera instancia a través de la diferenciación del objeto aprendido dentro de instancias relacionadas con este.

## 1. Introducción

Para la teoría constructivista los conocimientos deben construirse y no reproducirse, los alumnos deben participar en la construcción de las estructuras del conocimiento, todo lo que se aprende depende del conocimiento previo y de cómo la nueva información es interpretada por el alumno [2].

Lo que el alumno será capaz de aprender depende del nivel de competencia cognitiva y de los conocimientos construidos en el transcurso de las experiencias previas, estos dos aspectos constituyen los esquemas del conocimiento que le permitirán al alumno elaborar el nuevo contenido de aprendizaje [2].

La teoría constructivista considera fundamentales los siguientes aspectos:

- No fragmentar o descomponer el conjunto de procesos que componen el aprendizaje de un contenido.
- La enseñanza se debe basar en actividades reales que integren la complejidad que caracteriza a las situaciones del mundo real.
- La enseñanza debe buscar activa y continuamente el aprendizaje del alumno por medio de una experiencia.
- El error es considerado como la auto evaluación de los procesos realizados y le permite al alumno mejorar los resultados obtenidos, en este caso el error es considerado como un paso previo para el aprendizaje.
- Los elementos motivacionales son importantes ya que deben llevar a cabo aprendizajes significativos.
- Necesidad de la durabilidad del cambio cognitivo producido en los alumnos.

## 2. Diseño de objetos educativos

Como ayuda para el curso de educación virtual, es necesario desarrollar materiales educativos, de tal manera que con la utilización de objetos de aprendizaje se puedan definir características importantes del curso de una manera general.

El diseño del contenido conceptual está fundamentado en el desarrollo de dichos materiales, que permitirán el alcance de los objetivos del curso y permitirán explorar, profundizar y analizar las temáticas de administración de procesos y memoria principal dentro de la asignatura de sistemas operacionales donde se aplicó el modelo.

Para esto, las funciones de los materiales educativos son las siguientes:[2]

- Favorecer la autonomía, requisito indispensable en un sistema a distancia.
- Despertar curiosidad científica en el destinatario, motivar para seguir estudiando y mantener la atención.
- Relacionar la experiencia, los conocimientos previos, con los nuevos que se proponen.
- Facilitar el logro de los objetivos propuestos en el curso.
- Presentar la información adecuada, esclareciendo los conceptos complejos o ayudando a esclarecer los puntos más controvertidos.
- Poner en marcha el proceso de pensamiento en el destinatario, proponiendo actividades.

La presentación didáctica del contenido de una asignatura constituye un problema central de los sistemas de educación virtual. Los principios que conforman la base de las teorías del aprendizaje influyen en forma importante en la elaboración de los materiales electrónicos que se emplearán para el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje virtuales.

### 3. Modelo pedagógico

Para el correcto funcionamiento de los ejemplos interactivos se construyó una estructura de navegación que permitiera proporcionarle al estudiante toda la información de manera rápida y sencilla. La figura 1 muestra la estructura de navegación utilizada para el desarrollo virtual de los temas de Administración de Procesos y Administración de Memoria desarrollados en la asignatura Sistemas Operacionales.

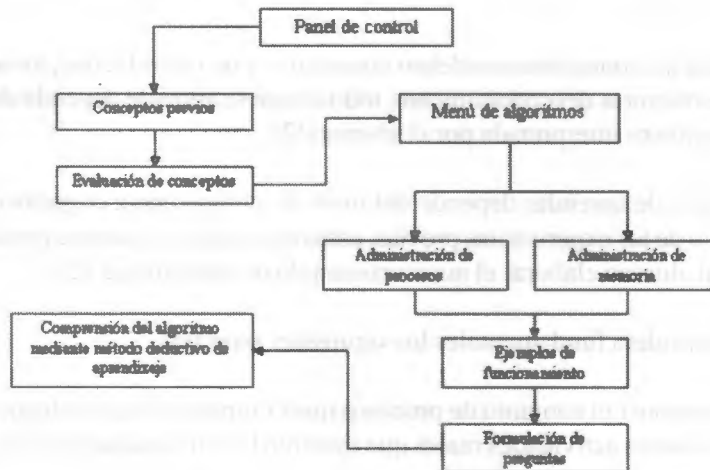


Figura 1. Estructura de Navegación

#### 3.1. Funcionamiento de los módulos en la estructura de navegación

La estructura de navegación está constituida por un conjunto de módulos descritos a continuación:

**Conceptos Previos:** Este módulo contiene lo relacionado con los fundamentos básicos y conceptos previos que el estudiante de la asignatura de sistemas operacionales debe dominar antes de enfrentarse a los temas de administración de procesos y memoria.

**Evaluación de conceptos previos:** Una vez leídos y comprendidos cada uno de los conceptos previos el estudiante es sometido a una evaluación, cuya aprobación le permitirá posteriormente observar cada una de las animaciones con las que cuenta el sistema.

**Menú de algoritmos:** Cuando el estudiante completa satisfactoriamente cada una de las preguntas formuladas en la evaluación de conceptos previos, puede acceder a cada una de las opciones con las que cuenta el menú. Éstas se componen de cada uno de los algoritmos de administración de procesos y administración de memoria.

**Ejemplos de funcionamiento:** Cada algoritmo tiene asociados tres diferentes ejemplos que simulan el funcionamiento de los mecanismos de administración de procesos y/o memoria. A partir de estas simulaciones, las cuales se pueden repetir infinidad de veces, el estudiante estará en capacidad de obtener las conclusiones necesarias que le apuntalarán a obtener la caracterización de cada uno de estos mecanismos. Los ejemplos de funcionamiento constituyen la parte fundamental de desarrollo del modelo, ya que a partir de éste los estudiantes construyen mentalmente el conocimiento, el cual serán capaz de reproducir en sus propias palabras a partir de preguntas guiadas formuladas por la misma herramienta informática. A partir de la simulación, inmediatamente, el estudiante puede emitir juicios libres que caractericen el funcionamiento de los algoritmos.

**Formulación de preguntas:** Cada simulación se compone de cinco ( 5 ) preguntas de selección múltiple que le permitirán al estudiante autoevaluarse, y al mismo tiempo comprender el funcionamiento del algoritmo mediante el método deductivo de aprendizaje. Es decir, es aquí donde el estudiante infiere o construye el conocimiento por su propia cuenta, sin la ayuda del docente, guiado por los ejemplos de funcionamiento que previamente ha observado.

### 3.2. Resultados totales de la evaluación del sistema

Después de diseñar y desarrollar el modelo, se tomó una muestra de diez ( 10 ) estudiantes de la asignatura Sistemas Operacionales, la cual se desarrolla de forma presencial en su totalidad, para aplicarles un test que comprende diez ( 10 ) preguntas relacionadas con los temas de Administración de Procesos y Memoria. A partir de la aplicación del test se observa que el 47% de las preguntas, antes de utilizar la herramienta, son respondidas en forma incorrecta y, luego de utilizarla, la tasa bajó al 25% de las preguntas en forma incorrecta. En las figuras 2 y 3, se observa la distribución porcentual de las respuestas antes y después de la utilización de la herramienta.

Esto muestra el aumento significativo de las respuestas correctas a partir del uso individual de la herramienta, ya que el estudiante infiere o construye en forma individual su conocimiento y repite, las veces que sea necesaria, el repaso de los contenidos hasta que esté seguro que ha adquirido el conocimiento en forma precisa.

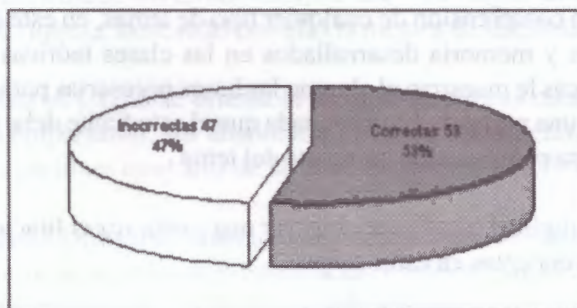


Figura 2. Gráfico de resultados antes de utilizar la herramienta

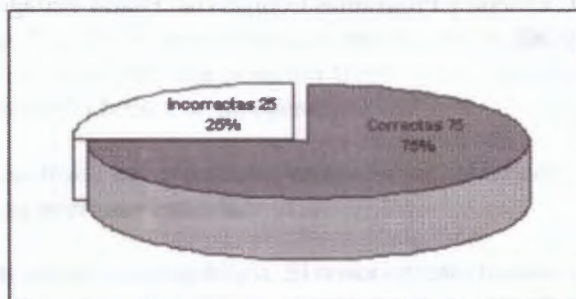


Figura 3. Gráfico de resultados después de utilizar la herramienta

UNIVERSIDAD  
COLOMBIANA  
de Ingeniería

## 4. Conclusiones

La Universidad del Norte como pionera en tecnología en toda la Costa Atlántica aprovecha al máximo las ventajas prestadas por su sistema de información educativo virtual, haciendo de las clases teóricas una pequeña parte del proceso educativo que debe seguir el estudiante para alcanzar una verdadera formación integral.

Al haber alcanzado la teoría de los sistemas operativos un nivel considerable de madurez y estabilidad, sus diseñadores disponen de los fundamentos, las herramientas y la oportunidad de producir sistemas innovadores que satisfagan las necesidades de los usuarios.

El uso de sistemas educativos basados en teorías de aprendizaje, como la constructivista, es una guía de mucha ayuda a la hora de desarrollar un software educativo capaz de enseñar al estudiante en forma individual a través de simulaciones y ejemplos gráficos, utilizando un método de aprendizaje deductivo; de tal forma que éste ( el usuario final del software) pueda construir, aplicar y reconocer el concepto de cada uno de los algoritmos de administración de procesos y memoria principal, haciendo más fácil la práctica de los mismos. Cabe anotar también que con la utilización de estas teorías de aprendizaje se logra la estimulación de las destrezas de pensamiento ya que de cierta forma se “obliga” al estudiante a pensar para obtener, construir o deducir un concepto. Resultados similares son los que se requieren para obtener así ingenieros más capacitados y más abiertos de pensamiento en cuanto a la solución de problemas.

La implementación de sistemas educativos como el desarrollado en la asignatura de Sistemas Operacionales sirven de modelo a aplicar en otras áreas, ya que su funcionamiento facilita la labor del profesor, suministrándole una herramienta más para la enseñanza de la asignatura, y a su vez le permite evaluar el nivel de comprensión alcanzado por el estudiante en las horas teóricas de la asignatura.

Los resultados arrojados por la evaluación realizada antes y después de utilizar la herramienta educativa informática nos muestran que los métodos de aprendizaje constructivistas basados en la deducción a partir de ejemplos son muy efectivos para la rápida comprensión de cualquier tipo de temas, en este caso aplicado a los algoritmos de implementación de procesos y memoria desarrollados en las clases teóricas de la asignatura de sistemas operacionales. Estas clases teóricas le muestran al alumno las bases necesarias para comprender el funcionamiento de dichos algoritmos, pero es una necesidad comprobada que el estudiante debe manipular y experimentar con dichos algoritmos para lograr una comprensión completa del tema.

Estas ayudas educativas le permitirán al estudiante observar una y otra vez el funcionamiento de estos algoritmos llevándolos a afianzar más sus conceptos en estos temas.

## Bibliografía

1. GALVIS PANQUEVA, ALVARO H., Ingeniería De Software Educativo. 1992, Bogotá.
2. GROS, BEGONA/ COORD., Diseño y Programas Educativos: Pautas Pedagógicas Para La Elaboración De Software. 1997, Barcelona, p. 82.

# Plataforma Virtual Empresarial UDES

## Modelo de Aula para la Aplicación de Estrategias Metodológicas y Pedagógicas para el Aprendizaje Autónomo Continuo en Gestión Avanzada de Procesos del Conocimiento

Ing. Luis Reina Villamizar - Ing. Guillermo Beltrán Dulcey  
Corporación Universitaria de Santander. "UDES"

El desarrollo de la simulación de procesos en la escala del contexto virtual de la educación a nivel global y especialmente en Colombia ha superado las expectativas planteadas esencialmente por la educación superior, en cuanto al empleo o uso de nuevas tecnologías.

La plataforma virtual empresarial UDES consiste en un laboratorio de simulación a nivel virtual que integra todas las ingenierías pertenecientes a la Universitaria de Santander bajo el objetivo general de ser el instrumento de apoyo en las técnicas de aprendizaje orientadas hacia el fomento de la simulación de procesos y su comprensión, por parte de la comunidad Universitaria sin dejar a un lado la participación de los empresarios y cada miembro que pertenece al sector empresarial colombiano.

El modelo de aula para la aplicación de estrategias contribuirá al desarrollo óptimo de modelos de revisión y mejora que permitirán mejorar el ámbito de la gestión avanzada del conocimiento y de la excelencia empresarial sin dejar a un lado el efecto que las nuevas tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) tendrán en el desarrollo de nuevos modelos de Gestión Empresarial.

- La existencia de un programa específico dentro de la Plataforma Virtual Empresarial UDES viene dada principalmente a través de la Gestión Avanzada de Procesos de Conocimiento, como base de la competitividad de las empresas y particularmente de los estudiantes, siendo dicho argumento la base del mantenimiento del empleo y de la creación de riqueza, buscando con ello la mejora de la calidad de vida.

La Plataforma Virtual Empresarial UDES se orienta al proceso de mejora continua en dos tipos de comunidad como son: la académica y la empresarial, sin abandonar el factor social, clave en cualquier tipo de proyecto. Soluciones empresariales: Las acciones en el área de la Gestión Avanzada de Proceso de Mejoramiento Continuo.

La plataforma virtual Empresarial UDES en su dinámica integradora de gestión del conocimiento, aprendizaje autónomo y significativo con aplicación de tecnologías de la información y redes informáticas concibe el término conocimiento como la transformación de la información en acción destacando una serie de elementos o herramientas como son:

**Conocimiento Explícito:** Basado en procedimientos, patentes, reglas de actuación, modelos de referencia, que constituyen una parte formal de la forma en la que la empresa, organización se comporta.

**Conocimiento Semiexplícito:** Basado en la experiencia práctica no formalizada, pero que es habitualmente utilizado en las actuaciones que requieren una posición frente a una situación de incertidumbre media. (Por ejemplo como tratar una reclamación brusca de un cliente).

**Conocimiento Tácito:** Es el que reside en las personas en base a sus habilidades, relaciones, capacidades conceptuales, actitudes, y experiencias internas y externas.

**Sistemas de Información:** Inteligencia empaquetada. El conocimiento residente en la combinación de los datos y la lógica, que sobre ellos se aplica, es un factor determinante, en la gestión del conocimiento. Éste se compra en los paquetes informáticos, y a través de éstos se enseña como explotar esta inteligencia por muchas personas y a unos costos muy bajos.

**Sistemas de Comunicación.** Canales de difusión interno y externo con acceso al conocimiento, multiplicando las opciones de un uso más inteligente de las relaciones entre la información disponible y las decisiones de las personas.

**Fuentes Externas de Conocimiento,** que se corresponden con los tres tipos de conocimiento inicialmente citados.

Dichos elementos constituyen el fundamento metodológico para la generación de estrategias metodológicas y pedagógicas entre las cuales no puede existir linealidad en la generación del conocimiento solo se pueden producir espirales positivas que retroalimenten permanentemente el sistema de aprendizaje y permitan a su vez su auto sustentación.

El modelo de aula compuesto por los diferentes elementos generadores del conocimiento en los que se apoya la plataforma se orienta hacia la consolidación de un ciclo real de conocimiento en el que se traduzcan las necesidades propias de los agentes que involucra el modelo, mediante la ejecución de las cuatro dimensiones que intervienen en la generación del conocimiento y su gestión avanzada. Ver figura 1.

La dimensión INTELIGENCIA está asociada a los procesos de creación de nuevo conocimiento dentro de la organización, la identificación, en fuentes internas y externas, de conocimiento útil y relevante y la captura de este conocimiento para la creación de la memoria de conocimiento corporativo como una expresión de los conocimientos explícitos codificados. Se contemplan, igualmente, en esta fase del ciclo la identificación de las fuentes de conocimiento tácito disponible dentro y fuera de la organización (bases de expertos).

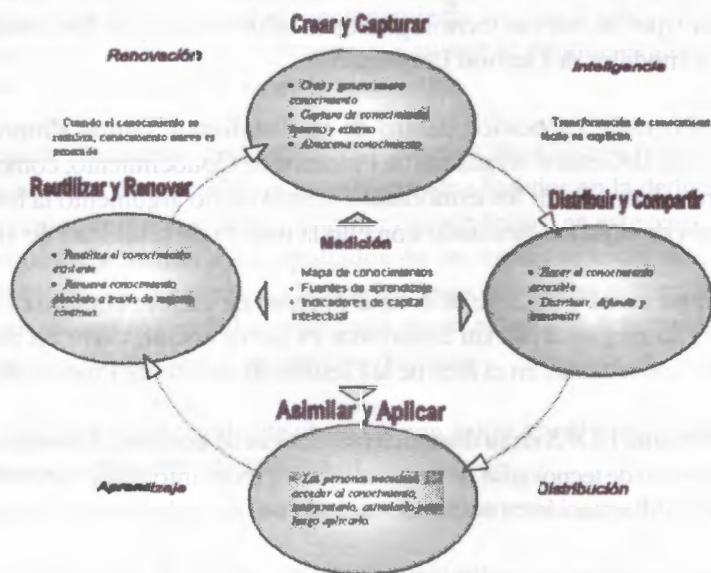


Figura 1.

La dimensión DISTRIBUCIÓN está vinculada con los mecanismos de tratamiento, codificación y transmisión que facilitan el acceso, transferencia y difusión del conocimiento disponible en la organización. El conocimiento codificado se convierte en información para el que lo consume. Una determinada información codificada puede evocar distintas consideraciones dependiendo del receptor de dicha información. En este sentido, la información no tiene contexto y es muy importante dotarla de una taxonomía apropiada para orientar su aprovechamiento.

La dimensión APRENDIZAJE se relaciona con los mecanismos de asimilación e internalización de la información que se comunica, se transmite y se comparte ya sea de manera tácita o explícita. Es por ello que no se puede hablar de transferencia de conocimiento sin que ocurra de manera intrínseca un proceso de aprendizaje en el plano del individuo y también en el plano de la organización. Absorber y asimilar el conocimiento en el plano del individuo supone una estructura de modelos mentales que facilitan la comprensión de dicha información para su

aplicación a situaciones y problemas concretos. En este sentido, los modelos de asociación permiten trasladar el conocimiento de un contexto a otro para lograr potenciarlos y reutilizarlos.

La dimensión **RENOVACIÓN** está organizada a través de los procesos de renovación y creación de nuevo conocimiento a partir del conocimiento existente, experiencias prácticas y lecciones aprendidas. La renovación del conocimiento está atada a los procesos de replicación del mismo que conducen a su reutilización en otros contextos y que se traducen en mejoras.

Estas dimensiones en una siguiente etapa se aplican a través de las prácticas presenciales mediante el aprendizaje cooperativo desarrollando sus cuatro componentes generales: Presentación del contenido, Discusión entre los estudiantes y práctica de la habilidad en equipos de aprendizaje, Evaluación del dominio individual del estudiante y Reconocimiento o Recompensa para el equipo.

Y como todo proceso de mejora continua involucra una serie de procedimientos este modelo de aula no es ajeno y relaciona una serie de ellos con el fin de ejercitar habilidades de pensamiento como son: Comparación y Contraste, toma de decisiones, Inducción, Deducción, Clasificación y Abstracción.

En la realización de las prácticas metodológicas que se ejecutan en la plataforma virtual UDES la comunidad académica y empresarial santandereana experimenta diferentes conceptos pertenecientes a infinidad de líneas temáticas en las que se puede apreciar claramente un aprendizaje autónomo y significativo durante el desarrollo de prácticas contextualizadas que incluyen diferentes factores en los que se acentúan el desarrollo de habilidades y competencias en los diferentes niveles del pensamiento.

Dicho impacto se mide de acuerdo a un proceso óptimo al cual titulamos “EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES” el cual se realiza en tres fases según la práctica que se está realizando teniendo en cuenta el periodo de tiempo para el cual se planearon las diferentes actividades de esta.

La plataforma virtual Empresarial UDES describe el aprendizaje como un conjunto de relaciones complejas entre individuos, grupos, y unidades de la organización. De ninguna manera se puede limitar al proceso de consumo y comprensión de contenidos. Por tanto, se necesitan estrategias de aprendizaje y desarrollo guiado que faciliten la selección, absorción y asimilación de los Conocimientos.

El aprendizaje efectivo requiere una comprensión de la estructura del conocimiento, sus componentes y el contenido. Algunas claves para la reflexión son las siguientes:

- El aprendizaje es un proceso de construcción de conocimiento.
- El aprendizaje es dependiente del conocimiento, las personas usan su conocimiento para crear nuevo conocimiento.
- El aprendizaje depende de la situación en la que ocurre.
- El aprendizaje necesita distribución cognitiva. Esto implica combinar el conocimiento que se posee con el conocimiento exterior.
- El aprendizaje está influenciado por elementos motivacionales y cognitivos.

El aprendizaje es la clave de la absorción y transmisión del conocimiento. Es un proceso continuo que reside en los individuos y que actúa como un vehículo de transferencia de conocimiento desde fuentes internas y externas. Facilita las comunicaciones, la colaboración y las alianzas a través de las dinámicas de socialización que se puedan establecer como parte del contexto mismo del aprender.

El siguiente esquema resume claramente la estructura integradora de los diferentes métodos de enseñanza orientados hacia la comprensión y utilización de herramientas de tipo informático y virtual que favorecen el mejoramiento de los procesos principalmente de los que pertenecen a las cadenas productivas de nuestra región Santandereana. Ver figura 2.



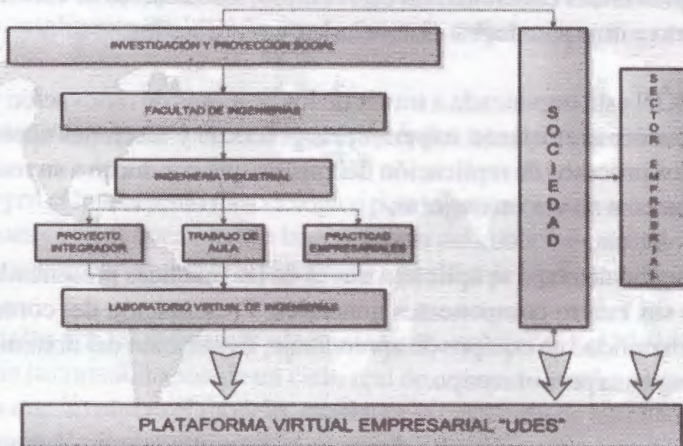


Figura 2.

## Prospectivas

Es evidente el efecto que las nuevas tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) van a tener en el desarrollo de nuevos modelos de Gestión Empresarial.

- Potenciar el desarrollo y utilización de modelos de referencia y en especial de un modelo propio para las cadenas productivas de la región Santander en Gestión Empresarial Avanzada de Procesos del Conocimiento.
- Apoyar la investigación tecnológica y la investigación en Gestión para que se fundan y así conseguir que los avances tecnológicos repercutan en la innovación empresarial, todo este proceso basado en la gestión que realicen los semilleros de investigación de la institución.
- Sensibilizar a las empresas de la importancia de la inversión en excelencia de la gestión a crear una cultura de empresa de sabios.
- Mejora de la calidad de la oferta de información en gestión y especialmente la dirigida a potenciar las capacidades intelectuales de los estudiantes de ingenierías y a su vez los diferentes trabajadores del conocimiento.

## Sectores demandantes

La demanda en la gestión avanzada de procesos del conocimiento esta constituida por:

- Tejido empresarial, especialmente las pymes sectores productivos y las personas a todos los niveles.
- Organizaciones públicas y privadas, sin ánimo de lucro.
- Agentes integradores de la demanda: cámara de comercio, asociaciones empresariales y sectoriales, colegios profesionales y universidades.
- Agentes del conocimiento: Mundo académico, centro de formación, empresas de consultaría.

## Oferta básica de gestión avanzada de proceso de mejoramiento continuo

La oferta queda configurada por todos aquellos agentes, que en sus respectivos ámbitos de actuación realizan actividades de creación, adaptación y difusión de conocimiento en Gestión Empresarial y especialmente en gestión del conocimiento ellos son:

- Mundo Académico, configurado básicamente por la Universidad y por los sectores académicos de la región.
- Centros y agentes orientados a la formación de profesionales de la gestión.
- Empresas de consultaría.

Agentes integradores de la demanda: Asociaciones Empresariales y Sectoriales, Cámara de Comercio, colegios profesionales etc.

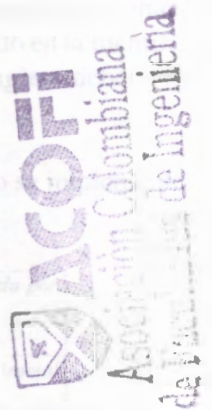
en la Formación del

Existen otros medios en los que se puede apreciar la oferta básica de gestión avanzada:

1. La consolidación de los vínculos entre la Universidad y la Empresa para mejorar la realización con el ambiente socioeconómico de la región.
2. Aplicar el Laboratorio Virtual de Ingenierías como herramienta clave en el proceso de enseñanza virtual e integrar los procesos virtuales para la optimización en los procesos administrativos y productivos del sector empresarial.
3. Afianzar en el estudiante de ingenierías de la Universitaria de Santander UDES la aplicación de los diferentes conocimientos aprendidos mediante la utilización de nuevas tecnologías virtuales para que tanto las empresas como los estudiantes obtengan un desarrollo óptimo y eficiente en forma permanente.

## Bibliografía

1. CURRAN, Chris y FOX, Seamus. Telematics and open and distance learning. 1999. Bruselas.
2. DUART, Josep M, SANGRÀ, Albert. (Ed.): Aprenentatge i virtualitat. Barcelona, Eduoc-Proa,. 1999. Barcelona.
3. STONE, Marta (Ed.). La enseñanza para la comprensión. Paidós, 1999, Buenos Aires.
4. UNIGARRO G. Manuel Antonio. Educación Virtual. Encuentro Formativo en el Ciberespacio. 2001. Bucaramanga.



# Proceso Metodológico para Abordar Cambios en la Formación del Ingeniero

Norma Lucía Botero Muñoz

Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Minas

Tel:(4) 4255204 – Fax: (4) 4255219 – e-mail: nlbotero@unalmed.edu.co

## Resumen

Uno de los grandes retos a los cuales se ve enfrentada actualmente la enseñanza de la Ingeniería en Colombia es el congelamiento que presentan nuestras instituciones educativas en cuanto a la **habilidad para abordar los cambios**. En el año de 1999, La Facultad de Minas adscrita a la Universidad Nacional de Colombia, no se escapaba de este tipo de congelamiento, pero tenía ante sí el reto de reorientar su proceso de formación en Ingeniería teniendo en cuenta en éste la perspectiva de un entorno laboral globalizado e internacionalizado. Bajo estas premisas las directivas de la Facultad me solicitaron que implementara un proceso metodológico que pudiera ser desarrollado por el equipo de trabajo, conformado por el Comité de Directores de Programas Curriculares de Pregrado, y lograr a partir de la realización de tareas específicas la **Identificación Prospectiva del Perfil del Ingeniero**.

En mi concepto el proceso metodológico que fue desarrollado puede ser adaptado por todas las instituciones educativas cuando éstas se enfrenten a los retos que presentan los procesos de cambio que exigen la **flexibilidad y las tendencias curriculares**.

## Desarrollo metodológico

El proceso metodológico debe ser desarrollado combinando las modalidades de Conferencia Magistral, Taller Presencial y Sesión de Grupo, para obtener los resultados buscados en cada uno de los pasos propuestos. También, es necesario empoderar un Comité de Cambio, conformado éste por miembros del personal docente, en lo posible pertenecientes a diferentes áreas del conocimiento. Adicionalmente, se debe implementar procedimientos ágiles que permitan informar a todo el personal académico sobre los avances que se estén logrando en la Identificación del Perfil del Ingeniero. A continuación se presentan cada uno de los pasos que se sugiere deben ser desarrollados.

En el **Anexo 1** se presentan parte de los resultados obtenidos para la Facultad de Minas, cuando se implemento este proceso en 1999.

<b>Paso 1.</b>	<i>Identificación de estereotipos, de validez en la Institución, con respecto a la formación recibida por los estudiantes en un ciclo de formación (Ciclo Básico de Ingeniería – Ciclo profesional) .</i>
<b>Paso 2.</b>	<i>Puntualización de aspectos que deben ser tenidos en cuenta cuando se va a abordar el cambio.</i>
<b>Paso 3.</b>	<i>Construcción de un árbol de competencias futuro que facilite una Identificación Prospectiva Inicial del Perfil del Ingeniero formado por la Institución.</i>
<b>Paso 4.</b>	<i>Identificación, por parte del Equipo de Trabajo de las condiciones de cambio del entorno en los próximos(cinco) años las cuales deben ser tenidas en cuenta en el proceso de formación del Ingeniero.</i>
<b>Paso 5.</b>	<i>Priorizar según importancia los aspectos de cambio y cualificar el dominio que se tiene sobre éstos.</i>
<b>Paso 6.</b>	<i>Identificación de los efectos de estos cambios dentro de la raíz y del tronco de un árbol de competencias futuro.</i>
<b>Paso 7.</b>	<i>Ubicación de los cambios dentro de la matriz Importancia – Dominio.</i>
<b>Paso 8.</b>	<i>Ubicación de los estereotipos del presente dentro de los aspectos del cambio requeridos según la matriz Importancia-Dominio.</i>
<b>Paso 9.</b>	<i>Definición de las etapas a seguir en la construcción de las raíces y del tronco que serán el soporte de la formación del futuro Ingeniero (ramas- frutos) de la Institución.</i>

**PASO 1. Identificación de estereotipos, de validez en la Institución, con respecto a la formación recibida por los estudiantes en un ciclo de formación (Ciclo Básico de Ingeniería – Ciclo Profesional) .**

Un **estereotipo** es la creencia que se tiene en el ambiente sobre algo o alguien, por lo tanto:

- Un estereotipo es una apreciación generalmente admitida sin que necesariamente sea argumentada.
- Un estereotipo no es la creencia personal, es el sentir de un grupo de personas .
- Un estereotipo puede ser positivo o negativo .

En las instituciones educativas, en términos generales, existe una creencia de que se debe generar un cambio en la formación brindada a los estudiantes tanto en el Ciclo Básico de Ingeniería como en el Ciclo Profesional. Con el fin de identificar los estereotipos, tanto positivos (P) como negativos (N), de validez en la Institución, con respecto a esta creencia, se debe pedir a cada uno de los miembros del Comité de Cambio diligenciar individualmente el Formato tipo F-1. Los resultados de estos estereotipos del presente deben ser ubicados dentro de los aspectos de cambio que deben ser identificados en los **Pasos 7 y 8.**

F- 1			
LOS ESTEREOTIPOS			
NOMBRE: _____		CARGO: _____	
Identificar Los Estereotipos de Validez en la Institución con Respecto a la Formación Recibida por los Estudiantes Ciclo Básico de Ingeniería - Ciclo Profesional			
N°	ESTEREOTIPO	P	N

**PASO 2. Puntualización de aspectos que deben ser tenidos en cuenta cuando se va a abordar el cambio.**

Para que los planes y escenarios de un **cambio** adquieran credibilidad y utilidad es necesario que se respeten cuatro condiciones:

### **PERTINENCIA - COHERENCIA - VEROSIMILITUD Y TRANSPARENCIA**

- La **PERTINENCIA** del cambio se logra cuando las soluciones planteadas para éste se ajustan a las **preguntas** más adecuadas y a las **hipótesis** que son claves para el desarrollo futuro.
- La **COHERENCIA** y la **VEROSIMILITUD** del cambio se pueden apreciar a partir de las combinaciones posibles entre **preguntas, hipótesis y soluciones**
- La **TRANSPARENCIA** del cambio parte del hecho de que lo que se concibe bien se enuncia bien . Por lo tanto, ésta debe ser reflejada en :
  - El planteamiento del problema.
  - Los métodos utilizados en la solución del problema y en las razones de la selección de éstos .
  - La difusión y claridad de los resultados .
  - Las conclusiones con respecto al cambio del escenario.

Para lograr el **interés en el cambio** por parte de los otros miembros de la Comunidad Universitaria, esto no quiere decir estar en total acuerdo con todo lo planteado, es necesario que las soluciones de cambio sean: **PERTINENTES y COHERENTES.**

**PASO 3. Construcción de un árbol de competencias futuro que facilite una Identificación Prospectiva Inicial del Perfil del Ingeniero formado por la Institución.**

El concepto de árbol de competencias fue desarrollado por Marc Giget. Según Giget, la elaboración del árbol de competencias de una empresa es un trabajo en profundidad, que moviliza los principales responsables de la

empresa y da como resultados la cuantificación precisa y exhaustiva de las cualidades de ésta. Entendiendo como empresa la construcción colectiva del perfil del ingeniero que requerirá el entorno en los próximos años a partir de la realización de un taller, utilizando técnicas que permitan una visualización prospectiva del perfil del ingeniero, el Comité de Cambio identificará los contenidos de: **FRUTOS - RAMAS - TRONCO - RAIZ.**

Adicionalmente, con base en los aspectos definidos en el **Paso 2**, es necesario que :

**RAMAS Y FRUTOS: SEAN PERTINENTES Y COHERENTES**  
**TRONCO: SEA TRANSPARENTE**  
**RAICES: SEAN COHERENTES Y VEROSÍMILES**

Ver Anexo I

**PASO 4. Identificación, por parte del Equipo de Trabajo de las condiciones de cambio del entorno en los próximos (cinco) años las cuales deben ser tenidas en cuenta en el proceso de formación del Ingeniero.**

- Etapa 1.** En **sesión de grupo**, a partir de una **lluvia de ideas**, se identifican **modalidades de cambio** a las que se verá enfrentado el ingeniero en los próximos años (cinco) y las cuales deben ser tenidas en cuenta para su formación. **Ver Anexo 1.**
- Etapa 2.** En **forma individual** los miembros del Comité elaborarán su propia lista de cambios clasificándolos dentro de cada una de las modalidades de cambio y adicionalmente les debe asignar un **nivel**, así: presentidos (**P**), deseados (**D**) y temidos (**T**).
- Etapa 3.** Los miembros del comité deben conformar **grupos de trabajo** y cada grupo se encarga de **clasificar y priorizar** (según el número de veces que aparezca el cambio) los cambios según modalidad.
- Etapa 4.** Por último, en **sesión de grupo** se realiza la consolidación de las **clases** para las modalidades de cambio. Obteniendo como resultado final las condiciones de cambio, que deben ser tenidas en cuenta para efectuar modificaciones, tanto en la **raíz** como en el **tronco**, en el proceso de formación del **Ingeniero (ramas – frutos)**, que requerirá el entorno en los próximos años (cinco). **Ver Anexo 1.**

**PASO 5 . Priorizar según importancia los aspectos de cambio y cualificar el dominio que se tiene sobre éstos.**

**PASO 6. Identificación de los efectos de estos cambios dentro de la raíz y del tronco de un árbol de competencias futuro.**

Estos dos Pasos se pueden efectuar simultáneamente, así:

- Etapa 1** Cada miembro del Comité de Cambio en **forma individual** procede a **ordenar** con base en la **importancia** de menor a mayor cada uno de los cambios, siendo I el menos importante.
- Etapa 2.** Por **consenso**<sup>(1)</sup> en **sesión de grupo** se obtiene la jerarquización definitiva.
- Etapa 3.** En **sesión de grupo** se identifican si los cambios tienen efectos sobre la raíz o el tronco.
- Etapa 4.** En **sesión de grupo** se jerarquiza el grado de **dominio** que se tiene sobre el cambio.

Ver Anexo I

**PASO 7. Ubicación de los cambios dentro de la matriz Importancia – Dominio.**

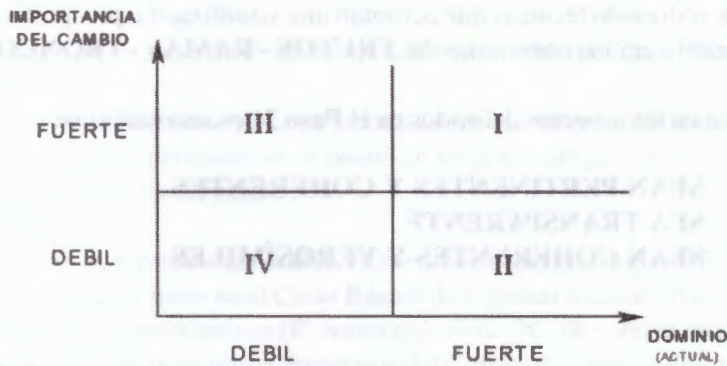
Gráficamente se puede representar sobre un plano los aspectos de cambio, según las coordenadas (X, Y), teniendo en cuenta, a partir de la escala ordinal de menor a mayor:

**X:** Nivel de **dominio** que se tiene sobre el aspecto de cambio

**Y:** Nivel de **importancia** del aspecto de cambio.

<sup>1</sup> En el trabajo realizado en la Facultad de Minas se utilizó para la validación del consenso los test de correlación de rango de Spearman y el de concordancia de Kendall W

Esta representación gráfica recibe el nombre de **Matriz Importancia – Dominio**.



En esta matriz se distinguen cuatro zonas:

ZONA I	Cambios importantes bien controlados.
ZONA II	Cambios poco importantes que se controlan, es sin duda aquello de lo que se habla demasiado ( <b>puntos fuertes</b> ).
ZONA III	Cambios críticos ( <b>retos futuros</b> ), cambios sobre los cuales no se tiene dominio actualmente.
ZONA IV	Cambios poco importantes que no se dominan, no es grave ( <b>puntos débiles no culpables</b> ).

**PASO 8.** Ubicación de los *estereotipos del presente* dentro de los aspectos del cambio requeridos según la matriz Importancia-Dominio.

Con base en la información del formato F-1, sobre los estereotipos del presente, en Sesión de Grupo se ubican la cantidad de estereotipos que pueden afectar cada uno de los cambios en la raíz o en el tronco.

**PASO 9.** Definición de las etapas a seguir en la *construcción de las raíces y del tronco* que serán el soporte de la formación del *futuro ingeniero (ramas- frutos)* de la Institución.

Ver Anexo 1.

## Aplicación y resultados

El Proceso Metodológico desarrollado fue aplicado en la Facultad de Minas, en 1999: El Comité de Cambio estuvo integrado por los Directores de los 11 Programas Curriculares, el Vicedecano Académico y la Vicedecana de Bienestar Estudiantil. Como Anexo 1 se presentan los resultados obtenidos.

## Bibliografía

1. Botero M., Norma Lucía, Sesión 14 en “Memorias Proceso de Sensibilización – Autorregulación Programas Curriculares – Facultad de Minas 1997 – 1999”. Universidad Nacional de Colombia (documento evaluado - inédito), 2001.
2. Siegel, Sydney, “Estadística No Paramétrica – Aplicada a las Ciencias de la Conducta”. Editorial Trillas – 1972. [http://erwan.neau.frei.fr/glossaire\\_innovation.htm](http://erwan.neau.frei.fr/glossaire_innovation.htm)

## Anexo I

El Proceso Metodológico desarrollado fue aplicado en la Facultad de Minas en 1999: El Comité de Cambio estuvo integrado por los Directores de los 11 Programas Curriculares de Pregrado, el Vicedecano Académico y la Vicedecana de Bienestar Estudiantil.

<b>ÁRBOL DE COMPETENCIAS</b>	
<b>PARTES</b>	<b>CONTENIDOS</b>
<b>RAMAS Y FRUTOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• CUALIDADES, VALORES, DESTREZAS Y CAPACIDADES DEL ESTUDIANTE.</li><li>• MERCADO LABORAL O ENTORNO DENTRO DEL CUAL SE VA A MOVILIZAR EL EGRESADO.</li></ul>
<b>TRONCO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• INFRAESTRUCTURA</li><li>• NORMATIVIDAD</li><li>• INTENSIDAD HORARIA</li><li>• PEDAGOGÍAS,</li><li>• METODOLOGÍAS,</li><li>• TIPOS DE DOCENTES, ETC.</li></ul>
<b>RAÍCES</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ÁREAS DEL CONOCIMIENTO QUE BRINDA LA INSTITUCIÓN.</li><li>• NORMATIVIDAD COMO MARCO DE REFERENCIA PARA EL DESARROLLO DEL PLAN DE ESTUDIOS.</li></ul>

<b>CLASE 1</b>	<b>CAMBIOS ECONÓMICOS CAMBIOS SOCIALES CAMBIOS POLÍTICOS CAMBIOS CULTURALES</b>
<b>CLASE 2</b>	<b>CAMBIOS TECNOLÓGICOS</b>

CAMBIO	DESCRIPCIÓN	AFECTA RAIZ	AFECTA TRONCO	ZONA	TOTAL ESTEREOTIPOS
A	Estar en capacidad de enfrentar cambios políticos fuertes.	X	(X)	IV	0
B	Tener un programa de formación personal que permita al estudiante convertirse en un líder de gran rectitud para que se apersona de la construcción de una sociedad más justa y equitativa	X	(X)	III	2
C	Brindar una formación que capacite al estudiante en el buen uso y manejo del tiempo libre.	X	(X)	II	1
D	Brindar una buena formación en aspectos macroeconómicos.	X		*	0
E	Brindar una formación y ambiente universitario que permita la recuperación de la identidad cultural.	X	(X)	IV	2
F	Apoyar todos aquellos programas que permitan la formación de ciudadanos dentro de un ambiente de civilidad, paz y tolerancia.	X	(X)	III	11
G	Desarrollar en el individuo, por medio de metodologías innovadoras, una gran capacidad para abordar los cambios con flexibilidad y una gran capacidad de actualización permanente.	X	X	III	14
H	Implementar metodologías que refuercen la capacidad de abstracción del individuo.	X	X	II	3
I	Brindar una formación que facilite al estudiante acceder a las aplicaciones de la informática y medios de comunicación, adaptarse fácilmente a los cambios en los procesos de enseñanza y la variación en los ritmos de productividad (internet, teleconferencias, telecomunicaciones, telemática, etc).	X	X	II	9
J	Impulsar en el estudiante la interdisciplinariedad tecnológica y la búsqueda de la integridad personal	X	X	I	1
K	Brindar una formación al estudiante de tal manera que tanto desde su campo disciplinario como profesional esté en capacidad de dar solución a problemas ambientales.	X	X	I	
L	Brindar una formación en el estudiante en su área disciplinaria de tal manera que pueda estar en capacidad de enfrentar el desarrollo de procesos de control y automatización en su campo profesional.		X	*	
M	Capacitar al estudiante para enfrentar los aspectos que puedan modificar el entorno debido al desarrollo de la biotecnología y cambios de hábitos alimenticios.	X		*	

En el ejercicio de la Facultad de Minas, 1999, se validó el consenso aplicando el test de concordancia de Kendall

(X): Dominio Débil \* Estos cambios no fueron tenidos en cuenta, ya éstos no afectaban las dos partes (raíz - tronco)

(X): Dominio Débil \* No se tuvieron en cuenta, ya que no afectaban las dos partes



# Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana. Una Experiencia en Flexibilización

Marisol Osorio Cárdenas MSc.  
Universidad Pontificia Bolivariana

## Resumen

En este trabajo se describirá la experiencia en flexibilización en el programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana. Se presentará la sucesión de reflexiones que permitieron asignarle al programa un componente flexible del 39.4% por ciento del total, así como los criterios que se tuvieron en cuenta para definir el Núcleo Curricular del Programa. De la misma manera, se describe la forma en que el programa respondió a las exigencias del decreto 808 y posteriormente 2506, así como a la aparición de los ECAES. Por último, se describen algunas de las reacciones ante la flexibilización por parte de estudiantes y profesores.

## Introducción

Asistimos a una aceleración sin precedentes en la evolución de los programas académicos de educación superior en todos sus niveles. Entre los factores que han permitido esta evolución han sido identificados las presiones impuestas por las transformaciones sociopolíticas, económicas, científicas y tecnológicas del nuevo orden mundial [1] que en último término implican la exigencia de que las personas que quieren encontrar su lugar en la sociedad actual y futura, deberán estar en capacidad de aprender, y aplicar su conocimiento innovadoramente; la necesidad de que la calidad de los programas ofrecidos pueda ser puesta a prueba en el corto y el mediano plazo; la importancia de asegurar que todas las personas, sin ningún tipo de discriminación, accedan a la educación superior [2] y la creciente movilidad de los individuos en etapa de formación que exige máxima capacidad de homologación entre programas nacional e internacionalmente.

Una de las características más relevantes de esta evolución es la tendencia creciente a la flexibilización, en tanto ésta permite el seguimiento de los programas académicos de una manera personalizada por parte de los estudiantes, quienes pueden cursar un programa flexible en la medida de sus posibilidades vitales; en términos de tiempo, preparación previa, intereses personales, expectativas de desarrollo y capacidad económica.

Mario Díaz define: "La noción de flexibilidad curricular es una noción amplia que tiene diferentes significados.

Mientras para unos, se relaciona con una oferta diversa de cursos, para otros se relaciona con la aceptación de una diversidad de competencias, ritmos, estilos, valores culturales, expectativas, intereses y demandas, que pueden favorecer el desarrollo de los estudiantes. También puede significar la capacidad de los usuarios del proceso formativo de poder escoger el contenido, el momento y los escenarios de sus aprendizajes." [1] Obsérvese que la flexibilidad permite entonces una evolución de la educación en el sentido de los factores impulsores que se enumeraron anteriormente.

## Propuesta de flexibilización

La Universidad Pontificia Bolivariana emitió en el año 2000 una directiva en la que se instaba a las comunidades académicas de la Universidad a estudiar sus programas explorando sus posibilidades hacia la flexibilización y la transversalización.



física en ingeniería, se escogió por parte del Comité de Currículo un Núcleo Básico de Formación que incluye las Ciencias Básicas y las Ciencias Básicas de Ingeniería, así como el área Socio Humanística propuesta por la Universidad.

La Ciencia Básica se reformó desde el punto de vista de intensidad y metodológico, trabajo realizado en el Centro de Ciencia Básica conjuntamente para todas las Ingenierías de nuestra Escuela. El criterio fundamental para esta propuesta fue un trabajo consultivo en el interior de las Facultades sobre las necesidades básicas de formación matemática conceptual y operativa, seguido de una transversalización de estos requerimientos para construir asignaturas que fueran en su mayor parte comunes a todas nuestras ingenierías, en lo que constituye una de las fortalezas de nuestra Escuela.

Para las Ciencias Básicas de Ingeniería se establecieron los troncos fundamentales del saber con base en reuniones permanentes con el profesorado y consultas intensivas en cuanto a programas vigentes en prestigiosas universidades nacionales e internacionales. En este sentido fue fructífero el intercambio mantenido con la Universidad de Concordia en Montreal y Politécnica de Cataluña, que al recibir a nuestros estudiantes en sus programas de Electrónica, Telecomunicaciones y Automática, durante uno o dos semestres, en figura de visita estudiantil, nos permitían realizar una validación directa de la pertinencia de los programas. Este trabajo permitió concluir que los elementos más importantes del núcleo curricular en lo que tiene que ver con las Ciencias Básicas de Ingeniería en lo que atañe a la Ingeniería Electrónica son los siguientes: Teoría Electromagnética y de Estado Sólido, Circuitos Eléctricos y Electrónicos, continuos y digitales, Sistemas y Señales y Bases de Programación

En la versión inicial del programa flexibilizado, estos temas eran los únicos obligatorios, y el resto del programa podía ser configurado por el estudiante a voluntad. Fue necesario, sin embargo, reconsiderar las asignaturas obligatorias para ser consistentes con las exigencias temáticas de los ECAES, sumando las áreas de Telecomunicaciones y Automática a las asignaturas obligatorias.

## Créditos académicos

Se vio importante reconsiderar la dedicación presencial en las asignaturas, con el fin de ajustar mejor el trabajo del estudiante. Esto implicó una revisión metodológica y de contenidos de todas las materias, así como una estructuración de las relaciones entre ellas. Es de anotar que este trabajo fue anterior a la emisión del decreto 808, con lo que cuando éste apareció, sólo se requirió un ajuste consistente en la consulta de la comunidad académica (estudiantes y profesores) sobre la dedicación que cada una de las materias amerita. El resultado de este trabajo es una robusta justificación sobre la asignación de créditos que fue pilar del documento de Registro Calificado emitido en 2003 desde la Facultad [3]. En algunas asignaturas del Programa no se adoptó la regla de dos horas de trabajo autónomo por cada hora de trabajo presencial, debido a reflexiones realizadas en la comunidad académica acerca de la importancia que tiene el acompañamiento docente en algunas asignaturas, especialmente aquellas de mucha profundidad teórica. En estas asignaturas, se respetó el trabajo presencial, proponiendo metodologías de perfil tutorial. En otras, la relación de trabajo autónomo es mayor que la recomendada, en razón de los trabajos prácticos que aseguran una verdadera comprensión de la asignatura.

## Flexibilidad de requisitos

La mayor innovación en cuanto a flexibilidad de requisitos consistió en la propuesta del mecanismo “ventana académica”. Se encontró que la rigurosidad de los prerrequisitos y correquisitos llevaba en muchos casos a los estudiantes a situaciones inconvenientes y extremas en cuanto a las asignaturas que podían cursar, o las posibilidades de realizar intercambios con otras instituciones. Entonces se planteó liberar en términos de prerrequisitos todas las asignaturas del programa, por medio de una estructura de plan de estudios que permite al estudiante una mayor libertad en la escogencia de su carga académica semestre tras semestre. A la antigua estructura de materias con prerrequisitos y correquisitos se le reemplazó por un conjunto de recomendaciones consistente en las materias que, se sugiere, sean cursadas y aprobadas antes de acometer el estudio de una determinada materia. Como la

Facultad concibe que el aprendizaje de la Ingeniería es un asunto integrador y que el plan de estudios responde en alto grado a la formación de procesos mentales y maduración intelectual del futuro ingeniero, se restringió la libertad del estudiante de tomar las materias del pènsum a un lapso de tres semestres consecutivos, denominando a este mecanismo "ventana de tres semestres". Esto, por supuesto, redefine (para el estudiante, no para el plan curricular) el concepto de semestre: el plan curricular tiene semestres, pero el estudiante toma un conjunto de asignaturas y actividades curriculares definidas por él mismo, con la condición de que las asignaturas escogidas no se separen entre ellas más de tres semestres consecutivos, tal como aparecen consignadas en el flujograma del programa respectivo [4].

## El programa actual

A continuación se observa el programa tal como es en la actualidad:

**Pensum 39 de Ingeniería Electrónica (año 2003)**

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
28   20   18	27   21   18	26   20   18	27   27   18	28   28   18	28   23   16	29   18	29   18	29   18	29   18
Matemática Básica 4 6 3	Geometría Vectorial Ecuaciones 6 3 3	Álgebra Lineal 4 6 3	Ecuaciones Diferenciales 5 4 2	Tema Electromag. 5 7 4	Q.E.S. 5 7 4	Física II 6 6 4	Circuitos Eléctricos II 6 6 4	Comunicaciones 5 4 3	Electrónica Industrial 4 5 3
Introducción al cálculo 4 6 3	Cálculo de variable real 6 3 3	Cálculo Vectorial 4 6 3	Estadística 4 5 3	Técnicas Digitales 5 7 4	Circuitos Electrónicos I 6 4 3	Circuitos Electrónicos I 5 4 3	Antenas y Líneas de Tx 5 6 4	SAC 5 7 4	
Cálculo General 6 3 3	Plan I (Fundamentos de Ingeniería) 6 7 4	Plan II (Fund. De Electrones y Ingeniería) 6 7 4	Física II (Fund. De Física Moderna) 5 7 4	Instrumentación 5 4 3	Biosistemas y Señales I 4 5 3	Sistemas y Señales II 4 5 3	OPTATIVAS		
Humanismo Cultura y Valores 4 2 2	Cristiología 4 2 2	Mecánica para Ingeniería 6 6 4	Circuitos Eléctricos I 5 4 3	Circuitos Eléctricos II 5 4 3	Microprocesadores 7 6 4				
Lenguaje y Cultura 4 2 2	Filosofía 4 2 2	Ética 4 2 2	Fundamentos de Programación 6 1 3	Lab. Circuitos Eléctricos 4 2 2		ELECTIVAS <sup>1</sup>			
Diseño de sistemas 6 3 3	Métodos Numéricos I 2 4 2	Métodos Numéricos II 2 4 2	Métodos Numéricos III 2 4 2	Metodología Empresarial 4 2 2	Línea de Formación 1 4 2 2		Técnicas Computacionales 4 2 2	Línea de Formación 2 4 2 2	Línea de Formación 3 4 2 2

Figura 2: Pènsum vigente en 2004

Obsérvese la gran cantidad de créditos en la modalidad de optativas, que pueden ser elegidos de entre una bolsa de optativas (Figura 3) en la que se representan las áreas de desarrollo de nuestra Facultad y que presenta la particularidad de que las asignaturas que la componen pueden ser fácilmente modificadas, eliminadas o agregadas, incorporando al programa posibilidades extremas de revisión y evolución. Las asignaturas electivas pueden ser cursadas en cualquier programa de la Universidad, y aún de otras Universidades, previa aprobación por parte del Programa. Dentro de la Universidad, estas asignaturas electivas son propuestas por cada Programa cuidando de que sean aquellas que no requieran profundos conocimientos previos para que cualquier estudiante de otro programa pueda verlas. Como asignaturas electivas, un estudiante puede elegir también más asignaturas de la bolsa del Programa.

## Reacciones y comentarios

Los estudiantes han acogido muy favorablemente el nuevo enfoque, lo que pudo comprobarse cuando se permitió la migración de aquellos que cursaban pensa anteriores, por medio de un pensum híbrido, a la nueva modalidad. Prácticamente todos los estudiantes en este caso migraron.

Entre los profesores se ha visto cierta reserva al respecto, sobre todo en los laboratorios, pues al principio, cuando la metodología no estaba bien asumida, se presentaron inconvenientes al elegir los estudiantes asignaturas que podían ver en virtud del mecanismo de tres semestres, pero que no estaban conceptualmente preparados para

cursar. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, los estudiantes han adquirido conciencia de la importancia de tener muy en cuenta las recomendaciones de la Facultad.

Bolsa de Materias Optativas para Ingeniería Eléctrica y Electrónica (Pésum 39 IEO y 38 IE)					
	VI	VII	IX	X	
	Máquinas Eléctricas 4   5   3	Laboratorio de Máquinas 4   2   2	Mecánica 4   2   2	Control Digital 4   5   3	Módulo HP   HFI   C
AUTOMÁTICA	Mecánica de Fluidos * 3   3   2	Termodinámica* 3   3   2	Control Industrial * 5   4   3	Lab. Control y E. máq. Ind.* 4   2   2	C. Créditos HP: Horas presenciales HFI: Horas de trabajo independiente
MICROELECTRÓNICA		Electrónica Integrada 6   3   3	Sistemas Digitales Avanzados 4   5   3	Arquitectura de Computadores 5   4   3	Notas: - Se recomienda seguir las líneas específicas tomando todas las materias de este grupo asignado - Todas las asignaturas de la Bolsa de Optativas están en el Ciclo de Integración (Profesional Avanzado) * Obligatorias en Ingeniería Eléctrica
			Redes de T.C. 4   5   3	Comunicación Especiales 4   2   2	
TELECOMUNICACIONES			Redes de Datos 4   5   3	Telefónica 4   2   2	
INFORMÁTICA	Programación Aplicada 4   5   3		Sistemas Operativos 4   5   3	Telemedicina 4   5   3	
TRANSMISIÓN			Subestaciones 4   5   3	Centrales Eléctricas 4   5   3	
DISTRIBUCIÓN			Redes Eléctricas 4   5   3	Legislación y Regulación Electr. Nat. 4   5   3	Act. 28 mar 2003 Rev. Diego Cuervo R. Marisol Osorio C.



Figura 3. Bolsa de Asignaturas Optativas

**Bibliografía:**

1. DIAZ, MARIO. Flexibilidad y Educación Superior en Colombia. Serie Calidad de la Educación Superior No. 2. ICFES. 2003
2. GONZÁLEZ, E. Necesidades educativas especiales. Intervención psicoeducativa, 1995. Madrid. CCS.
3. FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA UPB, PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA. Estándares de Calidad, Editorial UPB, 2003.
4. CUARTAS, DIEGO y OSORIO, MARISOL. Ventana de Tres Semestres para los Programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica. Documento de trabajo. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, UPB, 2003.

# Propuesta de Acción Pedagógica para la Formación en Ingeniería en el Tercer Milenio: Fase de Aplicación

ING EAA ESR William Cuadrado Cano, Director Programa  
Ingeniería – Electrónica Naval  
Escuela Naval Almirante Padilla  
Isla Manzanillo barrio el Bosque teléfonos 6694124 6694323 Cartagena de Indias,  
e-mail williamcuadrado@enap.edu.co



## Resumen

El presente trabajo corresponde a la fase de aplicación de la propuesta presentada por el autor en la XXI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería realizada en el año 2001, bajo el título **PROPUESTA DE ACCION PEDAGOGÍA PARA LA FORMACIÓN EN INGENIERIA EN EL TERCER MILENIO**. Mediante la creación de un escenario académico propicio y utilizando las estrategias pedagógicas adecuadas se realiza una prueba piloto a un grupo de 118 estudiantes, distribuidos en cuatro grupos diferentes, tres asignaturas y dos instituciones de educación superior, El instrumento utilizado para la evaluación es el -artículo científico-, dejando como resultado, una serie de tablas estadísticas que evidencian la tendencia del comportamiento de los estudiantes ante la exigencia del modelo pedagógico propuesto. Esta primera etapa muestra una clara tendencia hacia la improvisación de las conclusiones y a una falta confrontación de datos experimentales y fundamentos teóricos.

## Introducción

El Presente trabajo muestra los resultados obtenidos en la aplicación del modelo pedagógico propuesto en la XXI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería realizada en el año 2001, bajo el título "**PROPUESTA DE ACCION PEDAGOGÍA PARA LA FORMACIÓN EN INGENIERIA EN EL TERCER MILENIO**".

El modelo fue aplicado a ciento diez y ocho (118) estudiantes de Ingeniería Electrónica pertenecientes a dos universidades; dichos estudiantes cursaban cuatro asignaturas ubicadas en tres diferentes semestres académicos.

El modelo propuesto en dicha reunión presenta los siguientes componentes conceptuales:

### Orientación de la propuesta

Hacer énfasis en el desarrollo de *procesos de pensamiento*, para lo cual se toma el Método Científico, con sus cuatro pasos más relevantes: *Definición del problema, planteamiento del problema, solución del problema específico, verificación de la solución.*

### Propósito de la propuesta

Desarrollar las siguientes competencias en el estudiante: *Avance cconceptual, habilidades cognitivas y metacognitivas, habilidades comunicativas y hábitos académicos:*

### División de Núcleos Temáticos por período

Cada período y su contenido específico son bautizados con una de las fases de la orientación de la propuesta:

### Escenarios de Atención al Estudiante

MATERIAL SELECCIONADO PARA LA PROPUESTA EN UN TIEMPO ESPECIFICO			
DEFINICION DEL PROBLEMA	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	SOLUCION DEL PROBLEMA	VERIFICACION DE LA SOLUCION
PERIODO N° 1	PERIODO N° 2	PERIODO N° 3	PERIODO N° 4
CONTENIDO N° 1	CONTENIDO N° 2	CONTENIDO N° 3	CONTENIDO N° 4

Se busca con la propuesta, explotar todos los posibles escenarios de interacción entre el estudiante y el docente, para lo cual se toma en consideración: **Trabajo con el gran grupo, Trabajo en grupos pequeños, Trabajo individual y la Conserjería Académica**

### **Evaluación del Proceso**

La evaluación no se centra en la verificación de asimilación de contenidos por parte de estudiantes sino que toma en consideración todo el proceso seguido, además de todas aquellas posibilidades u oportunidades para evaluarlo: **Coevaluación, heteroevaluación y la auto evaluación.**

Una vez llevado a cabo el análisis de los resultados obtenidos en la aplicación del modelo se puede ver una marcada tendencia a la improvisación de conclusiones en las cuales se notan dos rutas bien marcadas:

- Conclusiones no pertinentes, las cuales si bien apuntan a hechos relacionados indirectamente con el trabajo, no son tratadas con la rigurosidad que permitan ser tomadas como tal.
- Conclusiones pertinentes, pero sin un soporte teórico adecuado, debido a que no se ha realizado el análisis respectivo de manera adecuada.

### **Materiales y metodología**

#### **La muestra seleccionada**

La muestra seleccionada para la aplicación del modelo se realizó a 118 estudiantes de ingeniería Electrónica de dos instituciones de educación superior. Estos se encontraban distribuidos en tercero, quinto y séptimo semestres y en un total de cuatro grupos de trabajo. La aplicación se llevó a cabo durante la última evaluación, tomando un tiempo aproximado de cuatro semanas en todo el proceso desde el inicio hasta la socialización de resultados.

#### **La metodología**

Este proyecto centra su esfuerzo en la creación de escenarios donde se de el desarrollo de conceptos previos, desde su inicio, hasta culminar en la evaluación de cada uno de los pasos implícitos.

La fase evaluativa, se lleva a cabo mediante la utilización de estrategias escritas y orales; para el primero de los casos, se utiliza el instrumento conocido como **Artículo Científico** y en el caso de la evaluación oral se utiliza la estrategia del **Panel**.

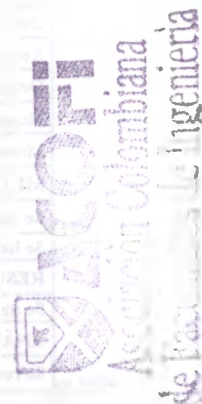
Las razones para la selección del **Artículo Científico** como instrumento para la evaluación del proceso, son las siguientes:

- Es pertinente al trabajo que se realiza en los laboratorios,
- Es un documento práctico para evaluar, pues tiene un reducido número de hojas, sigue una secuencia lógica desde el principio hasta el final, lo cual no permite copiar y pegar de manera aleatoria documentos bajados de Internet.
- Es un documento que admite desarrollar la habilidad de los estudiantes para el trabajo en equipo, logrando incorporar el aprendizaje cooperativo.
- Por permitir el desarrollo de habilidades metacognitivas: al darle al estudiante la oportunidad de rectificar sus errores con una segunda entrega del documento.
- Pedagógicamente conlleva un proceso riguroso que modela conductas en el estudiante al aplicar el método científico "**de manera rigurosa**" en su elaboración.
- Por ser un documento que exige producción intelectual por parte del estudiante.
- Por ser un documento que fomenta la cultura académica dentro de una asignatura, debido a que son retomados en cursos posteriores como medios de consulta.

seguidos en la elaboración del trabajo son los siguientes:

- Selección de los propósitos: Avances conceptuales y sus experimentos, habilidades cognitivas y metacognitivas, habilidades comunicativas deseadas, los instrumentos específicos para desarrollo y evaluación, y los hábitos académicos a desarrollar.
- Selección de los escenarios de interacción entre estudiantes y docente, de igual manera las estrategias a utilizar en cada caso.
- Elaboración de la matriz para el plan de trabajo:

	AVANCE CONCEPTUAL	HABILIDADES COGNITIVAS Y METACOGNITIVAS	HABILIDADES COMUNICATIVAS	HABITOS ACADÉMICOS
TRABAJO EN EL GRAN GRUPO	Fase N° 1 Estrategia: Clase magistral		Fase N° 13 Habilidad comunicativa Oral Estrategia: Panel	Fase N° 13 Normas pertinentes al desarrollo de un Panel
	Fase N° 10 Entrega de correcciones de artículos			
TRABAJO INDIVIDUAL		Fase N° 2 Estrategia: Lectura Autorregulada. Habilidad cognitiva: Búsqueda y análisis de información.		Fase N° 5 Estrategia de Elaboración de Resúmenes Lectura en segunda lengua
TRABAJO EN GRUPOS PEQUEÑOS		Fase N° 4 Habilidad Metacognitiva: Elaborar plan de trabajo para la ejecución de un laboratorio	Fase N. 7 Habilidad comunicativa escrita: Estrategia: Artículo científico	Fase N° 7 Normas ICONTE para la presentación de trabajos escritos.
		Fase N° 5 Habilidad Cognitiva: Investigar	Fase N° 12 Habilidad comunicativa Oral Estrategia: Panel	Normas para la elaboración de Artículos científicos
CONFERENCIA ACADÉMICA	Fase N° 6 Entrega de bibliografía adicional para el trabajo investigativo.	Fase N° 6 Estrategia: Lluvia de ideas Habilidad Metacognitiva: Autorregulación		Fase N° 14 Evidenciar los errores en la aplicación de las diferentes normas utilizadas en la elaboración tanto del artículo científico como en la socialización.
	Fase N° 8 Accesorio sobre la elaboración de artículos científicos	Fase N° 11 Habilidad Metacognitiva: Evaluar la calidad de los resultados obtenidos		



**Elaboración de las siguientes guías:**

- De trabajo: Con los siguientes componentes, reglas de juego, especificaciones del problema, especificaciones de los productos a entregar, fechas de conserjerías, fechas de entrega de artículos y de socialización, y finalmente la bibliografía inicial para la investigación en inglés.
- Para la elaboración de artículos científicos.
- Para la elaboración de la socialización.

**Instrumentos para evaluación de socializaciones**

**Instrumentos para evaluación de Artículos Científicos**

El **instrumento para la evaluación del Artículo Científico** esta concebido para observar el comportamiento de los grupos de trabajo desde varios puntos de vista como son:

- Avance conceptual propio de cada asignatura.
- Desarrollo de habilidades de cognitivas: aplicación del método científico sustentado en el desarrollo de habilidades como deducción, inducción y el análisis crítico.
- Desarrollo de habilidades comunicativas: en este caso la habilidad de escribir para un lector externo al grupo.
- Trabajo en equipo y manejo de roles: Al implicar una gran variedad de actividades como son: elaboración de laboratorios, búsqueda de información – estado del arte, análisis de resultados, redacción y elaboración del documento final.



- e. Desarrollo de habilidades académicas, representadas en este caso por el conocimiento y la aplicación de las normas para la elaboración del artículo científico y la normas ICONTEC para la presentación de trabajos escritos.

## Resultados

La aplicación del modelo Pedagógico propuesto utilizando el Artículo Científico como instrumento de evaluación en los cuatro diferentes grupos de trabajo arrojó los siguientes resultados:

PARÁMETRO EVALUADO EN EL ARTICULO CIENTIFICO	GR 1	GR 2	GR 3	GR 4	PROM.
<b>TITULO</b>	87,20	100,00	90,00	78,89	89,02
<b>RESUMEN</b>					
Definición del problema	82,00	76,67	76,00	64,44	74,78
Definición de la metodología	44,00	73,33	100,00	62,22	69,89
Muestra resultados	48,00	40,00	76,00	21,11	46,28
Muestra conclusiones	32,00	46,67	40,00	2,22	39,56
<b>INTRODUCCIÓN</b>					
Define el problema	50,00	30,00	58,00	20,00	39,50
Realiza enlaces con previos	76,00	20,00	32,00	53,33	45,33
Define la metodología a seguir	44,00	73,33	88,00	20,00	56,33
Muestra los resultados	60,00	33,33	34,00	11,11	34,61
Muestra las conclusiones	24,00	33,33	20,00	0,00	25,78
<b>MÉTODO Y MATERIALES</b>					
Se describe la metodología seguida mostrando datos teóricos	64,00	90,00	84,00	85,56	80,89
Se hace una descripción detallada de los materiales	90,00	93,33	80,00	79,56	85,72
<b>RESULTADOS</b>					
Se muestran los resultados experimentales en tablas y/o gráficas	100,00	96,67	100,00	95,56	98,06
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>					
Se realiza la discusión de cada grafica	76,00	76,67	54,00	28,89	58,89
Se confrontan datos teóricos / experimentales	68,16	63,33	40,00	51,11	55,65
La confrontación tiene un fundamento teórico	60,00	40,00	40,00	8,89	37,22
Para la confrontación existe un análisis conceptual que se evidencie, generalización, inducción, deducción u otros	54,00	6,67	36,00	11,11	26,94
<b>CONCLUSIONES</b>					
Son pertinentes las conclusiones con el trabajo realizado	60,00	70,00	54,00	28,89	53,22
Cada conclusión se fundamenta en el análisis de los resultados	40,00	46,67	36,00	6,67	32,33
Las conclusiones están fundamentadas teóricamente.	24,00	20,00	34,00	0,00	26,00
<b>USO DE NORMAS</b>					
El documento sigue el formato establecido para el artículo científico	66,00	100,00	92,00	88,89	86,72
El documento sigue las normas ICONTEC	80,00	76,67	80,00	71,11	76,94
El documento presenta buena redacción y ortografía	84,00	70,00	74,00	76,25	76,06

## Análisis de los resultados y conclusiones

Si bien, el documento científico es una estrategia muy específica dentro de todo el proceso en sí, es una excelente herramienta para indicar debilidades presentes en los estudiantes, que sirven de fundamento para el diseño de planes que contribuyan al incremento de la calidad del proceso académico.

Partiendo de los resultados presentados en el cuadro anterior, se ha llegado a las siguientes observaciones preliminares:

1. La muestra estudiada evidencia problemas en la aplicación del método científico, con respecto principalmente a la etapa de definición de los problemas y el diseño de procesos metodológicos que le permitan desarrollar

de manera adecuada una tarea específica.

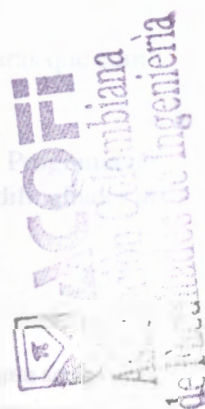
La muestra seleccionada evidencia un excelente trabajo con respecto a la recolección de datos y en la presentación adecuada de los mismos, aproximadamente el 85% de los trabajos presentan buena aplicación de las normas tanto para la presentación del artículo científico como de las ICONTEC.

El problema grave a ser considerado, está relacionado con el análisis de los resultados, puesto que los trabajos evidencian únicamente la aplicación de una habilidad de pensamiento primaria como es la observación; sin embargo no se pasa a niveles superiores del pensamiento, no se induce, no se deduce, no se realiza análisis conceptual.

Es casi nula la confrontación de los datos teóricos con los datos experimentales; por otro lado se presenta carencia de herramientas de análisis, no se tratan los datos de manera estadística, no se realizan regresiones, no existe una cultura en el manejo de los datos experimentales.

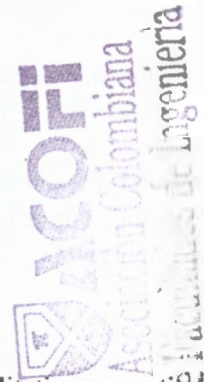
Finalmente, y como resultado de todo lo anterior se observa una clara tendencia a la improvisación de conclusiones en las cuales se presentan dos rutas bien marcadas:

- a. Conclusiones no pertinentes, las cuales si bien apuntan a hechos relacionados indirectamente con el trabajo, no son tratadas con la rigurosidad que permita ser tomada como una conclusión.
- b. Conclusiones pertinentes, pero sin un soporte teórico adecuado, debido a que no se ha realizado el análisis respectivo de manera adecuada.



# Propuesta de un Modelo de Evaluación en la Formación de Ingenieros de Sistemas

Hilda Cristina Chaparro López, hchaparr@javeriana.edu.co  
Germán Alberto Chavarro Flórez, gchavarr@javeriana.edu.co  
José Hernando Hurtado Rojas, hhurtado@javeriana.edu.co  
Pontificia Universidad Javeriana.  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería de Sistemas  
Teléfono-Fax 3208320 ext. 5338



## Resumen

El proceso de Reflexión Curricular ha llevado a definir nuevos esquemas de evaluación, cualitativa y cuantitativa, que contemplen las competencias y habilidades que debe tener un Ingeniero de Sistemas. Tradicionalmente se han evaluado contenidos a través de herramientas convencionales que en muchas ocasiones apelan a recursos como la memoria.

La evaluación debe estar orientada a validar las competencias que aseguren el cumplimiento de los perfiles, de Egreso y Ocupacional, definidos en los planes de estudio.

Para definir el proceso de evaluación, se plantean los Factores Evaluables que consisten en las principales características que deberían existir en todos los egresados de Ingeniería de Sistemas, acordes con la Intencionalidad Formativa del programa, definida previamente. Posteriormente se establecen las relaciones existentes entre el perfil de Egreso y el perfil Ocupacional del Ingeniero de Sistemas frente a los Factores Evaluables.

Para operacionalizar el modelo se efectúa una relación entre los Factores Evaluables y las asignaturas que componen el plan de estudios.

Se presenta una propuesta para una de las asignaturas del Núcleo de Formación Fundamental del Programa de Ingeniería de Sistemas, asignatura enmarcada en el área de programación que típicamente enfrenta dificultades al momento de la evaluación.

## Intencionalidad formativa

El desarrollo metodológico del proceso seguido para obtener la intencionalidad formativa del programa se aprecia visualmente en la Ilustración 1. El núcleo central está en los *objetivos de formación y las competencias* que los satisfarán.

Estos objetivos se formulan a partir de las necesidades de formación nacionales y locales, las tendencias del ejercicio profesional y el perfil de ingreso de los aspirantes, determinado por las condiciones de la demanda estudiantil[1].

El cumplimiento de los objetivos de formación constituyen los *aportes diferenciadores* de la carrera, que constituyen el elemento básico para atraer la demanda estudiantil, cuyo aumento retroalimenta y fortalece el avance y mejoramiento del plan de formación.

Por otra parte, en el diagrama se hace evidente el esquema evolutivo de formación, representado como un proceso de transformación que usa como insumo primario el *perfil de ingreso* de los aspirantes, sobre el cual actúa la formación profesional que transforma y enriquece las *competencias* de los alumnos, hasta lograr el *perfil de*



## Factores evaluables transversales a la formación del estudiante

Para analizar el proceso de evaluación se definen los *Factores Evaluables* que consisten en las principales características que deberían existir en todos los estudiantes de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Javeriana.

Los Factores Evaluables son el resultado de un profundo análisis de los elementos constitutivos del Plan de Estudio y los Objetivos Específicos planteados por la Carrera de Ingeniería de Sistemas [1].

A continuación se enumeran cada uno de los Factores Evaluables considerados y posteriormente se establecen las relaciones existentes con el Perfil de Egreso, con el Perfil Ocupacional y con las Asignaturas que conforman el currículo de la Carrera. La explicación de cada uno de los factores se encuentra en: <http://ainsuca.javeriana.edu.co/~hchaparr/FactoresEvaluables.htm>.

### Perfil de egreso vs. factores evaluables

Con el siguiente cuadro se busca exponer cuales Factores Evaluables determinan el cumplimiento del Perfil de Egreso deseado.

Perfil de Egreso \ Factores Evaluables	Análisis y Síntesis	Solucionar Problemas	Conocimientos Específicos	Comprensión Organizacional	Perspectiva Social	Investigación	Comunicación	Trabajo en Equipo	Autonomía	Manejo de la Complejidad
Fuerte capacidad de abstracción, análisis y solución de problemas organizacionales.	X	X		X		X				X
Sólida formación técnica y administrativa que le permitirán dirigir una organización basado en el pensamiento sistémico.			X	X			X	X		
Capacidad de planear, diseñar y construir exitosamente sistemas de computación a gran escala, haciendo énfasis en la arquitectura de las soluciones y en la orientación a la rentabilidad.	X	X	X	X	X			X	X	X
Fundamentación teórica que sustente las decisiones estratégicas que tome dentro de la organización.			X	X						
Facilidad en el auto-aprendizaje y adaptación a nuevas metodologías y tecnologías de información que le permitan adaptarse al cambiante mundo empresarial.		X		X	X	X			X	
Capacidad de dirigir y trabajar en equipos interdisciplinarios.						X	X	X		X
Inclinación por la creación de empresa y ejecución de proyectos que beneficien al país.		X		X	X	X	X		X	
Habilidades de comunicación, que trascienden la simple habilidad de transmitir sus ideas con claridad, para permitirle influir exitosamente en los procesos de decisión y promover el consenso en situaciones de desacuerdo.				X			X	X		
Sólidos principios éticos fortalecidos por una formación humanística, que orientan su actuación profesional en beneficio de la profesión y de la comunidad, que se manifiestan en un alto nivel de compromiso con su trabajo.				X	X		X	X		

Tabla 1 Factores Evaluables vs Perfil de Egreso

### Factores evaluables vs. perfil ocupacional

Los Factores evaluables se pueden cruzar a la vez con el Perfil Ocupacional del Ingeniero de Sistemas. Cada uno de los posibles perfiles ocupacionales tiene características particulares que hacen necesario evaluar desde el

currículo uno u otro factor. En el siguiente Cuadro se muestran las ocupaciones principales propuestas y su cruce con los Factores Evaluables.

Perfil Ocupacional \ Factores Evaluables	Análisis y Síntesis	Solucionar Problemas	Conocimientos Específicos	Comprensión Organizacional	Perspectiva Social	Investigación	Comunicación	Trabajo en Equipo	Autonomía	Manejo de la Complejidad
Analista de Sistemas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ingeniero de Software	X	X	X	X			X	X		X
Administrador de Redes de computadores		X	X	X		X	X	X	X	X
Ingeniero de bases de datos	X	X	X	X				X	X	X
Director de proyectos informáticos	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Docente e Investigador	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Consultor Informático	X	X	X	X			X		X	X
Director de sistemas	X		X	X	X		X	X		X
Cargos directivos		X			X	X	X	X	X	X

Tabla 2. Factores Evaluables vs Perfil de Ocupacional

### Factores evaluables vs. plan de estudios

En el siguiente cuadro se muestran las relaciones existentes entre los Factores Evaluables y las asignaturas del Plan de Estudios correspondientes al área de Programación dentro de la Unidad de Organización de Ingeniería Aplicada<sup>1</sup>. La relación es el aporte que hace la asignatura específica al Factor Evaluable; además marca los espacios a observar y evaluar en el desarrollo del estudiante dentro de la asignatura.

Asignaturas \ Factores Evaluables	Análisis y Síntesis	Solucionar Problemas	Conocimientos Específicos	Comprensión Organizacional	Perspectiva Social	Investigación	Comunicación	Trabajo en Equipo	Autonomía	Manejo de la Complejidad
Análisis y diseño orientado a objetos	X	X	X							X
Bases de datos		X	X			X		X		X
Comunicaciones y redes		X	X			X		X		X
Pensamiento algorítmico	X	X	X							X
Lenguajes de programación		X	X			X		X		X
Programación de computadores	X	X	X			X		X		X
Análisis de algoritmos	X	X	X			X		X		X
Estructuras de datos	X	X	X			X		X		X
Programación orientada a objetos	X	X	X			X		X		X
Sistemas distribuidos		X	X			X		X		X
Sistemas operativos		X	X			X		X		X

Tabla 3. Factores Evaluables vs Asignaturas

### Caso de estudio - pensamiento algorítmico

La asignatura de pensamiento algorítmico se encuentra en los primeros semestres de formación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Sistemas. En esta asignatura se ven los conceptos básicos en la solución de problemas y su implementación en un lenguaje de programación.

La asignatura se enfoca en la realización de ejercicios que permiten al estudiante desarrollar habilidades cognitivas, como razonamiento deductivo e inductivo, comprensión y análisis, clasificación y organización y solución de problemas.

<sup>1</sup> Documento Curricular del Programa de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Javeriana. Abril de 2004

Para resolver un problema se necesita comprender el enunciado y tener habilidades para encontrar las posibles soluciones. Se logra detectar en esta asignatura que los estudiantes presentan deficiencias en entender el problema y lograr hacer abstracción de él; se requiere que el estudiante desarrolle habilidades que le permitan solucionar los problemas. Estas habilidades se adquieren con la práctica constante de los conceptos básicos; mientras más estrategias se posean mayor será la probabilidad de resolver problemas nuevos [3].

Entendemos una estrategia como un plan para lograr un objetivo, está compuesta por el propósito y los pasos a seguir.

En este curso se desarrollan las siguientes estrategias: Representación, utilizando tablas, gráficas, dibujos o diagramas que nos permiten visualizar una descripción verbal de ciertos problemas y en la mayoría de los casos encontrar la respuesta directamente, con esta estrategia se eleva el nivel de abstracción y de razonamiento del estudiante llegando a una representación simbólica. Se empieza con una representación en una dimensión permitiendo desarrollar problemas con una variable y posteriormente se avanza en el planteamiento de ejercicios donde se requiere la representación en dos dimensiones y se involucran los conceptos de las tablas lógicas para culminar con ejercicios donde se busca la información implícita en el enunciado o en las diferentes etapas del problema [4]. El objetivo es que el estudiante comprenda el enunciado del problema y lo represente.

Otra habilidad importante que se persigue en este curso es que el estudiante aprenda a organizar la información que se deriva del análisis del problema.

Las actividades de evaluación realizadas tendientes a medir el desarrollo de las anteriores estrategias fueron inicialmente ejercicios en forma de problemas donde el razonamiento verbal permitía evaluar los conceptos de aseveraciones y argumentos; lo cual está íntimamente relacionado con los conceptos de la lógica matemática. En una segunda instancia se plantean ejercicios donde el estudiante debe identificar las variables y la pregunta del problema y definir la representación a utilizar. Para ello se plantean enunciados directos, indirectos, con inversión de datos e indeterminados. Esto guarda relación inmediata con el factor de análisis y síntesis.

Para consolidar los conceptos se plantea un proyecto modular de relativa complejidad en donde cada grupo de estudiantes debe planear, diseñar y construir uno de los módulos que lo conforman. A través del uso de parámetros previamente establecidos se busca que los estudiantes alcancen la solución completa; esta actividad promueve el trabajo en equipo y el manejo de la complejidad [5].

## Bibliografía

1. Documento Curricular del Programa de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Javeriana. Abril de 2004
2. FLOREZ OCHOA, Rafael. Evaluación Pedagógica y Cognición. McGraw Hill Bogotá 1999
3. POLYA, G. Como plantear y resolver problemas. Trillas México 1969
4. SANCHEZ, Margarita A. Desarrollo de Habilidades del Pensamiento: razonamiento verbal y solución de problemas. Trillas México 1997
5. FLECHSIG, Kart-Heinz, SCHIEFELBEIN, Ernesto. Veinte Modelos Didácticos para América Latina, AICD OEA 2003



# ¿Qué no es Ingeniería y qué no se debe Flexibilizar?

Ingeniero Ricardo Martínez Rozo, MSc., MA., MD.  
Profesor de Bioingeniería de la Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, D.C.  
Ex - Jefe de la División Académica del ICFES  
Consultor en Educación Superior, Acreditación, Registro Calificado  
Par Académico en Inspección y Vigilancia  
e-mail: rmartnzz@yahoo.com



## Resumen

Antes de la Ley 30 el crecimiento de la oferta de programas en educación superior fue muy tímido y se mantuvieron las tendencias tradicionales de los programas que ya tenían posicionamiento. Las IES (Instituciones de Educación Superior), después de la promulgación de ésta comenzaron a buscar nuevos planes de estudio para ofrecer en Colombia; algunas esperaron a que otras tuvieran nuevas propuestas y simplemente montaron los mismos programas en otras localidades; otras comenzaron a buscar en el mundo todo lo que tuviera la palabra Ingeniería, independiente del nivel en que se estuviera ofreciendo y del significado con el cual fuera utilizado el vocablo.

Los títulos tradicionalmente han cambiado el estado socio - económico de las personas que los reciben. El título de mayor «status» sigue siendo el de Médico, por debajo de éste aparece el de Ingeniero. En un nivel inferior aparecen programas profesionales de diversa índole. Mas abajo se encuentran los títulos educativos cuyo valor socio - económico es muy limitado comparándolo con los otros títulos profesionales. Luego de éstos títulos se encuentran en su orden los de Tecnólogo, Técnico profesional y Técnico no formal. Teniendo como base esta escala algunas instituciones colocaron el término Ingeniería precediendo al nombre del programa que venían ofreciendo de tal forma que cambiara su «status».

El siguiente paso consistía en convencer al ICFES de que el nombre del programa si era válido y que el plan si correspondía a un programa de Ingeniería. Algunas IES prefirieron cambiarle el nombre a sus programas o montar los nuevos programas sin tramitar el registro en el ICFES teniendo claro que era muy difícil que esta institución aceptara esta nueva denominación.

Como nuevas IES comenzaron a imitar este comportamiento el ICFES decidió adelantar estudios que permitieran establecer cuáles eran las características mínimas que deberían poseer los programas de Ingeniería agrupados por áreas. Para el ICFES era muy difícil definir que era y que no era Ingeniería, así que este esfuerzo de agrupación y estudio de los programas resultaba fundamental para tomar decisiones sobre cuáles programas se registrarían. El ICFES solicitó a ACOFI adelantar estos estudios, financió su desarrollo, dirigió y participó activamente en el proceso de discusión que tomó varios años.

Durante el tiempo de espera se registró una gran cantidad de programas que fueron armados en tal forma que las ciencias básicas de las denominadas Ingenierías duras (Civil, Eléctrica, Mecánica, y Química), aparecieran claramente organizadas en los primeros 4 a 5 semestres (aunque evidentemente algunas de esas asignaturas no tenían sentido ni pertinencia en relación con el objeto de estudio del programa); esta estrategia hoy se sigue utilizando para reestructurar los programas de tal forma que los pares académicos guiados por este planteamiento, recomienden otorgar el registro calificado al programa. Son programas que tienen un gran componente de ciencias básicas adherido a áreas de formación profesional que le dan el apellido a la Ingeniería.

Uno de los grandes errores que se cometió fue traducir literalmente nombres de libros y artículos, y títulos otorgados en el exterior como de programas de Ingeniería. El término Ingeniería en gran parte de esas situaciones significa construcción. Por esta razón se ha venido utilizando Ingeniería del conocimiento como traducción literal de «Knowledge engineering» sin que exista realmente una construcción ingenieril del desarrollo de l conocimiento, o la nueva denominación de Ingeniería Social (Socia E ngineering), que hoy utilizan los Hackers para atraer



curiosos a trampas muy bien camufladas, pero donde la construcción social no tiene nada que ver con el desarrollo de un esfuerzo ingenieril. Un ejemplo bastante conocido es «Software Engineering» que efectivamente se refiere a uno de los temas de vanguardia en el mundo, pero que tiene un objeto de trabajo muy particular; estrategias propias del área, objetivos diferentes a la Ingeniería y generalmente se desarrolla en los niveles técnicos o tecnológicos que son los que privilegian el desarrollo de competencias laborales para enfrentar este tema.

La pregunta que caracterizó esa etapa del desarrollo de programas fue «Cuál nombre venderá más el programa?», y el bautismo final se produjo precisamente con el apelativo que parecía más comercial en el mercado de las ilusiones de los aspirantes.

Otro gran equívoco asistió a la aparición de nuevos programas, fue el descenso de programas que funcionaban en formación avanzada a formación básica. La Ingeniería Biomédica fue durante muchos años una especialización que requería tener un título profesional en Medicina o en Ingeniería. No todos los profesionales de la Ingeniería eran recibidos en estos programas de formación avanzada, era claro que algunas Ingenierías no daban las bases necesarias para sustentar estos estudios; de todas formas las áreas en las cuáles se trabajaba eran diferentes cuando se exigía formación en el área de la salud y cuando se exigía formación en el área tecnológica. Actualmente estos programas en pregrado reúnen conocimientos de ciencias básicas (para justificar la denominación de Ingeniería), de Ingeniería y de Medicina. Aún a pesar de que en los últimos 50 años esta es una de las áreas de la ciencia donde más se ha producido conocimiento. En este estado de cosas, se entiende por qué el egresado tendrá serias dificultades para dominar el tema médico y el tema tecnológico. Los egresados anteriores dominaban el tema de su profesión y sobre esa estructura sólida estructuraban el conocimiento de la formación avanzada. Por esa misma razón algunos de estos programas de formación avanzada daban el título de acuerdo con la formación base que tuviera el estudiante en el pregrado.

Tal vez la aparición de programas de Ingeniería que no siguieron el desarrollo histórico de las Ingenierías de inicios del siglo pasado causó la enorme incertidumbre sobre cuáles tenían sentido y coherencia y cuáles obedecían solamente a las leyes del mercado. Es necesario recordar que en el siglo XIX existió una sola Ingeniería, la Civil que se encargaba de todos los procesos ingenieriles conocidos: construcción de caminos, puentes, canales de riego, etc. La ingeniería Militar apareció solo para distinguir a los ingenieros que desarrollaban los mismos trabajos conocidos pero en el ámbito militar. La Ingeniería Civil general de finales del siglo XIX comienza a acumular todo el conocimiento conocido hasta que estalla formando nuevas Ingenierías que toman para sí conocimientos específicos. Aunque este proceso de aparición de Ingenierías pareció ser la tendencia general, en España permaneció una sola Ingeniería (Industrial en esa latitud), que luego podía profundizarse con estudios en Electricidad, en Química, en Mecánica.

Ese proceso histórico muestra que la aparición de las Ingenierías de la segunda mitad del siglo pasado fue la consecuencia del desarrollo científico y tecnológico que incremento exponencialmente el conocimiento en los temas de la Ingeniería Básica y de la Ingeniería Aplicada, y que llevó a la aparición de las denominadas Ingenierías duras.

Durante esta fase del desarrollo histórico de la Ingeniería no se habla de la pérdida de identidad del Ingeniero al parecer porque se mantuvo ese sello característico que diferenciaba a los Ingenieros de otros profesionales. La discusión comenzó a aparecer tiempo después cuando se inicia la proliferación de programas que evidentemente no imprimían este sello en sus egresados. Cabe preguntar, como sucede con los sacramentos católicos, si las profesiones imprimen carácter y más específicamente si la Ingeniería imprime carácter?

Se puede afirmar que algunas profesiones imprimen carácter, es decir que ese sello que se adquiere con la formación en la profesión no se pierde a través de la vida. Baste con analizar el comportamiento de un médico, de un artista, de un profesor, de un ingeniero, de un abogado, de un sociólogo. La forma de pensar de cada uno de ellos es diferente, su actitud frente a los problemas también y la forma como se acercan a los problemas objeto de su trabajo. Es cierto que cada uno tiene un estereotipo que pudiera provenir más de la influencia social que de su

formación en el aula. Pero como todo comportamiento humano aprendido por imitación, el alumno termina comportándose como se comporta su profesor. Como cuál de los profesores: el tirano, el bonachón e indiferente?. Pues precisamente el profesor que de alguna manera haya impactado más a su alumno, o el que haya resonado por sus características particulares con su alumno.

En estos programas profesionales que imprimen carácter hay algo muy particular que diferencia fundamentalmente el comportamiento de cada tipo de profesional. Existe algo muy especial en cada uno de estos programas que hace que aunque todos sus egresados utilicen bata blanca o zapatos brillantes o tengan «modales ingleses» se enfrenten a su objeto de estudio de una forma diferente.

Resumiendo, se mencionó que algunas de las profesiones mencionadas tienen su cimiento en las ciencias básicas. El médico, el profesor, el ingeniero inician su formación enfrentándose a un ciclo importante de ciencias básicas que sustentarán todo su conocimiento aplicado de las ciencias de su objeto de estudio. Incluso el Derecho debería tener un fuerte sustento en las matemáticas más por la intencionalidad de la formación matemática que por los mismos conceptos que se manejan en esta área del conocimiento (recuérdese que la formación en matemáticas es fundamental para el desarrollo de la capacidad de abstracción que posteriormente será definitiva para la comprensión de las estructuras legales). Este es un concepto muy importante que generalmente pasa desapercibido: es tan importante el contenido de las asignaturas o de los espacios académicos como la intencionalidad con la cual se imparta. Esa intencionalidad será la que aparecerá reflejada de alguna manera en las competencias que se observan en el comportamiento de los profesionales.

También es claro que los fines de la actuación de estos profesionales parecen no establecer una adecuada diferenciación de su comportamiento; todos tienen un fin social, algunos de ellos buscan desarrollar soluciones económicas. También todos buscarán el respeto a los sistemas ecológicos y la generación de soluciones a sus problemas particulares con dimensión humana. Todos tendrán relativo éxito en la medida en que sus soluciones sean sostenibles.

La forma como cada profesional se enfrenta al conocimiento y propone soluciones en relación con su objeto de estudio es precisamente el **MÉTODO** que cada profesional tiene para hacer su trabajo. Nadie puede imaginarse cómo el sociólogo pudiera hacer Ingeniería utilizando el método de las ciencias sociales o el ingeniero pudiera utilizar el método propio del derecho para plantear soluciones a la construcción de una estructura.

*El MÉTODO de la Ingeniería es muy parecido al método científico pero no es el método científico, sin embargo tiene el rigor establecido por la ciencia para el acercamiento al conocimiento, en este caso conocimiento aplicado, conocimiento tecnológico. El MÉTODO es el sello que en cada tipo de profesional determina su forma particular para proponer soluciones sociales, con dimensión humana, económicas, ecológicas y sostenibles. Las ciencias básicas contribuirán fundamentalmente para que esas soluciones tengan la fortaleza teórica necesaria para lograr las cualidades mencionadas.*

Pero cuáles Ingenierías de la ya larga lista de Ingenierías de la oferta de servicios educativos en Colombia requiere el método ingenieril para acercarse al conocimiento de su objeto de estudio y generar soluciones con las dimensiones analizadas?. Es claro que solo las Ingenierías de primero y segundo nivel requieren el método ingenieril.

Las de tercer nivel no lo requieren puesto que han desarrollado su método propio como resultado de la activa participación de las ciencias básicas en el diseño de modelos para la solución de problemas particulares. En el primer nivel estarían las Ingenierías duras, incluso aquellas Ingenierías que son el resultado de mezclar dos o más Ingenierías duras, y aquellas que se especializan en temas específicos de las Ingenierías duras. En el segundo nivel estarían aquellas Ingenierías que aplican los conocimientos desarrollados en las Ingenierías básicas para el manejo de su objeto de estudio. En el tercer nivel estarían aquellos programas con desarrollos y objetos específicos generados a partir de la aplicación del conocimiento de las ciencias básicas pero que dadas sus condiciones particulares y por el método que utilizan no deberían denominarse Ingenierías. Incluso teniendo en cuenta que su base de sustentación podría ser algunos temas particulares de las ciencias básicas.

Es claro ahora por qué resulta tan importante que una persona formada en Ingeniería forme Ingenieros. El Ingeniero formará en Ingeniería si ha desarrollado las competencias que le permitan pensar y actuar como tal. Esto no implica que otros profesionales no pudieran participar en el proceso de formación, pero sí que la participación de los Ingenieros es fundamental para estampar el sello que le da carácter al Ingeniero. El Historiador podría estar impartiendo una excelente cátedra sobre el desarrollo histórico de la ciencia pero su intencionalidad es diferente a cuando el Ingeniero imparte la cátedra de programación con la cual se pretende «arar el terreno» para establecer y posteriormente consolidar el pensamiento algorítmico (aquel que caracteriza al Ingeniero que es capaz de definir secuencias).

Quienes han realizado el ejercicio de cambiar una Ingeniería de tercer nivel al segundo nivel se encontraron con una sorpresa. Aparece una Ingeniería que debe desarrollar las antiguas y las nuevas metodologías para que en su mismo objeto de estudio las aprovechen las del tercer nivel. En otras palabras se ha logrado organizar una Ingeniería que se dedica a pensar en lo que harían las Ingenierías del siguiente nivel. Simultáneamente con este resultado aparece la pregunta: Hay en Colombia empresas que quisieran contratar una persona que se dedique a pensar en cómo hacer las cosas, en lugar de contratar a un profesional que sepa hacerlas y las desarrolle?. Pues todo parece indicar que en la situación actual pueden existir algunos aspirantes que quisieran estudiar tal programa, pero muy pocas instituciones que quisieran contratarlos.

La pregunta planteada en el párrafo anterior es el dolor de cabeza de los egresados pero parece importar muy poco a las IES que ofrecen servicios educativos ciertamente cuestionables desde este punto de vista. Cada día aparecen más Ingenierías formadas con porciones de conocimiento de otras ingenierías e incluso de otros programas no ingenieriles: Algunos de estos programas no tienen discusión sobre si son ingenierías pues evidentemente lo son. Se podrían elaborar listados voluminosos de programas de éstas características, pero la pregunta guía debe ser la misma. Un medio industrial como el nuestro deprimido por las condiciones económicas y políticas, donde desaparecen más empresas de las que se crean diariamente, es potencial empleador de Ingenieros que como los especialistas «saben cada vez más y más de menos y menos», o prefiere contratar a nuestros «Ingenieros toderos tradicionales» que se defienden muy bien en el medio colombiano y que son muy apetecidos en el medio internacional por su elevada capacidad para resolver problemas.

Las ingenierías blandas complican también el panorama. Ellas caminan continuamente muy cerca de la tenue línea que separa la Ingeniería de los otros programas profesionales. Incluso algunas de ellas utilizan métodos diferentes al método ingenieril pero tradicionalmente se han clasificado dentro del grupo de las Ingenierías (tal como sucede con la Ingeniería Agronómica). Las Ingenierías administrativas son también un buen ejemplo de este grupo. Los egresados pueden tener altísimos niveles de desempeño pero no se comportan como Ingenieros. Se comportan como lo hacen los profesionales del área administrativa de donde se toma precisamente el objeto de estudio del programa. Se observa entonces que estos Ingenieros tendrán serios problemas para enseñarles a sus estudiantes el comportamiento ingenieril puesto que ellos mismos no lo poseen.

Otra condición inquietante surge alrededor del tema de la flexibilización. Los recientes documentos que tratan este tema plantean la posibilidad de flexibilizarlo todo. Por eso es muy importante establecer que es lo que no se debe flexibilizar y cuáles son los peligros de la flexibilización por se.

Preocupa sobre manera la creciente desnaturalización de los programas profesionales. En gran medida las IES y sus comités curriculares se orientan fundamentalmente por las tendencias del mercado, incluso algunas cambian la estructura curricular siguiendo la guía de los avisos de periódico que solicitan profesionales. El perfil del egresado será entonces el resultado de la suma de los perfiles que más se repiten en estos avisos, («Se requiere Ingeniero que tenga conocimientos en XXXX, que tenga habilidades para el manejo de YYY»). La estructura curricular de un programa no puede ser el resultado de los caprichos de un mercado coyuntural que busca satisfacer necesidades inmediatas pero casi nunca estructurales. Debe ser el resultado de un serio, concienzudo y metódico análisis de todos los factores importantes por tener en cuenta para el diseño y desarrollo de un plan de estudios.

Pero también es cierto que los planes de estudio deben ser muy perceptivos de los cambios de las tendencias de la ciencia y la tecnología, y del estado del arte en su campo de conocimiento y de aplicación. Es decir que los planes de estudio deben evolucionar conscientes de su responsabilidad en el desarrollo de la ciencia, del arte y de la tecnología. Cuál es entonces el sabio equilibrio que debe mantenerse en un plan de estudios? Hay que recordar que todos los servicios educativos tienen una enorme responsabilidad social. En esa sociedad está incluido el estudiante y futuro egresado, la comunidad a la cual pertenece, la empresa a la cual sirve, el país que espera el mejor de sus esfuerzos. Por eso es fundamental preguntar cuál es la formación mínima que debe tener un estudiante para ser graduado como profesional en un área? Cuál es la formación mínima que debe tener un egresado para cumplir adecuadamente con esta responsabilidad social?. Esto es lo que se denomina el «Currículo mínimo».

El Currículo mínimo no es estático, evoluciona con la evolución del conocimiento, de la ciencia y la tecnología. Pero bajo ningún argumento es posible justificar la existencia de planes de estudio que no contengan estos componentes de formación mínima. Quien flexibiliza su plan de estudios teniendo en cuenta las tendencias del mercado, desconociendo la intencionalidad de la formación en algunos temas que resultan fundamentales para imponer el sello distintivo de cada programa, puede correr el riesgo de desnaturalizar su plan hasta tal punto que sus egresados no se comporten como espera la sociedad, aunque el título profesional los acredite como profesionales del área.

*Los ECAES intentan evaluar, en el terreno del currículo mínimo, qué estudiantes de últimos semestres tienen la formación necesaria para poder recibir un título que los acredite ante la sociedad como profesionales del área. El problema del resultado de estos exámenes no es la ubicación en la lista de las IES que participaron, es realmente establecer que la prueba es capaz de decir si la formación impartida por un plan de estudios es suficiente para que el profesional pueda desempeñarse con idoneidad y cumpla cabalmente con su función social.*



# Rediseño de Cursos en Ingeniería: Una Respuesta al Sistema de Créditos Académicos

Adriana María Giraldo Osorio, Ingeniera de Sistemas, Coordinadora Programa Ingeniería de Sistemas  
Mariela Rivero Carrillo, Ingeniera de Sistemas, Coordinadora Departamento Ciencias Computacionales  
Universidad Autónoma de Manizales

## Resumen

El sistema de créditos académicos planteado como obligatorio para instituciones de educación superior en Colombia, ha impuesto retos a los programas ofertados en el país. La Universidad Autónoma de Manizales (UAM) inició este proceso en el año 2002, reflexionando acerca de sus implicaciones, de tal manera que el paso a créditos no se redujera a su mera operacionalización. Como producto de la reflexión se encontró que el reto no consistía simplemente en cambiar el plan de estudios y las intensidades horarias de los cursos, sino configurar ambientes de aprendizaje adecuados, lo cual podría llevarse a cabo a través del rediseño de los cursos. Es así como desde el año 2003, la comunidad académica de la UAM vivencia la implementación del sistema de créditos, siendo el rediseño uno de sus componentes claves.

El colectivo de profesores de la Facultad de Ingeniería a lo largo de los tres últimos años ha desarrollado este proceso, encontrando en el rediseño una oportunidad para determinar lineamientos y acciones sobre el proceso de aprendizaje y enseñanza de la ingeniería, los ejes temáticos de cada una de las profesiones, la integración disciplinaria y la cualificación docente, aún a costa de las dificultades que el proceso en si mismo constituye.

## Rediseño de cursos en ingeniería

Plantear el rediseño de cursos en ingeniería como una estrategia para implementar el sistema de créditos académicos, obliga a referirse a temas que hacen de éste un proceso continuo y sustentado que ofrece un marco suficientemente sólido y con sentido al momento de plantear reformas que surjan por la dinámica de las disciplinas y los requerimientos del contexto.

Es así como hablar de currículo, sus fuentes y la enseñabilidad de una profesión es base fundamental para comprender los orígenes, desarrollo y estado actual del proceso de rediseño de cursos llevado a cabo en la UAM en sus diferentes programas académicos.

Dicho proceso debe ser un trabajo en equipo que responde a las intenciones institucionales con las cuales se ha comprometido cada uno de los programas educativos, para fortalecer y promover la integración entre docencia, investigación y proyección al interior del aula con base en la experiencia docente y bajo los lineamientos institucionales en el contexto de cada área disciplinar o profesional.

## El currículo

La Universidad Autónoma de Manizales, se ha preocupado por el análisis y retroalimentación continua de los diferentes currículos de los programas académicos en la institución, de tal manera que éstos respondan adecuadamente a las exigencias de la educación, entendida como el producto de las relaciones entre hombre, cultura y sociedad; relaciones que se materializan en cada contexto estableciendo el equilibrio entre sueños y realidades de los actores del proceso educativo y de las formas de actuar que les ayudan a alcanzar metas contempladas en un marco de referencia que se reconstruye continuamente.

Dicho marco de referencia es el currículo, proyecto donde se determinan los objetivos de la educación (aspectos del desarrollo e incorporación de la cultura que la institución trata de promover) y propone un plan de acción adecuado para la consecución de estos objetivos.

Por tanto la UAM le confiere al currículo dos funciones claras, la primera es hacer explícitas las intenciones del sistema educativo y la segunda es servir como guía para orientar la práctica pedagógica en sus diferentes programas; para ello toma en cuenta tres fuentes que son las bases a través de las cuales se derivan principios que orientan su diseño, desarrollo y evaluación, constituyendo posiciones de índole epistemológico-profesional, socio-cultural y psico-pedagógico. Estas tres fuentes determinan los procesos cognitivos de los estudiantes, el campo de acción, el objeto de estudio y la matriz disciplinar de una profesión para un contexto particular.

La figura 1 representa la forma en que las fuentes del currículo soportan los programas de la UAM, los procesos de aprendizaje de sus estudiantes y su perfil profesional. Toma como fundamento las tres fuentes del currículo mencionadas, mostrando la integración entre éstas y sus componentes macro, meso y microcurriculares, subsistemas de los planes de estudio de la institución.

El Macrocurrículo, pretende darle un sello al profesional de la UAM, a través del área Sociohumanística, Empresarial e Idiomas, aportando al medio un profesional que se diferencia de otros por su liderazgo empresarial, su conocimiento integral y sus responsabilidades profesionales frente al desarrollo regional. El Mesocurrículo, pone en práctica las orientaciones que ofrece la matriz interdisciplinaria del área de conocimiento propia de la Ingeniería, ofreciendo los fundamentos necesarios para cualquier Ingeniero UAM. y el Microcurrículo, ofrece las bases y los énfasis de la profesión, expresados en la matriz disciplinar, en el objeto de estudio y el área de desempeño específica de una ingeniería.

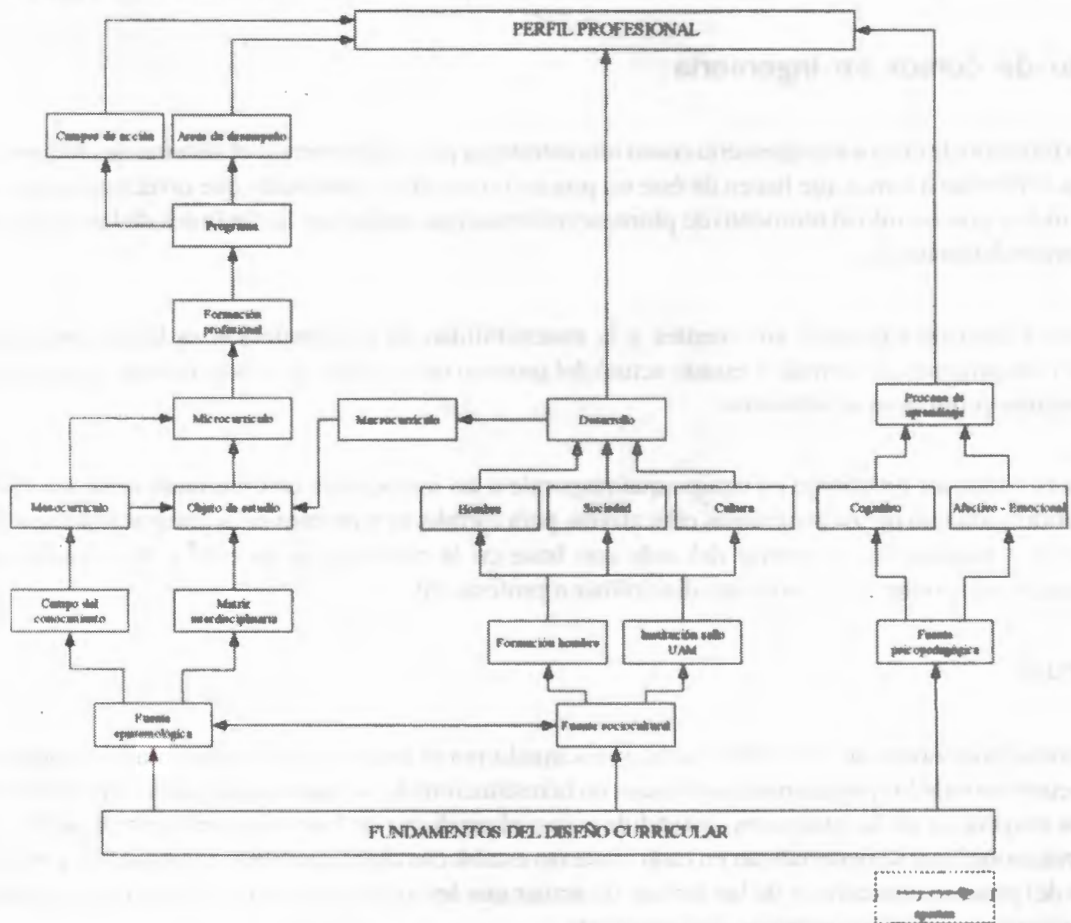


Figura 1. Fuentes del Currículo y Estructuración del Perfil Profesional

## Enseñabilidad en ingeniería

El currículo se concretiza en el aula a través de los procesos de aprendizaje – enseñanza que se orientan por principios pedagógicos y didácticos, los cuales permiten hacer comunicable y por tanto aprensible por el estudiante el objeto de estudio y la estructura lógica de la ciencia (enseñabilidad de las ciencias).

Después de analizar los diferentes currículos escritos y vivenciados en los programas de ingeniería de la UAM se llegó a la conclusión que el principio pedagógico básico es el constructivismo, donde el sujeto es el eje fundamental del proceso educativo y se aproxima a nuevos conocimientos reestructurando su red conceptual, la cual es transformada a lo largo de su existencia de acuerdo con las necesidades cognitivas que se le presentan.

Como principios didácticos se determinaron desde la enseñanza el cambio representacional y desde el aprendizaje el aprendizaje significativo, los cuales son el resultado de confrontar las teorías implícitas del sujeto (representaciones formales y cotidianas del conocimiento) con las representaciones científicas del conocimiento, a través de procesos de asimilación y acomodación realizados por el sujeto que aprende y generados por sus conflictos cognitivos; procesos que permiten hacer transformaciones e integraciones que llevan a la reestructuración y por consiguiente a un cambio evolutivo, que le posibilita desempeñarse e intervenir el contexto; este cambio se logra gracias a la manera como se organiza el conocimiento para que llegue al estudiante (transposición didáctica).

Los principios mencionados se constituyen para la UAM en el marco de referencia del diseño didáctico que busca la construcción de ambientes de aprendizaje significativos, a través de un diseño problémico que en la Facultad de Ingeniería se ha llevado a la práctica en los cursos por medio del desarrollo de proyectos integradores complementados con otras estrategias de aprendizaje - enseñanza. Estas estrategias a su vez son congruentes con el proceso de evaluación y seguimiento del aprendizaje de los estudiantes que incluye evaluación diagnóstica, formativa y sumativa. En la siguiente figura se muestran los elementos que intervienen en la construcción de aprendizajes significativos por parte del sujeto que aprende.

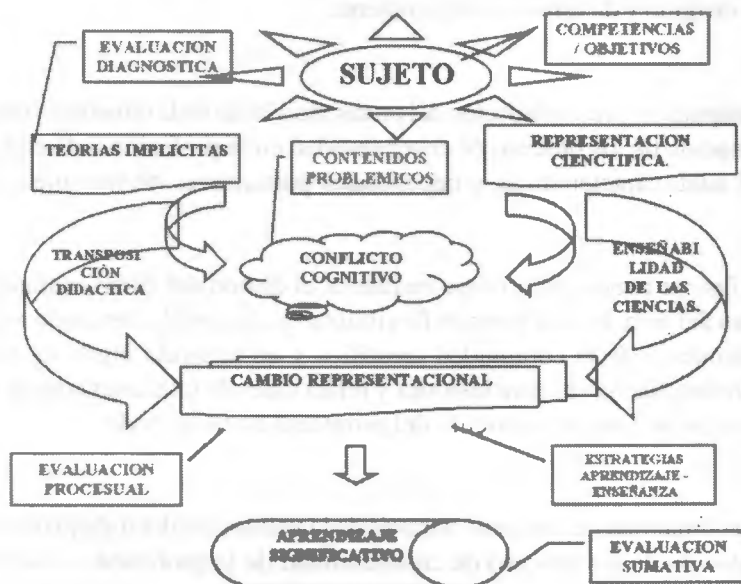


Figura 2. Construcción del Aprendizaje Significativo

## Currículo – créditos - rediseño

Además de los principios pedagógicos y didácticos el proceso de diseño didáctico toma en cuenta los PEP (proyectos educativo del programa), los lineamientos institucionales y disposiciones gubernamentales, de tal manera

que éste atienda a las características de los estudiantes, sus intencionalidades, los contenidos y enseñabilidad de la disciplina, en contraste con el contexto.

En cuanto a la construcción de los PEP, la UAM ha realizado un proceso dinámico en el que cada programa de acuerdo con su naturaleza ha utilizado diferentes abordajes para su desarrollo; por ejemplo el programa de Ingeniería de Sistemas utiliza como eje articulador del PEP la Teoría General de Sistemas lo cual le ha permitido contar con una visión holística tanto de la profesión como de la enseñabilidad de ésta.

Una de las disposiciones gubernamentales que recientemente ha tenido mayor influencia en el proceso de diseño didáctico institucional, es el sistema de créditos académicos formalizado en el Decreto 808 del 25 de abril de 2002; los créditos en el currículo se consideran como una estructura de trabajo académico que le subyace y por consiguiente lo moviliza y le permite su operacionalización. En la UAM la integración entre currículo, diseño didáctico y sistema de créditos se ha venido construyendo a través del proceso de rediseño de cursos.

Se considera el rediseño de cursos como un proceso creativo y dinámico que permite al profesor desarrollar el mapa que configura el ambiente de aprendizaje, como expresión de sus intencionalidades en tensión con los propósitos institucionales y la enseñanza del área de conocimiento respectivo; partiendo de la base que lo esencial es el conocimiento social significativo que integre conceptos, actitudes y destrezas permitiendo a los estudiantes representarse y darle significado y sentido al mundo. El proceso de rediseño de cursos contempla el desarrollo de tres fases, las cuales se ejecutan de manera dinámica y cíclica, cada una de ellas con propósitos y productos claramente definidos.

### **Fase 1. Prediseño**

Esta fase tiene como propósito identificar la didáctica del curso y se analiza el objeto de estudio y los procesos de enseñabilidad en el área disciplinar o profesional específica para obtener como productos los objetivos (conceptuales, procedimentales y actitudinales), competencias que desarrolla el curso, la organización de contenidos, problemas e hipótesis que pretende resolver y validar y las estrategias de aprendizaje, enseñanza y evaluación. Con base en estos productos se realiza la planeación del curso, que incluye para el estudiante, espacios de encuentro presencial, de trabajo dirigido y de estudio independiente.

### **Fase 2. Desarrollo**

Tiene como propósito la adaptación y reconstrucción del prediseño a la luz de la dimensión temática y epistemológica, por medio de la argumentación de los procesos de enseñabilidad en la profesión o disciplina, en contraste con el contexto, la realidad del aula, características y necesidades particulares de los sujetos que intervienen en el proceso educativo.

Como productos de esta fase se tienen, en primera instancia, el diseño del curso evaluado por los estudiantes y adaptado a las necesidades del aula, lo cual permite flexibilizar su desarrollo, teniendo en cuenta requerimientos particulares de los estudiantes y de la comunidad científica y en segundo lugar, un texto argumentativo del rediseño en el cual el profesor plasma sus conclusiones y reflexiones de tal manera que le sirva de retroalimentación para su curso y aporte al análisis del currículo del programa como un todo.

### **Fase 3. Certificación**

Busca mantener el carácter dinámico del rediseño a través de la validación del trabajo realizado por parte de pares académicos y la interpretación de los procesos de enseñabilidad de la profesión o disciplina obteniendo como resultado la constante reflexión sobre el proceso, su retroalimentación y sistematización.

## **Conclusiones**

Al ser el proceso de rediseño un trabajo construido desde la esencia y el actuar de cada una de los programas de la institución los docentes se consideran dueños del proceso y por tanto están apropiados de su concepción, implementación, seguimiento y reconstrucción, siendo esto un factor clave de éxito en el trabajo.



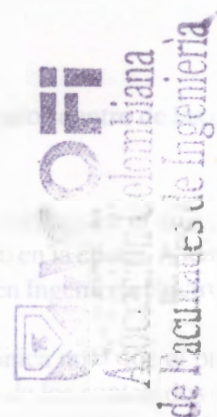
En la Facultad de Ingeniería de la UAM los programas y sus cursos se encuentran en diferentes etapas del proceso de rediseño, lo cual se considera normal puesto que cada curso tiene sus particularidades y en la institución se desea que el proceso sea llevado a cabo de acuerdo con el ritmo de cada uno de los actores, sin perder de vista los requerimientos institucionales.

Al ser los docentes de la facultad en su mayoría ingenieros, el proceso de formalización de los rediseños no es tan fluido ya que las reflexiones de tipo pedagógico no hacen parte de su formación básica. Esto hace que el proceso sea lento pero a la vez muy enriquecido por la mirada ingenieril y la experiencia construida en la práctica profesional y docente de cada uno de ellos.

La transición a créditos para una institución puede quedarse exclusivamente en la reasignación de intensidades horarias presenciales para los cursos y el establecimiento de algunas actividades extras para los estudiantes; contrario a esto el rediseño realizado en la UAM al partir de la esencia de la disciplina, de su enseñabilidad y de los requerimientos del contexto hace que la incorporación del sistema de créditos académicos sea un proceso serio y formal que permite la reflexión sobre el currículo y su adecuada operacionalización en el aula.

## Bibliografía

1. Agamez, Juliet y otros. *Hacia un diseño problémico de cursos*. 2002 Manizales : Universidad Autónoma de Manizales.
2. Casarini, Martha. *Teoría y Diseño Curricular*. 1999. México: Trillas
3. Florez, Rafael. *Hacia una pedagogía del conocimiento*. 1994. Bogotá : McGrawHill.
4. Giraldo Adriana, Quiceno Herminia, Rivero Mariela. *Proyecto Educativo del Programa de Ingeniería de Sistemas de la UAM*. 2004 Manizales.
5. Pozo, Juan Ignacio. *Aprendices y maestros, la nueva cultura del aprendizaje*. 1999. Madrid : Alianza Editorial
6. UAM. *Proyecto Educativo Institucional*. 2003 Manizales.



# Rediseño del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Norte

María Gabriela Calle Torres, Universidad del Norte

## Resumen

En este artículo se describe el proceso de rediseño del programa de Ingeniería Electrónica, el cual se comenzó a realizar de manera parcial para solucionar necesidades puntuales. Sin embargo, con la llegada del Proyecto de Modernización Curricular de la Universidad del Norte [1], el Programa se construyó completamente, dando como resultado un plan de estudios totalmente nuevo.

Se muestra entonces cómo influyeron en el diseño los lineamientos dados por la Universidad, las necesidades del entorno de la Costa Atlántica Colombiana y los referentes Nacionales.

También se describe cómo, al trabajar partiendo de las competencias que un Ingeniero Electrónico debe tener, se logra construir un plan de estudios coherente, en el cual se incluyan las áreas de Formación Básica (Matemáticas y Física), Formación Básica Profesional (Circuitos Eléctricos, Electrónica Analógica básica) y Formación Profesional (Electrónica, Sistemas Digitales, Sistemas de Control y Telecomunicaciones).

De esta manera, se logra que el nuevo plan de estudios tenga un mayor énfasis en la Electrónica como tal y un mejor balance entre los demás temas.

Se describe también la importancia de la flexibilidad curricular, la cual permite al estudiante diferentes alternativas, como terminar sus estudios en menos tiempo, profundizar en un área de estudios específica o conocer sobre diferentes áreas.

Finalmente se dan recomendaciones para realizar trabajos de este tipo en otros programas de Ingeniería.

## Antecedentes

Los programas de Ingeniería Electrónica están establecidos en Colombia y están catalogados dentro de las denominaciones académicas básicas dadas por el ICFES [2].

El programa en la Universidad del Norte comenzó en el año 1996, siguiendo un marcado énfasis en el área de las Telecomunicaciones, lo cual fue respuesta a la situación que se vivía en el medio colombiano en la época. Además se daba solución a necesidad de la Costa Caribe, la cual no contaba con programas de pregrado en Ingeniería Electrónica.

Conforme el programa comenzó a crecer, el Comité de Curriculum de Ingeniería Electrónica notó que el plan de estudios tenía una serie de elementos por mejorar. Algunos de ellos se trabajaron a través de los contenidos de las asignaturas. Sin embargo durante esta época surgió el proyecto de Modernización Curricular de la Universidad del Norte [1] y esta fue la oportunidad para hacer un trabajo profundo de análisis y redefinición del plan de estudios.

El objetivo fue crear un programa que cumpliera con los lineamientos nacionales pero que fuera acorde con las situaciones específicas de la Costa Atlántica, cumpliendo con la Misión y la Visión de la Universidad del Norte,

## Metodología

Es conveniente aclarar que no se tomó como punto de partida el plan de estudios anterior ni los contenidos de las asignaturas existentes. Desde este punto de vista, se realizó un plan de estudios completamente nuevo.

La primera tarea que se hizo fue determinar las competencias que debía adquirir un estudiante de Ingeniería Electrónica. Se trabajó aquí tanto en las competencias generales de los Ingenieros como en las competencias específicas de la profesión.

Con base en esto, el Comité de Curriculum estableció los ejes temáticos del área profesional, en cuatro puntos fundamentales: Electrónica (dispositivos electrónicos de estado sólido), Sistemas Digitales, Sistemas de Control y Sistemas de Telecomunicaciones.

Luego se definieron los temas básicos de cada eje temático en los cuales el estudiante de Ingeniería Electrónica debería tener suficiencia y después se especificaron los temas que el estudiante necesita conocer para poder entender los conceptos contenidos en dichos ejes temáticos. Expresamente se trabajó con temas que fueran prerequisite de conocimientos y no con asignaturas que tradicionalmente se han conocido como prerequisite, ya que el proceso debía incluir la construcción de las materias llegando a los niveles básicos de formación.

Una vez que se completó el trabajo de los ejes temáticos y de los prerequisites, se procedió a dividir el Comité de Currículum en subcomités, los cuales se encargarían de trabajar en parte de los temas de formación profesional.

Cada subcomité debía encargarse de definir los conceptos que se debían estudiar en su área de formación, cuáles conceptos eran básicos (y por lo tanto formaban parte de los cursos obligatorios), cuáles conceptos eran mucho más específicos (y por lo tanto podían formar parte de cursos electivos), cuánta era la intensidad horaria que debía dedicarse a dichos conceptos, con qué metodología se iban a enseñar los temas y qué recursos eran necesarios para garantizar la correcta formación del estudiante.

De esta manera, se crearon los subcomités de Control, Sistemas Digitales, Electrónica, Comunicaciones, Medios de Transmisión y Circuitos, de los cuales fue responsable un profesor de tiempo completo del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Norte.

Cada uno de estos subcomités se reunió y envió por escrito a la Dirección de Programa de Ingeniería Electrónica sus conclusiones sobre los temas que debían ser tratados en cada área.

La Dirección de Programa por su parte, recopiló la información y la hizo circular vía correo electrónico a todos los profesores tiempo completo y a los catedráticos que tuvieran experiencia en el tema.

Después de esto, cada uno de los temas propuestos fue presentado y discutido en las reuniones plenarios del Comité de Currículum.

Allí se aprobaron y se retiraron algunos temas y metodologías, dependiendo de los análisis realizados en el Comité; en particular se analizó la pertinencia de dichos temas y la factibilidad de enseñarlos adecuadamente en el tiempo planteado para ello.

Luego esto, comenzó la ubicación de las asignaturas en el plan de estudios de acuerdo con el cumplimiento de los pre-requisitos temáticos, que se incluyeron en las asignaturas iniciales. Esto se hizo teniendo en cuenta que en la Universidad del Norte un estudiante sólo puede tomar 19 créditos por semestre como máximo y dejando los primeros semestres con menor carga, para ayudar a la adaptación del nuevo estudiante en la vida universitaria.

La parte de la Formación Básica se trabajó entre los Directores de Programa de todas las Ingenierías y los profesores y Jefes Departamento de las Áreas de Matemáticas, Física, Química e Ing. Básica. Esto se hizo por medio de reuniones en las cuales se revisó el contenido y metodología de las asignaturas modificándolas para lograr mayor eficiencia en el logro de los objetivos de aprendizaje.

Finalmente, el plan de estudios se presentó al Comité de División de Ingenierías, donde participaban los Jefes de todos los Departamentos (Mecánica, Civil, Sistemas, Industrial, Básica, Eléctrica, Electrónica) y los Directores de Programa de pre y postgrado.

Algunas se hicieron algunas sugerencias muy útiles a nivel de prerrequisitos, correquisitos y asignaturas, las cuales se implementaron en el trabajo hecho en el Comité de Currículo. Esto es una muestra interesante de que el trabajo disciplinario en Ingenierías puede aportar muchos beneficios a una disciplina en particular.

## Conformación del plan de estudios

De acuerdo con los lineamientos del Proyecto de Modernización Curricular [1], el Plan de Estudios quedó conformado por:

- Una parte de formación básica, común a todas las ingenierías, formadas por las asignaturas de Matemáticas y Física con sus contenidos y metodologías revisadas y actualizadas.
- Una parte básica institucional que permite formar las características que todo egresado Uninorteño debe tener. Aquí se incluyen las asignaturas de Ética, Historia, Humanidades, Filosofía e Informática.
- Una sección Básica Profesional donde, además de las asignaturas de Circuitos y Electrónica Básica, se incorporaron las asignaturas de Estructura de Datos y Procesos Estocásticos en Telecomunicaciones, para reforzar las áreas de Sistemas Digitales y de Telecomunicaciones, respectivamente.
- Una sección profesional donde se incluyeron tres asignaturas para Control e Instrumentación, cuatro para Telecomunicaciones, cuatro para Electrónica Analógica y tres para Sistemas Digitales. En esta sección también se tienen cuatro Electivas Técnicas que el estudiante podrá tomar en el área de su preferencia.

También es importante destacar lo siguiente sobre las temáticas específicas del nuevo Plan de Estudios:

- Se incluyeron asignaturas de Diseño Electrónico, para formalizar en el estudiante la metodología de Diseño, enseñarle diversos criterios utilizados comúnmente en Electrónica y lo más importante: para contar con espacios dentro del currículum donde el estudiante debiera enfrentarse a problemas concretos que pudieran ser resueltos a través de los conocimientos adquiridos en su carrera y donde pudiera afianzar sus habilidades de diseño. Todo esto se hacía de una manera tangencial en el Plan de Estudios anterior y en el nuevo plan tiene mayor énfasis.
- En el Plan de Estudios anterior se tenían sólo los conceptos más básicos de Electrónica. En el nuevo Plan se les da mayor profundidad y se enseña una gran cantidad de conceptos adicionales, que son muy importantes para realizar con éxito diseños electrónicos. En particular, se hace mucho más énfasis en la conmutación y los dispositivos electrónicos de potencia.
- Los conceptos de otras áreas como Control y Sistemas Digitales se mantuvieron y en algunos casos se amplían por medio de asignaturas adicionales.

## Trabajo independiente

Dentro de las metodologías planteadas se reforzó y aplicó en todas las asignaturas del Área Profesional y Básica Profesional, el concepto de trabajo independiente.

Con este concepto se pretende que el estudiante realice las prácticas que le permiten corroborar la teoría vista en las asignaturas, en horario fuera de clases y sin supervisión del profesor. Como máximo, con la ayuda de un monitor.

Esto se quiere lograr utilizando guías claras y que hagan coherente lo que se ve en la teoría con lo que se puede demostrar en el laboratorio. El profesor puede hacer una introducción de los equipos y temas en el laboratorio, pero la mayoría del trabajo será realizado por los estudiantes.

De esta forma, se eliminaron del plan de estudios varias asignaturas de laboratorios, las cuales se dictaban en el semestre siguiente a la asignatura teórica.

## Flexibilidad

Como ya se mencionó, cada subcomité, además de trabajar en los temas básicos, debía organizar los temas que pudieran ser electivos en asignaturas que el estudiante pudiera tomar para complementar su formación. Varias de las asignaturas planteadas tienen un grado de profundidad alto, lo cual permite pensar en que puedan articularse con un postgrado, bien sea a nivel de Especialización o de Maestría. Estas asignaturas, llamadas Electivas Técnicas, pueden tomarse de cualquiera de los ejes temáticos o de uno solo, dependiendo de los intereses de los estudiantes.

También se establecieron electivas libres que los estudiantes puedan tomar de cualquiera de las asignaturas que se dicten en la Universidad (Medicina, Psicología, Administración de Empresas, etc.) y no sólo de Ingenierías. A estas electivas se les llamó Electivas en Formación Global.

Si el estudiante debido a su plan de estudios tiene menos créditos del total de 19 permitidos en un semestre, puede tomar más asignaturas, bien sean libres o técnicas, para enriquecer aún más su formación. El estudiante vería entonces más de los 172 créditos establecidos como el mínimo que debe cursar para obtener su título, y todas las calificaciones obtenidas le contarán para su promedio acumulado.

Es importante destacar que la flexibilidad curricular no corresponde únicamente a la posibilidad que el estudiante tiene para escoger algunas materias dentro de su plan de estudios. Otro componente muy importante de la flexibilidad es el hecho de que el estudiante pueda tomar asignaturas ubicadas en diferentes semestres en el plan de estudios. Concretamente en el caso de la Universidad del Norte, los estudiantes pueden ver asignaturas ubicadas hasta en tres semestres consecutivos, siempre y cuando se cumpla con los prerrequisitos y correquisitos.

Las asignaturas se dictan cursos semestrales y también varias de ellas se dictan en cursos vacacionales. Utilizando esta programación, un estudiante puede planificar la secuencia en que va a ver las materias de su Plan de Estudios, logrando nivelarse si va atrasado o incluso terminar su carrera en cuatro años y medio, si es un estudiante que nunca ha perdido una asignatura.

## Resultados

Con todo el trabajo en el proyecto de Modernización Curricular [1] se obtuvieron varios resultados, que se pueden calificar en tangibles e intangibles.

Algunos de los tangibles son los siguientes:

- Se diseñó un plan de estudios actualizado y adecuado a las necesidades de los futuros profesionales de la Ingeniería Electrónica.
- Se obtuvo un balance mayor en la distribución de los temas, comparando con el Plan de Estudios anterior, el cual tenía una inclinación muy marcada hacia el área de las Telecomunicaciones.
- Se logró una mejor distribución de la carga académica de los estudiantes con lo cual se les da la oportunidad de tener más tiempo para dedicarlo a sus estudios o a actividades extracurriculares.

Dentro de los intangibles se pueden presentar los siguientes:

- El Plan de Estudios desde su misma concepción fue socializado con todos los profesores y con un representante de los estudiantes, lo cual repercute directamente en la comprensión de los fundamentos de las asignaturas y facilita la identificación de las personas con el Plan.
- El análisis y el trabajo fueron exhaustivos y permitieron fomentar el trabajo en equipo y la comunicación constructiva entre personas de la misma disciplina y de otras.
- Es de esperarse que si el alumno debe confrontar la práctica y la teoría en un mismo semestre de manera articulada, se obtendrá una mejor comprensión de las ideas que se estudian en cada asignatura.

## Recomendaciones

Para realizar un proceso como el descrito en este artículo, se sugiere tener en cuenta:

- Dividir el trabajo en comités y subcomités, ya que esto permite separar las funciones de manera eficiente con personas que conocen ampliamente los temas a discutir.
- Llevar una documentación adecuada de todo el proceso es muy importante, como en todo proyecto de Ingeniería. Se recomienda particularmente llevar actas de las reuniones, tanto de los subcomités como de los comités de mayor nivel y hacerlas circular a todas las personas que participaron en las reuniones, con el fin de detectar y corregir posibles errores en las mismas.
- Hacer partícipes por escrito a todas las personas que de una u otra manera están vinculadas al tema de interés; es decir, docentes tiempo completo, docentes catedráticos, etc. La idea es tratar al máximo de que todos expresen su opinión, dentro de unos lapsos de tiempo prudenciales. De esta manera se garantiza que el resultado proviene del consenso de la mayoría y no de las ideas de unos cuantos, lo cual hace también más fácil la administración del cambio de plan de estudios.
- Elaborar un Plan de Estudios completo es un trabajo largo que requiere del compromiso y dedicación de muchas personas. Se recomienda tener en cuenta la carga académica de todos los participantes con el fin de ser consistentes con ella.

## Bibliografía

1. Roa V. Alberto, et. al., Proyecto de Modernización Curricular, Dirección de Proyectos Académicos, Universidad del Norte, septiembre de 2002.
2. Decreto 792 de 2001, artículo 3°.

El Comité de Currículum de Ingeniería Electrónica en el año 2003 para realizar el Proyecto de Modernización Curricular estuvo conformado por las siguientes personas: Humberto Campanella, Nancy Dulcey, Gerson Roa, Eric Vallejo, Luis Torres, Lácides Ripoll, Ingrid Oliveros, Mauricio Pardo, Edgar Robayo, Christian González, José Daniel Soto, Leandro Zurek, Gabriel Maldonado, Antonio Morales (docentes), Katia Tirado (estudiante de Ing. Electrónica) y María Gabriela Calle (Directora de Programa).



# Reforma Curricular en la Facultad de Ingeniería de la UNIMAG

## “En Búsqueda de la Excelencia Académica”

Hans Fritz van Heyl Cleves  
Ing. Civil / Magister en Ing. Civil  
Decano Facultad de Ingeniería  
Universidad del Magdalena



### Resumen

Durante el segundo semestre del año 2001 se realizó en la Universidad del Magdalena una Reforma Académica, gracias a una convocatoria rectoral, donde la comunidad participó masivamente para discutir en mesas de trabajo diversas temáticas. En ella se definieron diferentes fundamentos, todos de tipo general a partir de los cuales se debía centrar el que hacer del desarrollo universitario. Uno de estos fundamentos fue en relación con los Aspectos Curriculares Básicos, donde se definieron importantes conceptos como fueron los de la Formación por Ciclos (General, de Facultad, Profesional y de Práctica Profesional), Formación en una Segunda Lengua, Formación Investigativa en el Pregrado, Créditos Académicos, Formación Integral y Duración del Pregrado. Por ello la Facultad de Ingeniería adoptó una estrategia para lograr implementar en forma adecuada y coherente estos fundamentos sin afectar los principios de la Reforma y la característica y esencia de cada Programa Académico.

Entre las ventajas obtenidas en estos procesos se evidencia que los estudiantes y docentes adscritos a los múltiples Programas comparten espacios y escenarios de tipo académico y lúdico, por ello sin duda de esta forma se fomenta una semilla para la Interdisciplinariedad, la Formación Integral y se permite una eficiente optimización de los recursos para la academia.

Actualmente la duración total de todos los programas de pregrado de la Facultad de Ingeniería es de 10 semestres donde en el primero y último se realiza únicamente el Ciclo General y el de Práctica Profesional respectivamente y donde transversalmente se tienen líneas que contribuyen a fomentar la Investigación, Electivas de Formación Integral y Profesional preparándose así para formar profesionales de calidad, pertinentes con un mundo globalizado y en constante cambio y desarrollo, pero respetuoso y conocedor de los valores y principios locales.

### Antecedentes

Existieron durante muchos años en las Facultades de Ingeniería de todo el país una gran variedad de Planes de Estudio que ahora identificamos como demasiado densos, inflexibles y muy rigurosos en donde se podían encontrar entre siete y ocho asignaturas por semestre, con algunas con intensidad entre cuatro o cinco horas por semana; en estos planes la intensidad horaria por semana era sin duda exagerada y se necesitaba para ellos una especie de estudiantes extraterrestres, o quién puede olvidar esas no añoradas noches de desvelo y trabajo continuo donde se pasaba de largo tratando de hacer diferentes proyectos y trabajos a la vez, para entregar el mismo día, ó cómo olvidar esos hermosos días donde coincidían varios exámenes parciales y sustentaciones y la respuesta de los docentes ante nuestras peticiones de prórroga siempre eran: “Señor, y usted que hace entre las 12 y 6 de la madrugada” o “No señor, mire cuando sea ingeniero y vaya a entregar una licitación nadie lo espera”. Es por esta razón que excusas tan insólitas como “es que se me quedó en el taxi” o “mi hermanito lo rompió” o “mi papá le pegó a mi mamá y no pude terminarlo”, no sonaban en ese entonces descabelladas. Sin duda esta problemática involucró la formación de varias generaciones de Ingenieros en diferentes regiones del país.

Adicionalmente las Facultades y carreras se involucraban de lleno en reformas curriculares en donde generalmente se llamaban diferentes expertos y docentes por áreas del conocimiento y como cada cual “jalaba” para su lado, estas reformas terminaban siendo una especie de bolsa donde se metían una gran variedad de asignaturas,

todo con el fin noble de tratar de formar un mejor ingeniero; obviamente al final de esta reforma todos quedaban felices puesto que cada una de sus áreas de formación profesional estaban bastante bien representadas con un ejercito de materias, por ello reforma tras reforma solo se mejoraban algunos contenidos y se involucrar más y más asignaturas.

Pero nadie pensó que intentar formar completamente un ingeniero en cinco años es absolutamente absurdo, puesto que está claro que nunca terminamos de estudiar, de aprender y que nada es definitivo, todos los días se emiten nuevos postulados y avances tecnológicos que hacen que lo que aprendimos hace solo varios minutos atrás quede revaluado, entonces para qué rellenar los planes de estudio con tantas asignaturas, algunas de las cuales no contribuyen sino a una formación mas específica y no esencialmente en su formación básica.

En estos planes de estudio o curriculares, en muy pocas ocasiones involucraban asignaturas que se asociaran adecuadamente con otras localizadas en el mismo o en otros semestres; de tal manera que pudiesen constituir una especie de eslabones que juntos formaran parte de una cadena de conocimiento, sino que por el contrario lo que se obtenía era sin duda un conjunto de islas, sin ninguna o mínima interrelación entre si, sin la existencia de puentes que las uniesen. Lo anterior impedía que un ingeniero en formación pudiese lograr construir un pensamiento sistémico, sin poder articular el conocimiento de múltiples áreas y asignaturas para generar en este, una continua reflexión sobre los problemas que le rodean y la forma como estos pueden atacarse desde su formación profesional.

Como si lo anterior no fuese ya un problema mayúsculo en la formación de los ingenieros, agréguele que el estudiante no tenía ninguna opción de librarse de aquellos docentes catalogados por sus compañeros de semestres superiores como malos, o de aquellos que le sentenciaban una muerte segura mucho antes de siquiera haber pisado por primera vez el salón de clase. El estudiante casi nunca podía seleccionar un docente y el horario de su agrado y peor aún, no podía dejar de tomar o incluir asignaturas adicionales porque una gran variedad de prerrequisitos y Correquisitos de origen absurdo se lo impedían, o porque no hablar de las famosas barreras en un determinado semestre por las cuales el estudiante debería estar nivelado para poder matricular el siguiente semestre; estos absurdos administrativos sin duda corrompían la esencia en la formación.

Para terminar de identificar los aspectos curriculares del precámbrico, como olvidar a aquellos docentes catalogados como buenos ingenieros pero malos docentes y sus clases donde muchos estudiantes deseaban solo firmar la lista de asistencia, para salirse de la clase o para echarse un sueñito, esto era gracias a la "ágil y eficaz" metodología de clase en la que el docente era el rey, el omnipotente, el iluminado y el estudiante era solo un aparato estático de recepción de información, algo así como una grabadora pero humana, esas metodologías donde el docente era sin duda el actor principal y el estudiante el secundario.

Y de la formación con valores donde se pretendía formar mejores profesionales y personas, casi nunca se ofreció en ninguna universidad nada, excepto en aquellas de origen religioso, y en estas solo se ofrecían cursos que eran vistos esencialmente como de relleno. Tal vez por ello hoy en día podemos ver grandes proyectos de ingeniería siendo estudiados no por las asociaciones y agremiaciones de tipo académico y científico sino por aquellas encargadas de supervisar y atender denuncias como la Fiscalía, el DAS entre otras., hoy en día es claro que el tener en los planes de estudio asignaturas humanísticas no garantizan la formación de ingenieros con principios, íntegros y con altos valores. Sin ninguna duda si desde *todas* las asignaturas del currículo los diferentes docentes fuesen ejemplos vivos de conductas socialmente correctas, éticas y de buenos principios y si desde los contenidos de estas se incluyeran unidades o temas de clases relacionadas con la formación del ser, sin importar que se tratasen de cátedras profesionales o de ciencias básicas, estaríamos mas cerca de formar los ingenieros que todos anhelamos, más íntegros, con principios y con valores.

## Reflexión en la Universidad del Magdalena

Durante todo el segundo semestre del año 2001, los actores principales de la universidad, docentes, estudiantes, egresados, directivos, funcionarios, miembros del sector productivo de la ciudad e invitados especiales, algunos



de los cuales fueron de orden nacional, gracias a una convocatoria emanada desde la rectoría, se generó un escenario propicio para la reflexión de los problemas identificados en la formación universitaria. La metodología se basó en la organización de los temas de análisis por Mesas de Trabajo, en estas se discutía y reflexionaba en torno de la temática principal de cada una de ellas, eventualmente se hacían reuniones en plenaria donde los invitados especiales reforzaban y complementaban los conceptos explicando sus experiencias o teorías, en estas plenarios también se hacían socializaciones de los avances logrados hasta ese momento.

Los temas objeto de la reflexión en las diferentes mesas fueron: Fundamentos institucionales, aspectos curriculares básicos, la formación integral, calidad de la docencia y la investigación, aprendizaje y evaluación, financiamiento, estructuras académicas, cobertura, estudiantes y egresados, tendencias ambientales, preferencias del mercado, situación competitiva y regionalización.

El trabajo en estas mesas, se inició construyendo un diagnóstico general, para ello los miembros de las mesas identificaron y realizaron una búsqueda de información y de datos en diferentes sectores, una vez obtenido el estado de la situación se identificaron las Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas para poder construir un plan que permitiera implementar estrategias para mejorar la calidad de la Educación superior ofrecida hasta ese momento en la universidad.

Como conclusiones de esta reforma académica se definieron diferentes directrices y fundamentos de tipo general a partir de los cuales se debía centrar el desarrollo del que hacer y desarrollo universitario en la Unimag. Particularmente con relación a los Aspectos Curriculares Básicos se definieron importantes conceptos institucionales como fueron los de la Formación por Ciclos, Formación en una Segunda Lengua, Formación Investigativa en el pregrado, Créditos Académicos y la Formación Integral. Para todos estos aspectos se definieron lineamientos y fundamentos importantes pero de carácter general, por tal razón cada Facultad y posteriormente cada Programa Académico debían lograr una implementación adecuada de estos.

Se estructuró la formación por ciclos con la idea de generar entre los estudiantes de los diferentes programas académicos estudios de simultaneidad entre carreras; esta formación también permitía que los estudiantes se relacionaran con otros no solo de otros programas sino de diferentes Facultades, por ello se estableció en primer semestre el Ciclo General, en este ciclo los estudiantes debían ganar competencias de tipo general (Comunicativas, Lógico-matemáticas, Socio-humanísticas) y conocer sobre aspectos especiales de la región, la ciudad y la universidad, por ello los estudiantes asisten a grupos generales donde se encuentran con estudiantes de todas las carreras.

Luego de pasar el primer semestre los estudiantes ingresan al ciclo de facultad, donde toman cursos que en principio deben de ser lo más comunes entre los diferentes programas de la misma Facultad, esto permite que sin importar el tipo de Ingeniería que se estudie, puedan ofrecerse cursos con contenidos comunes entre los programas. En este ciclo se forman las competencias básicas para los ingenieros en las áreas de las Matemáticas, Física, Biología, Química, Estadística, Computadores y Expresión Gráfica. La duración de este ciclo es de segundo a quinto semestre, este es coordinado y administrado directamente por cada una de las Decanaturas. En el momento que se ingresa a sexto semestre, los estudiantes empiezan a tomar asignaturas que sirven para formar en competencias profesionales, este ciclo va de sexto a noveno semestre y es coordinado y administrado por los Directores de Programa. Finalmente los estudiantes deben acceder a un ciclo final, en este realizan una práctica profesional o crean un negocio y durante el mismo deben hacer la socialización de su proyecto de grado (investigación), estos dos últimos se convierten sin duda en requisitos para obtener el grado profesional, otros requisitos de grado son presentar una prueba de inglés y obtener un puntaje mínimo y haber completado la totalidad de los créditos exigidos para cada carrera.

Otra de las modificaciones generales resultantes de la Reforma Académica, corresponden a la existencia de unas líneas de formación a todo lo largo de la carrera, las cuales atraviesan todos los ciclos y empiezan desde el Ciclo General, una de estas líneas corresponde a la de investigación la cual termina en los últimos semestres constituyendo soporte para la realización de un proyecto de investigación que debe ser dirigido por el cuerpo de

docentes y sustentado en el décimo semestre, este es un cambio radical, ya que cambia la tradicional tesis que se realizaba al terminar los estudios; la universidad busca así que comprometerse mas de lleno con el acompañamiento y seguimiento la realización de estos proyectos para garantizar que no sean documentos que engorden una lista en la biblioteca, sino que sean base sólida para solucionar problemas de orden local, nacional o internacional.

Dentro de los planes de estudio de todos los programas académicos se implementaron una serie de cursos, algunos electivos para ayudar en el proceso de la formación integral, en donde los estudiantes pueden complementar su formación e interrelacionarse con docentes de alto nivel, algunos de orden nacional e internacional, estas son cátedras ofrecidas por los programas para el resto de los programas de la comunidad académica.

## Facultad de Ingeniería haciendo la tarea

Durante todo el transcurso de cerca de dos años se encontraron una serie de aspectos al modelo implementado, algunos de estos indicaban sin duda las ventajas del nuevo modelo y otros manifestaban que debían hacerse nuevamente algunos ajustes en una que otra tuerca, para así irse acercando al objetivo trazado por la dirección de la universidad, "la Excelencia Académica".

Por ello la Facultad de Ingeniería durante el primer semestre del 2004, ha trabajado en la definición de una estrategia para mejorar la adaptación de los lineamientos generales e institucionales adoptados a partir de la reforma académica del año 2001. El ejercicio partió de la unificación de criterios y conceptos desde los Programas y la Facultad, teniendo en cuenta todos los aspectos misionales y visionales de la Institución. En un taller general con los Directores de Programa de la Facultad, Docentes, Estudiantes se identificaron los cursos que podían ser comunes, así como sus contenidos generales, nombres de los mismos y prerrequisitos mínimos. En jornadas de trabajo adicionales se trabajó con los docentes de las diferentes áreas del conocimiento con el fin de unificar los contenidos de cada curso, fijar los tiempos de trabajo directo del docente y el trabajo autónomo del estudiante, de esta forma se pudo establecer el número de créditos, el trabajo en su fase inicial concluyó con la socialización del ajuste y la implementación del mismo, generando un plan de transición para los estudiantes de todos los programas de la Facultad.

Existen ajustes que se deben realizar no solo al interior de los programas académicos y de las facultades sino de la misma universidad y a algunos de sus estamentos. Es así como los estudiantes y docentes han argumentado en diversos escenarios que por ejemplo en el ciclo general, aunque interesante conocer, vivir y relacionarse en diferentes actividades, tanto experiencias académicas y lúdicas con estudiantes y docentes de otros programas y Facultades; han manifestando que en algunos casos no se puede hacer una exigencia académica adecuada porque unos de sus compañeros pertenecientes a otras Facultades generalmente pierden el interés y le quitan la dinámica a la actividad enseñanza-aprendizaje en asignaturas no relacionadas directamente con las que contribuirán en forma directa a su formación profesional. Como solución a esto se propuso que aunque existiese un Ciclo General, se pudiesen presentar en estos, algunas asignaturas de interés especial para cada una de las Facultades, por ello, ahora los estudiantes de la Facultad de Ingeniería y de la ciencias económicas y empresariales son los únicos que toman el curso de Matemáticas.

Los estudiantes aceptan y comparten la existencia del ciclo general, pero quisieran sentirse más identificados con su profesión, no se sentían estudiando en una carrera específica solo hasta cerca del tercer semestre, esto ocurría debido al escaso número de asignaturas profesionales en los primeros semestres. Para ello desde la Facultad de Ingeniería se propuso que las asignaturas profesionales se adelantaran abriendo un espacio de dos créditos en primer semestre (Ciclo General) para localizar una asignatura específica definida y administrada por cada programa y de siete créditos en segundo, ocho en tercero y cuarto semestre (Ciclo de Facultad). De esta forma el alcance de los Ciclos de Formación se interceptan entre sí, pero no riñen en lo absoluto, es decir que el espíritu de ellos se mantiene (Ver Tabla No. 1).

Con estas implicaciones se evidencia claramente como se logra la definición de unas líneas de formación muy marcadas, como son la de formación básica en ingeniería, de formación profesional, de investigación y de For-

mación Integral. Es así como se obtiene un modelo administrativo de mucha mayor eficiencia, de tal manera que los Decanos asumen la organización y administración de la línea de Formación Básica en Ingeniería, Los Directores de Programa la de Profesionalización y para las de Investigación y Formación Integral, se hace un trabajo conjunto entre Directores y Decano dependiendo del Ciclo en el que se encuentren cada uno de los cursos.

En la Tabla No. 1, se aprecia como todos los Programas de la Facultad de Ingeniería ahora comparten una serie de asignaturas, las cuales racionalizan los recursos y permiten que los estudiantes puedan acceder de mejor manera a estudios de simultaneidad, a la movilización interna o externa y se formen en un currículo interdisciplinario. Las únicas asignaturas que son diferentes corresponden a aquellas que se ubican en la línea Profesional, las restantes son comunes a todos los programas. Este modelo ha sido validado por los docentes, estudiantes y directivos y es aplicado para el segundo semestre del 2004. Los Programas Académicos que comparten esta nueva propuesta son Ing. Agronómica, Ing. Pesquera, Ing. Civil, Ing. De Sistemas (diurna y nocturna), Ing. Industrial (diurna y nocturna), Ing. Ambiental e Ing. Electrónica, para un total de nueve programas profesionales (incluyendo los nocturnos).

	CICLO GERAL		CICLO DE FACULTAD				CICLO PROFESIONAL						PRACTICA PROFESIONAL	
	I Semestre	II Semestre	III Semestre	IV Semestre	V Semestre	VI Semestre	VII Semestre	VIII Semestre	IX Semestre	X Semestre				
LINEA DE FORMACION BASICA EN INGENIERIA	Universidad y Sociedad	Física I y Laboratorio	Física II y Laboratorio	Física III y Laboratorio										
	Matemáticas (Álgebra, Trigonometría, Geo. analítica)	Cálculo Diferencial	Cálculo Integral	Ecuaciones Diferenciales	Análisis Numérico									
	Lógica	Álgebra Lineal										Electiva Profesional línea A 1	Electiva Profesional línea A 2	
LINEA PROFESIONAL	Asignatura profesional										Electiva Profesional línea B 1	Electiva Profesional línea B 2		
	Introducción a la carrera	Según Programa	Según Programa	Según Programa	Según Programa	Según Programa	Según Programa	Según Programa	Según Programa	Según Programa	Según Programa	Según Programa	Según Programa	
LINEA DE INVESTIGACION	Epistemología	Lenguajes de Programación	Estadística I	Diseño Experimental	Investigación de Operaciones I o Modelación y Simulación	Seminario de Investigación	Proyecto de Investigación I	Proyecto de Investigación II	Proyecto de Investigación III					
LINEA DE FORMACION INTEGRAL	Competencias Comunicativas													
	Etica y Valores	Región y Contexto Calle	Ciudadana y Constitución	Campaña Emprendedora	Electiva de Formación Integral I	Electiva de Formación Integral II	Electiva de Formación Integral III	Electiva de Formación Integral IV	Electiva de Formación Integral V	Electiva Profesional				
CREDITOS	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16

Tabla No. 1. Matriz General de Propuesta Curricular en la Facultad de Ingeniería (Unimag)

## Futuras acciones en la implementación

Somos conscientes de que el proceso de mejoramiento es continuo y desde ya pensamos en nuevos ajustes a esta propuesta curricular, pero lo cierto es que cada vez estos ajustes serán menores y nos acercan al objetivo planteado por la actual administración rectoral de lograr la excelencia académica, por ello los procesos de dirección deben continuar preferiblemente con sus mismos actores con el fin de garantizar que este sueño sea una realidad. Si bien es cierto que en otras muy pocas universidades algunos tópicos estaban siendo estudiados por expertos, también es cierto que no lograban sobrepasar la barrera de la teoría. En la Facultad de Ingeniería de la Unimag ya se han empezado a tomar acciones claras sobre una nueva manera de formar Ingenieros, creemos que el ser pioneros garantizará el llegar primero al objetivo, aunque sin duda tengamos que recorrer un camino mas largo y vivir en carne propia las ventajas y desventajas de la experiencia. Entendemos la muy urgente necesidad de formar ingenieros de altas calidades pero además de las profesionales, esperamos formar excelentes ciudadanos y personas que puedan ofrecer los cambios que nuestra región y nación tanto necesitan.

# Reforma Curricular Escuela de Ingeniería Mecánica UIS: Formación Basada en el Objeto del Conocimiento y en la Estructura Conceptual y Funcional del Saber

Ingeniero Adolfo León Arenas  
Universidad Industrial de Santander  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Los planes de estudio constituyen el componente curricular fundamental en el proceso de formación integral, ya que contienen las estructuras conceptuales que dotan al profesional de los componentes cognitivos, metodológicos, organizativos y sociales, indispensables para el adecuado ejercicio de sus competencias específicas, con pertinencia y positivo impacto social. En el proceso institucional de Reforma Académica, la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, consciente de la necesidad de un proyecto educativo que implementara en su plan de estudios un modelo pedagógico que desarrolle en el estudiante habilidad para la construcción de conocimientos y estructuras conceptuales, y su adecuada aplicación en la realización de acciones positivas en los diferentes campos de trabajo inherentes a su desempeño profesional, desarrolló un proyecto educativo en el cual, el plan de estudios se define a partir del objeto de conocimiento y de las estructuras conceptual y funcionales del saber de esta disciplina.

## I. Objeto de conocimiento

### 1.1 Definición del objeto de conocimiento

El objeto de conocimiento se aplica para describir procesos que abarcan desde pequeñas variaciones o modificaciones de productos y tecnología existentes, hasta los círculos integrales de innovación acelerada de la industrialización, en donde el ingeniero mecánico tiene su campo de desarrollo. En Ingeniería los saberes se identifican en las estructuras de los conocimientos científicos y tecnológicos y se construyen en el proceso de solución de problemas. La estructura del conocimiento tecnológico, se puede analizar en tres aspectos<sup>1</sup>:

- Práctica, como una combinación de factores de producción utilizados en un proceso específico (conocimiento experto).
- Técnica, un conjunto de prácticas que permite una cierta sustitución entre los factores de producción de una práctica.
- Tecnología, como un conjunto de todas las técnicas conocidas en una determinada área y en un tiempo dado.

En el ejercicio profesional, el ingeniero mecánico está fundamentalmente relacionado con dos ramas de este conocimiento tecnológico: la transformación de energía y la manufactura de productos. Toda operación y proceso en estas dos ramas se realiza a través de sistemas mecánicos<sup>2</sup>, los cuales han venido evolucionando en busca de operaciones y procesos inteligentes (sistemas mecánicos inteligentes), como resultado de la tendencia a la fusión entre la tecnología metalmeccánica con las tecnologías en computación y electrónica.

De esta manera, el Ingeniero Mecánico desarrolla su acción creativa y transformadora en todo el ámbito de la industria manufacturera y en instalaciones tecnológicas de conversión de energía. Estos escenarios empresariales o institucionales del sector público o privado, persiguen diversos objetivos, ubicándose entre los principales el uso racional de energía y la optimización de los procesos de manufactura, en consonancia y en procura del mejoramiento de su competitividad a través del diseño en las áreas de aplicación de la Ingeniería Mecánica y la Mecatrónica<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> ELSTER, Jon: *El cambio tecnológico*. Barcelona 1990, Gedisa, p. 87

<sup>2</sup> La palabra «sistema» tiene muchas connotaciones: un conjunto de elementos interdependientes e interactuantes; un grupo de unidades combinadas que forman un todo organizado y cuyo resultado (output) es mayor que el resultado que las unidades podrían tener si funcionaran independientemente. El término sistema mecánico es utilizado para los sistemas completamente estructurados, donde los elementos y relaciones se combinan de una manera peculiar y rígida produciendo una salida invariable.

<sup>3</sup> <http://www.cerpiente.dgsc.unam.mx/rectoria/html/carrera/ingmec-m.html>

Así, el objeto de conocimiento en Ingeniería Mecánica se puede resumir en los siguientes términos:

*“Desarrollo, aplicación y mantenimiento de sistemas mecánicos con dispositivos mecatrónicos para transformación de energía y manufactura de productos, con el propósito de mejorar la calidad de vida”.*

Es importante aclarar, que el desarrollo del saber tecnológico en el programa, se enfoca y parte de los campos de trabajo abordados por el plan de estudios de ingeniería mecánica en la Universidad Industrial de Santander, en las ramas de transformación de energía y manufactura de productos, sin pretender una cobertura total, dada la amplitud y extensión de las mismas.

## 2. Estructura del conocimiento tecnológico en Ingeniería Mecánica

La Estructura del conocimiento tecnológico en Ingeniería mecánica<sup>4</sup>, se analiza desde la perspectiva de los aspectos constituyentes de dicho saber específico; manteniendo como eje y horizonte el objeto de conocimiento previamente definido. Esta estructura se plantea como un instrumento fundamental para identificar la mejor manera de realizar el proceso complejo de formación integral, a partir de la definición de las ramas del conocimiento tecnológico de la disciplina, y hasta la determinación de los campos de trabajo y actividades profesionales específicas. La estructura del conocimiento tecnológico del programa, relaciona las ramas del conocimiento tecnológico (Transformación de Energía y Manufactura de Productos), los campos de trabajo del ingeniero mecánico relacionados con cada una de estas ramas, y las actividades profesionales identificadas en este contexto, aspectos fundamentales en la determinación de las estructuras conceptuales y contenidos requeridos, insumos pilares del diseño del plan de estudios. (Ver figura 1).

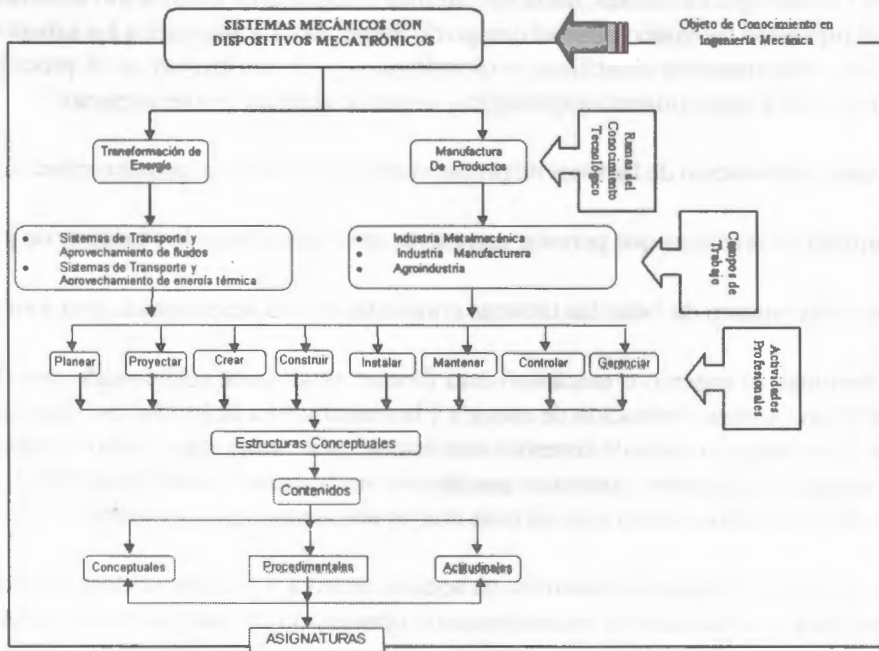


Figura 1. Estructura del Conocimiento Tecnológico en Ingeniería Mecánica

A manera de ilustración, se presenta la aplicación de la base conceptual anteriormente abordada, para el Conocimiento tecnológico de Diseño, el que se desarrolla en el programa de Ingeniería Mecánica. Este conocimiento tecnológico será analizado desde la perspectiva de la Rama de la Manufactura de Productos y el campo de

<sup>4</sup> Perspectiva del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

trabajo de la Industria Metalmeccánica, determinando claramente las actividades profesionales relacionadas, presentes en la cotidianidad del ingeniero mecánico (ver figura 2), dando paso a la consecuente definición de estructuras conceptuales y contenidos del conocimiento tecnológico en mención, las cuales dan vida a las asignaturas del plan de estudios, y específicamente en este caso, al núcleo de formación del conocimiento tecnológico de diseño (Figura 6).

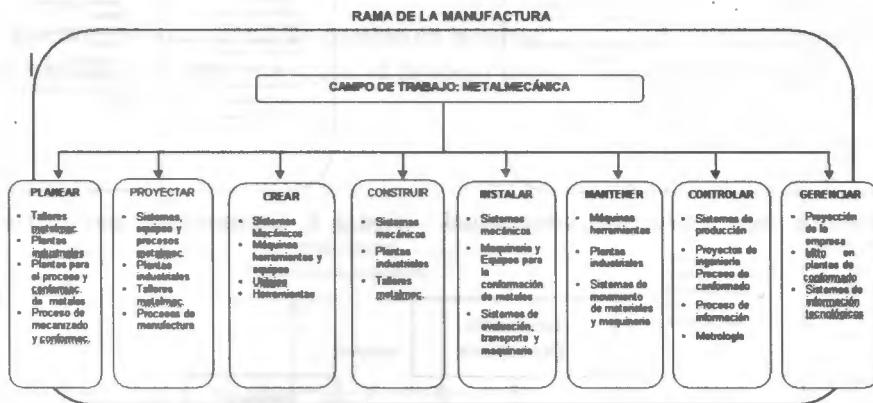


Figura 2. Actividades profesionales del ingeniero mecánico en el campo de trabajo de la metalmeccánica

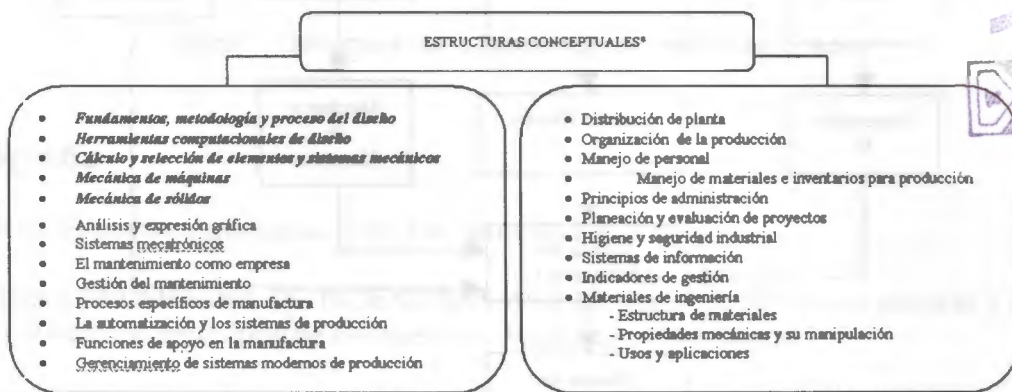


Figura 3. Estructuras conceptuales rama de la manufactura

\*La totalidad de las Estructuras conceptuales identificadas en esta rama, se encuentran en el documento de Propuesta de la Reforma

Las figuras 4 y 5 permiten observar los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales para las estructuras conceptuales Fundamentos, metodología y proceso del diseño y Mecánica de máquinas, respectivamente.

El núcleo de formación en diseño requiere del acrecentamiento en el estudiante de las competencias espaciales, del lenguaje gráfico y simbólico, y de la estructuración científica y tecnológica de conceptos en mecánica de los sólidos, materiales y procesos de manufactura para la construcción de saberes, mediante procesos de enseñanza y aprendizaje basados en la solución de problemas.

Los saberes del conocimiento tecnológico en diseño, se identifican en las estructuras conceptuales requeridas por el ingeniero mecánico en las actividades profesionales ejercidas en los campos de trabajo.

Estructura Conceptual: Fundamentos, metodología y proceso de diseño		
	Contenidos	
Conceptuales	Procedimentales	Actitudinales
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Definiciones y clasificación del diseño</li> <li>✓ Requisitos para el diseño</li> <li>✓ Ingeniería concurrente (simultánea)</li> <li>✓ El proceso de diseño</li> <li>✓ Técnicas de la creatividad</li> <li>✓ Diseño de elementos y sistemas mecánicos</li> <li>✓ Fundamentos de ergonomía aplicados al diseño de máquinas</li> <li>✓ Desarrollo metodológico de un proyecto global de diseño mecánico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conferencias</li> <li>✓ Talleres - Conversatorios</li> <li>✓ Exposiciones de soluciones a problemas tipo</li> <li>✓ Visitas a empresas y laboratorios</li> <li>✓ Modelos gráficos computacionales</li> <li>✓ Elaboración de modelos físicos</li> <li>✓ Investigación en Internet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desarrollo de la habilidad creativa y constructiva</li> <li>✓ Desarrollar la capacidad para la solución de problemas</li> <li>✓ Incentivar la visión para la generación y gestión de empresas</li> <li>✓ Fomentar la actitud investigativa</li> </ul>

Figura 4. Contenidos por estructura conceptual

Estructura Conceptual: Mecánica de máquinas		
	Contenidos	
Conceptuales	Procedimentales	Actitudinales
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Historia</li> <li>✓ Definición y clasificación de mecanismos</li> <li>✓ Cinemática de mecanismos: métodos analíticos desarrollados computacionalmente</li> <li>✓ método para posiciones, velocidades y aceleraciones en movimiento plano</li> <li>✓ Mecanismos articulados: Análisis y Síntesis</li> <li>✓ Cuadrilátero articulado</li> <li>✓ Manivela-biela-corredora</li> <li>✓ Junta Universal</li> <li>✓ Análisis y diseño de levas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conferencias</li> <li>✓ Talleres</li> <li>✓ Exposición de soluciones a problemas tipo</li> <li>✓ Visitas a empresas y laboratorios</li> <li>✓ Elaboración de modelos gráficos y físicos</li> <li>✓ Investigación en Internet</li> <li>✓ Manejo de catálogos</li> <li>✓ Manejo de códigos y normas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Investigar</li> <li>✓ Fomentar la creación de modelos matemáticos, físicos y virtuales</li> <li>✓ Formular soluciones a problemas específicos</li> <li>✓ Fomentar el uso de diferentes herramientas físicas e informáticas</li> <li>✓ Orientar la aplicación de los conceptos a situaciones reales</li> <li>✓ Desarrollar la actitud de aprender a aprender mediante el estudio de los mecanismos</li> </ul>

Figura 5. Contenidos por estructura conceptual

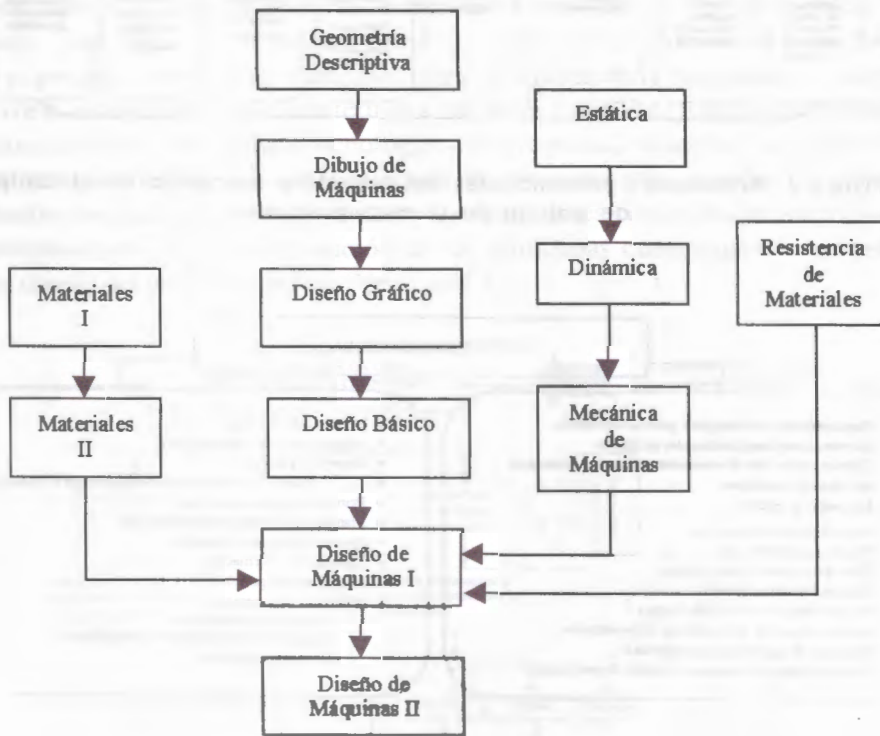


Figura 6. Núcleo de formación del conocimiento tecnológico diseño

La formación integral en este conocimiento tecnológico se basa en el análisis y solución de problemas, el cual requiere a su vez de una renovación en la estrategia pedagógica aplicada que se fundamente en el principio de vinculación teoría-práctica.

### 3. Modelo pedagógico

En el proceso enseñanza y aprendizaje, los saberes del conocimiento tecnológico se constituyen en la solución de problemas, el cual exige del estudiante un esfuerzo cognitivo significativo, y en el que la memoria permanente y los métodos de búsqueda ponen a disposición de éste, un gran volumen de experiencia previa a través de casos resueltos, logrando, a partir de esta información construir la solución deseada. La tecnología se concibe como una actividad teórico-práctica, apoyada en procesos de reflexión acción, reconoce el papel de la actividad práctica y técnica, la creatividad, los principios científicos y la dimensión social de la ciencia y la tecnología. El modelo

pedagógico establecido por el programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, parte de un enfoque educativo heurístico<sup>5</sup>; en el que el aprendizaje se logra a partir de situaciones experienciales y conjeturales, por descubrimiento de aquello que interesa aprender, y no por transmisión de conocimientos. En este modelo, el aprendizaje se percibe constituido por las siguientes etapas: Acrecentamiento (acumulación de conocimiento en la estructura de memoria, estructuración (formación de estructuras conceptuales) y afinamiento (uso eficiente del conocimiento).

El aprendizaje se entiende entonces como un cambio en la estructura cognoscitiva a través de las etapas anteriores, estructura que básicamente funciona según el proceso mental desarrollado en la estructura cognitiva del individuo.



Figura 7. Estructura de conocimientos interrelacionados

#### 4. Bibliografía

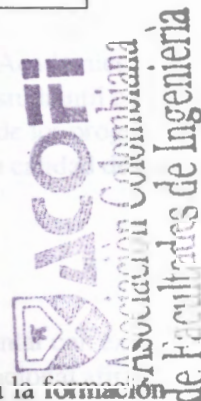
ELSTER, JON: El cambio tecnológico, 1990, Barcelona Gedisa, p. 87

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS ACIEM: Marco de Referencia respecto a la formación académica y al ejercicio profesional de los Ingenieros Mecánicos. 1999, Bogotá.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER: La UIS en cifras. 2003, Bucaramanga.

ÁLVAREZ de ZAYAS, RITA MARINA. Hacia un currículo integral y contextualizado. p.57. en soporte electrónico.

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, Universidad Industrial de Santander. Proyecto Educativo. 2004. Bucaramanga.



<sup>5</sup> ENFOQUE EDUCATIVO HEURÍSTICO: (Del griego Heuristikós. De Heurein: hallar, encontrar, descubrir, adquirir). Plantea que el aprendizaje se logra por discernimiento a partir de situaciones experienciales o conjeturales, por descubrimiento de aquello que interesa aprender, y no mediante transmisión de conocimiento.



# Retos del Aseguramiento de la Calidad de la Formación en los Programas de Ingeniería de la Universidad del Norte de Barranquilla

Amparo Camacho Díaz. Mayilin Moreno Torres  
Universidad del Norte

## Resumen



Se presenta la manera como la División de Ingenierías de la Universidad del Norte, viene enfrentando la problemática del bajo rendimiento académico de sus estudiantes. En primer lugar se expone una interpretación de la problemática y en segundo lugar, se señalan las estrategias que la División ha utilizado hasta este momento para la atención de la misma y que corresponden a dicha lectura del problema.

La interpretación del problema comienza con una exposición de algunos de sus aspectos más visibles y contextuales, o sea, en términos básicamente cuantitativos, para presentar luego otros aspectos más difíciles de ver, más de orden cualitativo y que muestran de mejor manera su complejidad. Luego se presentan las estrategias que se han implementado en la División hasta este momento para tratar esta problemática. Se explican entonces cuáles son las estrategias, cómo se han organizado de acuerdo con las características de la población de estudiantes que presentan estas dificultades académicas y algunos resultados que se han obtenido hasta ahora.

Con este conjunto de estrategias organizadas en un Programa que se denomina de Seguimiento Académico y Recuperación, la División ha logrado desde el segundo semestre de 1997 atender esta población estudiantil con el propósito de que estos estudiantes alcancen los objetivos de formación propuestos en cada uno de los programas académicos. Este propósito ha sido uno de los retos de la División para el aseguramiento de la calidad de la formación de sus estudiantes.

## 1. Introducción

Garantizar o asegurar la calidad de la educación implica, entre otras cosas, superar el reto de enfrentar con éxito los problemas académicos que presentan los estudiantes. En efecto, el Ministerio de Educación Nacional afirma que "hablamos de calidad de la educación cuando los estudiantes alcanzan los objetivos propuestos, cuando las instituciones educativas se centran en las necesidades de los estudiantes con el fin de ofrecer las oportunidades de aprendizaje en forma activa y cooperativa, a través de ricas experiencias y vínculos con la realidad, de manera que se fortalezcan los talentos individuales y los diversos estilos de aprendizaje; hablamos de calidad de la educación cuando, con lo que aprenden, los estudiantes saben y saben desempeñarse en forma competente"

## 2. La problemática del rendimiento académico

Cuando se analiza la problemática del rendimiento académico de los estudiantes surgen muchas preguntas, por ejemplo, cómo caracterizarlos? Cuáles son sus causas? Son psicológicas? Son producto de los métodos de enseñanza? Corresponden a problemas de adaptación del estudiante al mundo universitario? Qué tienen que ver los colegios en este problema? Se trata de un problema de desarrollo de niveles de pensamiento? Es un problema de desfase entre el nuevo tipo de sociedad y las pretensiones universitarias?

No se pretende responder todas estas preguntas. Se tratarán sólo aquellas que tengan más relación con factores contextuales y con factores psicológicos del estudiante.

Caracterizar un problema académico es fácil y a la vez difícil. Es fácil darse cuenta que un estudiante tiene problemas académicos. Basta mirar sus notas. Si no obtuvo el promedio para permanecer en la Universidad; si

ha repetido más de una vez una asignatura o si lleva asignaturas atrasadas, se puede decir que tiene problemas académicos. Hablamos entonces de problemas académicos para referirnos a situaciones que tienen que ver con las malas calificaciones obtenidas por los estudiantes y que han venido a ser más comunes de lo normal. En efecto, nadie se alarmaría porque un estudiante o muy pocos obtuvieran de vez en cuando y en alguna materia una mala calificación; pero si este fenómeno deja de ser excepcional, aumenta más allá de ciertos límites, quiere decir que el fenómeno ha tomado dimensiones que merecen el calificativo de problema. Hablamos entonces de problemas académicos, más específicamente, de problemas de rendimiento académico. Es decir, de una situación en que se presentan por lo menos estos dos aspectos, que haya malas calificaciones y que estas dejen de ser excepcionales.

Pero este problema que, como se dijo antes, parece tan sencillo de caracterizar, presenta muchos y muy complejos aspectos. Sus rasgos más visibles son de orden cuantitativo y contextual. Por ejemplo, los niveles de cobertura y calidad de la educación no han aumentado lo suficiente a pesar de los esfuerzos que se han hecho en los últimos años. Así lo confirmó en una entrevista reciente publicada en el periódico del Ministerio de Educación "AL TABLERO", el Director del Icfes quien afirma que a pesar de que "hay una inmensa preocupación por los agentes del estado y por las sociedades mismas en cada una de las entidades territoriales, por cada vez mayor cobertura, menor repitencia, menor deserción y lograr cada vez más que nuestros estudiantes aprendan lo correspondiente a unos básicos [...] es necesario reiterar que estamos todavía muy distantes de un escenario ideal porque aún los indicadores que nos permiten establecer niveles de calidad están relativamente bajos"<sup>2</sup> En la Costa Caribe este problema se refleja en los puntajes del Icfes. Los colegios de la Costa Caribe no ocupan los rangos superiores. Por ejemplo, los resultados del año pasado revelan que "en el departamento del Atlántico, tres cuartas partes de los planteles educativos se encuentran en un nivel bajo de desempeño alcanzando únicamente el 10% el nivel alto. Barranquilla tiene dos tercios de sus planteles en nivel bajo (11% más que el promedio nacional) y 14% en alto (4% por debajo del promedio nacional)"<sup>3</sup>. La situación en el resto de los departamentos de la Costa no es mejor.

Por otra parte, la edad a la que están entrando los jóvenes a la Universidad, ha venido disminuyendo en los últimos años. En la Universidad por ejemplo, "la composición de la demanda por grupos de edades en los primeros semestres del año la determinan las edades entre 16 y 17 años con una participación del 73%."<sup>4</sup> Esto coincide con el hecho de que los más altos índices de fracaso académico se presentan en los primeros semestres. Por ejemplo, semestralmente aproximadamente el 80% de los estudiantes que tienen problemas de rendimiento académico en nuestra División, se encuentran en los primeros cinco semestres. Es importante anotar que en los primeros semestres de los programas de Ingeniería las asignaturas que cursan los estudiantes pertenecen al área básica y concretamente a las áreas de Matemáticas y Física. Es fundamentalmente en estas áreas donde los estudiantes presentan el mayor tipo de dificultades. Estos problemas de rendimiento académico sin duda, también tienen que ver con los niveles de desarrollo de pensamiento de los estudiantes. Por ejemplo un estudio de Iriarte Diazgranados, Cantillo y Polo, publicado en la edición No. 5 de la Revista Psicología desde el Caribe en el año 2000, afirma, "los estudiantes (de una población universitaria estudiada), no han alcanzado el nivel de pensamiento formal que corresponde a la etapa evolutiva en que se encuentran; la mayoría se ubica en el nivel de transición, en franco desfase entre su edad cronológica y el nivel de desarrollo de pensamiento esperado... La mayoría poseen características preformales y, por lo tanto, no alcanzan la totalidad de los beneficios posibles en este tipo de operaciones y se ve disminuida su efectividad en la utilización del nivel de pensamiento individual... Este resultado explica igualmente la tendencia generalizada de algunos estudiantes que en su rutina diaria revelan descuido mental y un enfoque superficial en la solución de problemas, por lo cual merecen la crítica de sus profesores, quienes a su vez, presumen desmotivación al estudio y no se preocupan por comprender los procesos que vive el estudiante desde el punto de vista cognitivo y afectivo"<sup>5</sup>

Pero esta problemática del bajo rendimiento académico, presenta otros aspectos más difíciles de ver, que la hacen más compleja. Más arriba se mencionó por ejemplo la edad a la que están ingresando los estudiantes a la universidad; el 73%, decíamos, son menores de 18 años. Esto significa que en los primeros años de universidad, estamos tratando con una población que la Psicología evolutiva llama adolescente. Sin pretender dar una cátedra

sobre adolescencia si es importante subrayar que en general la psicología está de acuerdo en que es una etapa difícil. Baste mencionar por ejemplo que Ana Freud dice, "es muy difícil señalar el límite entre lo normal y lo psicológico en la adolescencia, y considera que, en realidad, toda la conmoción de este período de la vida debe ser estimada como normal, señalando además que sería anormal la presencia de un equilibrio estable durante el proceso adolescente"<sup>6</sup>. Esto nos pone de presente que más allá de toda consideración cuantitativa el problema es extremadamente complejo en la medida en que encontrarse con un adolescente por normal que sea en cierto modo es ya un problema. Si a esto se le suma que tiene problemas de rendimiento académico se comprende que no sea fácil de tratar.

A esta situación se añade que es justamente a esta edad que el adolescente debe tomar una decisión que incluso para un adulto podría resultarle difícil: escoger una carrera. Esta es una decisión que prácticamente lo marcará para toda la vida. La dificultad de esta decisión, es casi evidente. Sin embargo, cabe mencionar lo señalado en la introducción de las memorias del Primer Congreso Nacional de Orientación Vocacional, Profesional y Acompañamiento Académico, que tuvo lugar en la Universidad Nacional de Bogotá recientemente: "Cuando se estudia el por qué de las equivocaciones de los bachilleres, surgen varios factores que están en primera línea: menos del 3% de los colegios del país tienen verdaderos departamentos de orientación vocacional y profesional; los padres de familia, de muy buena fe, pero sin suficiente información y basándose en su experiencia personal recomiendan o desaconsejan a sus hijos cuáles carreras cursar en sus estudios postsecundarios, pero no siempre tienen un claro conocimiento de las capacidades individuales de sus hijos. Además la oferta educativa ha tomado un rumbo de proporciones espectaculares en los últimos 10 años: en la actualidad hay más de 1600 carreras a las que puede ingresar un bachiller colombiano y muchas de ellas son desconocidas para sus profesores, padres de familia y estudiantes; la orientación que brindan los colegios es escasa."<sup>7</sup> Con este panorama los estudiantes escogen su carrera y en ese mar de confusiones ingresan al mundo universitario que puede terminar aumentando la confusión.

El mundo universitario se les presenta como un mundo con muchas posibilidades y en el cual ellos pueden elegir. Empiezan a "estrenar libertad", como dijo una vez nuestro rector, el Doctor Jesús Ferro Bayona en un saludo a los primíparos en una jornada de inducción. Y la libertad puede engolosinar a un adolescente, puede convertirse en un arma de doble filo. Sin Coordinador de disciplina, sin timbres, sin controles escolares, en la universidad se descontrolan, no estudian lo suficiente, dejan de ir a clases, no organizan el tiempo y así, poco a poco, pueden ir teniendo problemas serios de rendimiento académico que cada vez más los ponen en situación de riesgo de tener que abandonar la Universidad. Esta situación se puede ver agravada además por un fenómeno de tipo más psicológico que es la ausencia de padre, cuya importancia ha puesto a la luz la teoría psicoanalítica. Como dice la investigadora Karina García, según el psicoanálisis, el análisis de la situación actual "remite al tema del declive del padre, lo que a su vez se refleja en nuestra época, en la que la figura del padre ha sido colocada en una posición desde la cual sigue ejerciendo su reinado pero sin gobernar. El padre, en cuanto figura que representa la ley y coloca los límites, aparece minimizado. Esto ha generado profundas implicaciones y consecuencias psicológicas.... En esta época la figura del padre, de aquel que representa la ley y pone límites experimenta un declive."<sup>8</sup> Sin duda, esta situación de declive de la figura del padre como aquel que pone los límites, podría tener relación con la dificultad que experimentan los estudiantes para autorregularse al momento por ejemplo de organizar un horario, de establecer prioridades y en general de asumir la disciplina que exige la vida universitaria.

### 3. La atención del problema de rendimiento académico

Como se ha mostrado, el problema del rendimiento académico presenta aspectos variados y complejos. Para ordenar las estrategias de atención a estos estudiantes, en medio de la complejidad de la problemática, la División de Ingenierías ha escogido algunos rasgos que hacen manejable el problema. Ha organizado las estrategias guiándose por el nivel en que se va presentado el problema. En la Universidad del Norte, se considera en estado académico normal un estudiante cuyo promedio acumulado es igual o superior a 3.3. Los que no alcanzan ese promedio son considerados estudiantes con problemas de rendimiento académico. Se distinguen tres niveles: los que al terminar el primer semestre obtienen un promedio entre 3.0 y 3.2, que son llamados estudiantes en período

de prueba transitoria; los que de tercer semestre en adelante tienen un promedio acumulado inferior a 3.3, llamados estudiantes en período de prueba definitiva, y los que ya han quedado fuera de programa y han sido readmitidos. Las características que presentan estos estudiantes son lo suficientemente distintas como para justificar un tratamiento diferente a cada uno de estos tres grupos. En efecto, los estudiantes en período de prueba transitoria acaban todos de terminar su primer semestre, tienen todos un promedio muy similar (entre 3.0 y 3.2) y es muy cercano al normal. Los de período de prueba definitiva en cambio, no están concentrados en el mismo semestre sino que pueden estar de tercer semestre en adelante y ya han mostrado mayores evidencias de sus dificultades de rendimiento puesto que su situación académica se infiere de su promedio acumulado, es decir, muestra que efectivamente el estudiante es de bajo rendimiento académico, cosa que se hace más evidente cuanto más avanzado esté el estudiante al caer en esta situación. Es claro finalmente que los estudiantes readmitidos por el hecho de haber quedado fuera de programa ya han mostrado que presentan dificultades muy serias de rendimiento académico.

Las estrategias se proponen entonces contribuir a que los estudiantes que no han logrado el promedio acumulado que los acredita como estudiantes en estado académico normal, aumenten, a través de un acompañamiento y refuerzo académico permanente, sus niveles de rendimiento de manera que logren recuperar su situación académica normal y así puedan terminar satisfactoriamente sus estudios. Las estrategias son las siguientes:

- 1.- Ofrecer un espacio académico semanal donde se trabaja fundamentalmente aspectos relacionados con el análisis de los factores que más inciden en el rendimiento académico, con el reforzamiento de las motivaciones y actitudes frente al logro y con el aumento del rendimiento académico. Para los estudiantes de período de prueba transitoria y para los readmitidos este espacio se traduce en una asignatura denominada Orientación académica. Para los de prueba transitoria, esta hace énfasis en el análisis de su primer semestre, en la organización de sus estrategias de mejoramiento y en el refuerzo académico en los conocimientos básicos de física y matemáticas. Para los readmitidos el énfasis se pone más en sus motivaciones frente al logro académico. Para los estudiantes de período de prueba definitiva este espacio se traduce en reuniones periódicas centradas en el seguimiento y la comunicación permanente con ellos.
- 2.- Asesorar a los estudiantes en la elaboración y ejecución de un Proyecto personal de mejoramiento académico. Este proyecto tiene como ejes centrales la formulación clara de su problema académico y la especificación de metas y acciones concretas de recuperación, con el propósito de lograr el promedio exigido. Está dirigida a los tres grupos de estudiantes.
- 3.- Orientar el acompañamiento de los estudiantes de una forma más personalizada. El acompañamiento personalizado de los estudiantes consiste en general en entrevistas que se definen a partir de las clases de Orientación Académica y de las reuniones de seguimiento. Para los casos de aquellos estudiantes que presentan mayores dificultades académicas y/o personales, el acompañamiento incluye además la remisión a la Oficina de Bienestar Universitario o a Centros externos de atención especializada.
- 4.- Investigar permanentemente sobre el perfil de riesgo y el perfil de recuperación de los estudiantes con el fin de implementar un sistema de alertas tempranas que ayude en el caso del perfil de riesgo a prevenir el aumento del número de estudiantes en esta situación y en el caso del perfil de recuperación, a fortalecer o implementar estrategias de recuperación cada vez más eficaces.
- 5.- Ofrecer a través de pares un acompañamiento académico más personalizado. Su objetivo es ofrecer a los estudiantes de bajo rendimiento un acompañamiento académico más cercano y específico en las áreas de conocimiento que presenten mayor dificultad. Los pares son estudiantes de la División que no sólo tienen un alto rendimiento académico sino interés en apoyar a otros compañeros. Esta estrategia se sustenta en la Teoría del Desarrollo Psicosocial de Erick Erickson la cual, entre otras cosas, resalta dentro de la etapa adolescente, la importancia de la relación entre pares o entre el grupo de semejantes como un factor definitivo en la consolidación. Con estas estrategias, se ha atendido en los últimos años una población estudiantil que

representa aproximadamente el 10% de la población total de la División y que ha logrado recuperarse en un promedio sostenido de alrededor del 30%.

#### 4. Conclusión

Todas estas realidades se constituyen en retos muy significativos para nuestra División de Ingenierías que busca que sus estudiantes alcancen los objetivos de formación propuestos en nuestros currículos. Sabemos que este es un reto de largo plazo, de constante mejoramiento porque estamos convencidos de que todo lo humano se puede mejorar. Como dice nuestro rector, el Doctor Jesús Ferro Bayona, “partimos de la realidad del estudiante que ingresa a hacer estudios universitarios con grandes problemas de formación en el bachillerato, más agudizados cuanto más lejanos de las capitales se encuentren los municipios de donde provienen, pero que es un estudiante con grandes potencialidades académicas y capacidades de desarrollo”<sup>9</sup>.

#### Notas

1. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Planes de Mejoramiento. Y ahora....cómo mejoramos. Serie guías No. 5 Enero de 2004. Bogotá. Pág. 5
2. BOGOYA, Daniel. Cobertura y Calidad, futuro con equidad. En: Periódico Al tablero. Ministerio de Educación Nacional. Edición No 22. Julio de 2003. Bogotá
3. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Perfil del sector educativo Departamento del Atlántico. Mayo de 2004. Pág. 17.
4. UNIVERSIDAD DEL NORTE. Oficina de Planeación. Boletín Estadístico 2002
5. IRIARTE DIAZGRANADOS, Fernando; CANTILLO, Katy; POLO, Adriana. Relación entre nivel de pensamiento y el estilo cognitivo dependencia-independencia de campo en estudiantes universitarios. En : Psicología desde el Caribe. No. 5, Enero-Julio 2000. Pág. 192
6. ABERASTURY, A. y KNOBEL, M. La adolescencia normal: un enfoque psicoanalítico. 2001. México Pág. 41
7. RODRÍGUEZ, Álvaro. La orientación profesional. En: Memorias 1er Congreso Nacional de Orientación Vocacional, Profesional y Acompañamiento Académico. 18 y 19 de septiembre de 2003. Bogotá. Universidad Nacional. Pág. 6
8. GARCIA MÉNDEZ, Karina. El declive del padre: Una reflexión psicoanalítica. En: Psicología desde el Caribe. No. 6 Agosto – Diciembre de 2000. Barranquilla. Universidad del Norte. Pág. 39
9. FERRO BAYONA, Jesús. En:. PLAN DE DESARROLLO 2003-2007. Universidad del Norte. Barranquilla Pág. 8



# ¿Se Podrá Disminuir la Deserción Estudiantil Mejorando la Evaluación?

Profesor Luis Ernesto Blanco Rivero  
Escuela Colombiana de Ingeniería  
Av. 13 No. 205-59 A.A. 14520 Santafé de Bogotá- Colombia  
Tel. (571) 6683600- 6763888-6762666- Ext. 349 Fax. (571) 6762340  
lblanco@escuelaing.edu.co

## Resumen

Se consideran “desertores” a aquellos estudiantes que abandonan la universidad por diferentes motivos. La deserción estudiantil en el sistema de educación superior colombiano en los primeros semestres supera el cincuenta por ciento (50%) de los matriculados. Entre los profesores hay diferentes puntos de vista con respecto a la deserción estudiantil. Un primer enfoque se orienta a pensar que la deserción es normal e inevitable en cualquier proceso educativo. Un segundo punto de vista, establece que los estudiantes universitarios son gente adulta y que su mala preparación del bachillerato no la debe asumir la universidad. Un tercer grupo piensa que la deserción de los primeros semestres es un problema real, al cual hay que plantearle alternativas de solución.

Entre las causas de la deserción estudiantil que los estudiantes declaran, están: las económicas, la escogencia errónea de la carrera, la falta de motivación o pérdida de ella, la exigencia académica y las formas de evaluación, la falta de apoyo de los profesores y otras como horarios flexibles.

Revisar y modificar los sistemas de evaluación actuales es una estrategia que se debe emprender desde las formas curriculares hasta la capacitación de los profesores en formas y métodos de evaluación, para que ésta se convierta en un instrumento de regulación del aprendizaje de los estudiantes y del diseño curricular.

Cada profesor debe tener claro que dependiendo del tipo de aprendizaje que se quiera obtener en el estudiante, variará el proceso de aprendizaje, el tiempo que requiera cada estudiante para aprender, los recursos a emplear y la forma de evaluar. Un primer paso en el mejoramiento de los sistemas de evaluación en las universidades, lo constituirá el hecho de que los profesores entiendan que hay diferencias en los aprendizajes y en su forma de evaluación. A partir de ahí se podrán inventar y utilizar variadas formas de evaluación.

La evaluación del aprendizaje se debe asumir como parte integral del proceso enseñanza aprendizaje y de formación de los estudiantes. La evaluación debe estar orientada a cumplir propósitos determinados en el proceso de aprendizaje, en la certificación o calificación y en el aseguramiento de la calidad de la asignatura. Crear conciencia en los profesores y estudiantes acerca de los cambios de la Pedagogía actual y fomentar el cambio de actitudes y prácticas en los procesos de aprendizaje y enseñanza.

## Importancia de conocer el tipo de aprendizaje

El proceso de aprendizaje determina el tipo de aprendizaje que se desea obtener. Por otra parte, las diferencias individuales hacen que el tiempo requerido por cada estudiante para aprender, los recursos a emplear y la forma de evaluar sean diferentes.

Los tipos de aprendizaje más comunes son<sup>1</sup> a) *Conocimientos*, datos que se aprenden y son almacenados en la memoria; b) *Entendimiento, comprensión, raciocinio y análisis*, que es el aprendizaje profundo, que requiere pensar hasta entender y comprender los *conceptos* para poder utilizarlos de manera creativa; c) *Habilidades*, tanto manuales como intelectuales, que se aprenden con la práctica; d) *Valores y cualidades personales* se

traen desde la casa y se mejoran o empeoran a través de la interacción social del estudiante con la comunidad universitaria, en especial con el ejemplo de los profesores.

Según Sparkes, la evaluación de los *conocimientos* se puede realizar mediante cuestionarios de sabe o no sabe, o pruebas de memoria.

La evaluación del aprendizaje en donde se requiere *entendimiento, comprensión, raciocinio y análisis* se puede hacer mediante la asignación de tareas diferentes a los ejercicios en clase, que requieran entendimiento más que memoria para su realización (proyectos, preguntas abiertas, solución de casos, corrección a errores de otras personas, diseños, explicaciones, etcétera).

La evaluación de las *habilidades* se puede hacer mediante la asignación de tareas que requieran el ejercicio de habilidades; allí el estudiante demuestra si ha adquirido la habilidad o no.

La evaluación de *valores y cualidades personales* se hace mediante el contacto personal, para reconocer el esfuerzo realizado el estudiante en su mejoramiento personal como miembro activo de la comunidad universitaria y de su entorno.

## Claridad en los propósitos y criterios de la evaluación

La evaluación del aprendizaje en la universidad se tiene que asumir como parte integral del proceso enseñanza aprendizaje y de formación de los estudiantes. La evaluación debe estar orientada a cumplir tres propósitos:

1. *En el proceso de aprendizaje:* a) **Dar retroalimentación oportuna a los estudiantes y a los profesores de su trabajo**, lo cual motiva el mejoramiento continuo y la excelencia. b) Comprender el proceso de aprendizaje del estudiante de manera que se pueda orientar al logro de los objetivos. c) Diagnosticar las fortalezas y debilidades de los estudiantes para aprovechar dicho conocimiento en el diseño de estrategias didácticas y de aprendizaje.
2. *En la certificación o calificación:* Certificar el cumplimiento de los objetivos propuestos para el estudiante en la asignatura, mediante una calificación o nota.
3. *En el aseguramiento de la calidad de la asignatura:* a) **Verificar si se están cumpliendo los objetivos y parámetros de la asignatura y permitir el seguimiento** con el fin de emprender acciones correctivas a tiempo. b) Crear conciencia en los profesores y estudiantes acerca de los cambios de la Pedagogía actual y fomentar el cambio de actitudes y prácticas en los procesos de aprendizaje y enseñanza.

Entre las características o consideraciones más importantes para el proceso de evaluación, se deben incluir los siguientes:

1. *Claridad del propósito de la evaluación:* Los profesores y los estudiantes deben conocer en forma escrita, los tres propósitos de la evaluación mencionados anteriormente y convenir su forma de aplicación.
2. *La evaluación forma parte del diseño de la asignatura:* Los objetivos de aprendizaje, que se espera el estudiante logre, deben ser explícitos y formar parte del programa de la asignatura. Dentro de la metodología y del contenido programático detallado de la asignatura se deben incluir las tareas o actividades que ayuden al estudiante a desarrollar los conocimientos, conceptos, habilidades y valores esperados. Desde luego, el hecho de que los objetivos queden explícitos desde el comienzo, no impide que el profesor los pueda ajustar durante el desarrollo de la asignatura.

3. **Retroalimentación inmediata y constructiva:** La retroalimentación inmediata de los resultados de la evaluación ayuda a la fijación de los conocimientos y conceptos, como parte del proceso de aprendizaje. Si además de lo anterior, la evaluación es constructiva y motivadora, esta guiará a los estudiantes hacia el mejoramiento continuo y a la excelencia.
4. **Continua y variada:** Las formas y métodos de evaluación deben corresponder a los tipos de aprendizaje, mencionados anteriormente. La evaluación se debe practicar continuamente como parte del desarrollo de la clase, para desechar todo tipo de temores, para acostumbrar al estudiante a ella y para evitar la práctica de estudiar únicamente para los exámenes. Involucrar a los estudiantes en el proceso de evaluación, es una ayuda para el profesor y una mayor oportunidad para la formación de los estudiantes que se deben acostumbrar a evaluar los resultados de sus actividades cotidianas, como parte de la disciplina personal de trabajo. Esto mismo lo ha dicho Gardner en otras palabras: “La evaluación tendría que formar parte del entorno natural de aprendizaje. Siempre que fuera posible debería tener lugar “al momento”, como parte del interés natural del individuo en una situación de aprendizaje. Al principio, la evaluación probablemente debería introducirse de forma explícita; pero con el tiempo, gran parte de la evaluación tendría lugar de forma natural por parte del profesor y del estudiante, sin necesidad de que se reconozca o etiquete explícitamente por parte de uno o de otro”<sup>2</sup>.
5. **Creíble y transparente:** Todas las personas comprometidas en el proceso enseñanza aprendizaje tienen que entender los criterios, los propósitos y las reglas de juego. Todos deben compartir y creer en esas normas escritas en forma de criterios, procedimientos y porcentajes de calificación para la evaluación.
6. **Practicable:** La evaluación debe ser practicable o factible, deben existir los recursos, y se debe tener el tiempo necesario y las instalaciones para aplicarla.
7. **Integral y formar parte del proceso de aseguramiento de calidad:** Continuamente se tienen que estar monitoreando y revisando los procesos, los procedimientos, los contenidos, el logro de los objetivos y parámetros de la asignatura y la forma como el estudiante aprende. Los objetivos de la asignatura, como se mencionó antes, deben incluir las tareas o actividades que ayuden al estudiante a desarrollar los conocimientos, conceptos, habilidades y valores esperados en su formación.

La evaluación continua y permanente hace obligatoria la comunicación entre profesores y estudiantes, que es la acción más importante, de acuerdo con los estudiantes, en las que la Escuela puede influir para disminuir la deserción estudiantil. O también, “la permanente búsqueda de formación, en donde el conocimiento es el centro de la relación, tiene implícita una evaluación permanente”<sup>3</sup>

## Claridad sobre el objeto del aprendizaje

“El aprender a conocer se considera como un fin y como un medio de la vida humana. Como un medio, sirve para que cada persona comprenda el mundo que la rodea, desarrolle sus capacidades profesionales y se pueda comunicar con los demás. Como un fin, para tener el placer de comprender, de descubrir y de apreciar las bondades del conocimiento y de la investigación. Aprender a conocer supone, en primer término aprender a aprender, ejercitando la atención, la memoria y el pensamiento. Este aprendizaje de la atención puede adoptar formas diversas y sacar provecho de juegos, visitas a empresas, trabajos prácticos, asignaturas científicas, etcétera. La memorización asociativa debe practicarse y cultivarse con esmero, porque la capacidad del cerebro humano es prácticamente ilimitada. El ejercicio del pensamiento, debe entrañar una articulación entre lo concreto y lo abstracto, combinando en la enseñanza y en la investigación los dos métodos. El proceso del conocimiento no concluye nunca y puede nutrirse de todo tipo de experiencias”<sup>4</sup>.

En la Pedagogía actual cada vez se hace más hincapié en la idea de que el alumno debe jugar un papel activo en su propio aprendizaje, ajustándolo de acuerdo con sus necesidades y objetivos personales. El profesor tiene que



*enseñar a aprender* teniendo en mente como objetivo final *enseñarle a pensar y a innovar*<sup>5</sup> y el estudiante debe *aprender a aprender y a innovar*. Se pretende educar al alumno para que logre su autonomía, independencia y juicio crítico y todo ello mediante un gran sentido de la reflexión. El profesor debe desarrollar en su alumno la capacidad de reflexionar críticamente sobre sus propios hechos, y por lo tanto, sobre su propio aprendizaje, de manera que éste lo mejore diariamente, y para ayudar a solucionar los problemas de la comunidad, tendrá que ser creativo e innovador.

Entendidas estas ideas, el profesor debe cambiar su objetivo, hoy en día obsoleto, de “rajar al mayor número de estudiantes” por el de lograr que “el mayor número de sus estudiantes aprenda”, brindando para ello, a sus estudiantes todo tipo de ayudas: monitorías, exámenes de clasificación, talleres, tecnologías computacionales y ambientes virtuales, explicaciones fuera de clase, etcétera.

A propósito de los exámenes estándares de calidad, ECAES, obligatorios para los estudiantes que egresan, se requiere que los profesores utilicen con cierta frecuencia la misma forma de preguntar que se usa en dichas pruebas, para acostumbrarlos a ellas y evitar que las pierdan por desconocimiento de la manera en que se deben responder.

## El caso de la Escuela Colombiana de Ingeniería

A finales de enero del 2004, el Centro Nacional de Consultoría entregó a la Rectoría de la Escuela el estudio intitulado “Deserción Estudiantil para el segundo semestre del 2003 en la Escuela Colombiana de Ingeniería” que se planteó como objetivo la identificación de causas controlables y no controlables de la deserción, tomando una muestra de 100 estudiantes de un universo de 487 que abandonaron la Escuela después del primer semestre. El estudio tiene un error muestral del 8% y un nivel de confianza del 95% asumiendo la probabilidad máxima.

El 55% de los estudiantes que no se matricularon eran de primer semestre, el 20% de segundo semestre y un 21% de tercero a sexto semestre. El primer supuesto de los investigadores se centró en averiguar si la deserción podría haber sido causada porque los estudiantes habían escogido mal su universidad. La gran mayoría de los estudiantes seleccionaron la Escuela como su primera opción (90%) y a pesar de haber sido también admitidos en otras instituciones, prefirieron a la Escuela por las buenas referencias de familiares y amigos en cuanto a un buen nivel académico y además la escogieron porque tenían acceso a la carrera que más les gustaba.

Estudiantes de primer semestre 2003-2	491	Deserción: 270 estudiantes	55%
Estudiantes de segundo semestre 2003-2	738	Deserción: 147 estudiantes	20%

CAUSA	%	ACCIONES	
		Influencia directa de la ECI	Influencia indirecta de la ECI
Económica	32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de becas de la ECI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convenios con bancos</li> <li>• Préstamos ICETEX</li> <li>• Becas del Gobierno</li> </ul>
Falta de vocación	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener ciclo básico</li> <li>• Entrevista al momento de la admisión</li> <li>• Consejería durante los primeros semestres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientación vocacional en los colegios</li> </ul>
Falta de motivación	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor comunicación con profesores y directivos del programa</li> </ul>	
Exigencia académica	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retroalimentación oportuna de las asignaturas</li> <li>• Monitores</li> <li>• Modificar los sistemas de evaluación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear grupos de estudio</li> <li>• Enseñar técnicas de estudio</li> </ul>
Falta de apoyo académico	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor comunicación con profesores y directivos del programa.</li> <li>• Mejora de la metodología de los profesores</li> <li>• Exámenes de clasificación</li> <li>• Incrementar monitorías</li> </ul>	

La primera causa controlable de la deserción, según los estudiantes entrevistados telefónicamente fue económica (32%), debido a la disminución drástica de los ingresos familiares. Las soluciones que ellos proponen a este

problema: a) "Que la Escuela les ofrezca mayores facilidades de pago"; b) "Que la Escuela aumente el número becas y busque las ayudas que el gobierno nacional ofrece"; c) "Que la Escuela haga convenios con instituciones financieras para garantizar préstamos bancarios con bajos intereses".

La segunda causa controlable de la deserción de los estudiantes que se fueron, según ellos, fue su falta de vocación por la carrera que escogieron (20%). Como solución a esta causa, ellos proponen: a) "Consejería durante los primeros semestres para ayudar a definir la profesión", b) "Facilidad para entrar a Estudios Generales para tener tiempo para poder decidir mejor su profesión", c) "Una entrevista antes de entrar a la Escuela para indagar sobre su vocación".

La tercera causa controlable de la deserción fue la falta de motivación para continuar (15%). Los estudiantes atribuyen su desmotivación a la falta de apoyo académico y a la necesidad de tener mayores oportunidades para entender y pasar las materias. Ellos dicen que: "Requieren mayor comunicación con sus profesores y con los directivos del Programa".

La cuarta causa de la deserción, fue la exigencia académica (14%). Aunque algunos estudiantes reconocen que venían mal preparados y que no se amoldaron a los sistemas de evaluación de la Escuela, la mitad de los que escogieron a la exigencia académica como la causa de su deserción opinan que "Es necesario capacitar a los profesores en didáctica, porque no se les entiende" y por eso perdieron su motivación inicial. Otras recomendaciones de los que abandonaron, para ayudar a los estudiantes que continúan y a los que llegarán a la escuela en el futuro, son: a) "Que los profesores les den una retroalimentación más frecuente y oportuna sobre su progreso en cada asignatura", b) "Tener estudiantes de semestres avanzados para que los apoyen durante el semestre", c) "Crear grupos de estudio dentro de la universidad para ayudar a los estudiantes a entender y a hacer sus tareas", d) "Modificar los sistemas de evaluación", e) "Introducir una materia dentro del currículo para enseñar a los estudiantes técnicas de estudio".

La quinta causa controlable de la deserción fue la falta de apoyo académico y de los profesores (12%). Los estudiantes encuestados entienden el apoyo académico, a nivel reglamentario, para que el estudiante tenga mayores oportunidades de ser evaluado y de retirar materias o el semestre. En cuanto a la falta de apoyo por parte de los profesores, proponen como solución: a) "Que los profesores y directivos de los programas tengan mayor contacto con sus estudiantes", b) "Que los profesores mejoren su metodología para entender más y poder pasar las materias", c) "Que se hagan exámenes de clasificación para nivelar los grupos" y d) "Que se incrementen las monitorías en donde se les expliquen adicionalmente los temas de clase".

El restante porcentaje de causas de deserción, tenía que ver con horario flexible, aceptación del aplazamiento del semestre, oportunidad de nivelar y cambios en la política de ingreso.

La mitad de los estudiantes entrevistados, a pesar de que dejaron la Escuela opinaron que la recomendarían en el evento de que algún amigo les preguntara en dónde estudiar, esto es, siguen siendo "fieles" a la institución. Las recomendaciones de los estudiantes en su gran mayoría son acertadas y merecen toda nuestra atención.

Para disminuir la deserción en la Escuela, es necesario emprender una serie de estrategias en diferentes frentes y en diversos plazos. Aquí se mencionan algunas, con el ánimo de interesar a algunos miembros de la comunidad universitaria a emprenderlas.

La creación de un Fondo de Financiación de Largo Plazo, con recursos del Banco Mundial, del Icetex, de fundadores, de egresados y de amigos de la Escuela, con préstamos blandos reembolsables en el largo plazo.<sup>1</sup>

El estudiante que escoge Ingeniería debe estar realmente motivado y convencido, en el momento de su elección, de que esa es la profesión de su vida. Las visitas para observar lo que se hace en la práctica de cada una de las especialidades, pueden ayudar a encontrar la mejor alternativa.<sup>2</sup> Apoyada en la flexibilidad del sistema de crédi-

tos académicos y en contenidos programáticos comunes en los primeros semestres, está la estrategia de la llamada Ingeniería General, que puede contribuir a optimizar la escogencia de especialidades.

La motivación hacia el aprendizaje por parte del estudiante es esencial. Los profesores deben ayudarlo a entender que lo importante no es la nota, sino los conceptos que aprenda y motivarlo hacia la excelencia. Actualmente hay mecanismos informáticos de ayuda en el proceso de aprendizaje, vía Internet, que ejercitan y evalúan la adquisición de conceptos.<sup>3</sup>

Los exámenes de clasificación en los primeros semestres, con el objetivo de dosificar los contenidos, los tipos y formas de ayuda al estudiante. Nunca para discriminar, pueden contribuir a la disminución de la deserción. El método utilizado por los médicos, en el que los más avanzados ayudan a los que les siguen, o que los pares mejor adiestrados acompañen individualmente, se puede utilizar con el mismo objetivo.<sup>4</sup>

La recomendación de “*modificar los sistemas de evaluación*” es una de las más importantes, porque está en relación directa con otras como: “que los profesores les den una retroalimentación más frecuente y oportuna sobre su progreso en cada asignatura”, “que no se amoldaron a los sistemas de evaluación de la Escuela”, y “que se necesita mayor apoyo de los profesores”. Al sumar los porcentajes de ésta causas se puede concluir que tienen una alta contribución en las causas controlables de la deserción.

## Cumplimiento de la misión de la Escuela

Los lineamientos de docencia del Proyecto Educativo Institucional de la Escuela están en completa concordancia con las tendencias mundiales de la Pedagogía y de los procesos de enseñanza aprendizaje, porque la función docente “conjuga la tarea educativa y formativa de la persona; en este contexto la responsabilidad de la Escuela apunta no solo al conocimiento científico y tecnológico sino hacia una formación profunda del hombre, *el aprender a ser* como objetivo central de la docencia. De ahí que el énfasis de los procesos de enseñanza aprendizaje se pone en el estudiante, punto de mira de todas las actividades”<sup>5</sup>

Para “*formar personas con alta preparación científica, técnica y humanística, con compromiso ético y espíritu de solidaridad social, para que utilicen sus conocimientos en el servicio desinteresado a la comunidad y el logro del bienestar del pueblo colombiano*”<sup>6</sup>, la comunicación del profesor con sus estudiantes tiene que ser efectiva y permanente.

Los estudiantes encuestados tienen razón al pedir apoyo de profesores y directivos desde el nivel organizacional para desarrollar mecanismos eficaces que aseguren la comunicación de los profesores de cátedra con sus estudiantes, como un reto hacia el futuro, porque las condiciones de contacto con los profesores de planta están dadas y sólo restan acciones efectivas.

El profesor es un guía del estudiante en su tarea de conocer nuevas cosas, un apoyo en sus momentos difíciles y un modelo a seguir. El profesor debe ser ante todo una persona dispuesta a dar, a orientar, a *formar personas*. Y para formar integralmente, tendrá que ser para su estudiante como un faro que le ayude a encontrar el camino seguro entre un mar de teorías revueltas y encontradas, señalándole la ruta de procesos perdurables como *el aprender a aprender y a innovar*.

Una mejora en los sistemas de selección de los profesores, está en asegurar la firme convicción de los candidatos, de su necesidad de mejora permanente en el *aprender a enseñar*, dentro de parámetros modernos y a evaluar en consecuencia. Los nuevos profesores deben estar convencidos de la necesidad de pertenecer a grupos de estudio con otros profesores y con estudiantes. La motivación y estímulo de las directivas para los profesores que se esfuerzan por capacitarse, por lograr un excelente desempeño con sus estudiantes, por publicar, por investigar, por formar con el ejemplo.

Una mejora en los sistemas de selección de los profesores, está en asegurar la firme convicción de los candidatos, de su necesidad de mejora permanente en el aprender a enseñar, dentro de parámetros modernos y a evaluar en consecuencia. Los nuevos profesores deben estar convencidos de la necesidad de pertenecer a grupos de estudio con otros profesores y con estudiantes. La motivación y estímulo de las directivas para los profesores que se esfuerzan por capacitarse, por lograr un excelente desempeño con sus estudiantes, por publicar, por investigar, por formar con el ejemplo.

“Todo esto tiene una implicación inmensa y es que los profesores debemos tener todo esto, es decir, actitud crítica, conocimientos pedagógicos y didácticos, etc.”

## Conclusión

La deserción estudiantil en la ECI puede disminuirse considerablemente, si los profesores tenemos claros los objetivos del aprendizaje, evaluamos bien, cumplimos a cabalidad con la Misión de la Escuela, flexibilizamos los currículos, tenemos claro nuestro compromiso y nuestro papel en la sociedad.

El trabajo de divulgación, concientización y generación de compromiso en los profesores, es una tarea difícil y larga, que la Escuela ha emprendido con resultados alentadores en muchos casos, pero que debe lograr generalizar, en miras de lograr el mejoramiento de la calidad de sus egresados.

## Bibliografía

- 1 Sparkes, J. *Quality in engineering education*, Int. J. Continuing Engineering Education, Vol. 1, No. 1, pp. 18-32.
- 2 Gardner, Howard, *Inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. Paidós, 1995, Capítulo 10.
- 3 Montejo, María del Rosario, “*Comentarios a los borradores del artículo*”, Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá marzo de 2.004.
- 4 Delors Jacques, “*La Educación Encierra un Tesoro*”, Ediciones UNESCO, Correo de la UNESCO Librería Mexico, 1997, pp. 92.
- 5 Eduardo Aldana Valdés, palabras en el encuentro nacional “La Ingeniería Industrial que Colombia necesita para el siglo XXI”, organizado por la Universidad Javeriana de Bogotá en febrero 19 y 20 de febrero de 2.004.
- 6 Centro Nacional de Consultoría, “Deserción Estudiantil para el segundo semestre del 2003 en la Escuela Colombiana de Ingeniería”, Bogotá, Colombia, enero 28 de 2.004
- 7 Silva Sánchez Eduardo, “*Comentarios a los borradores del artículo*”, Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá abril de 2.004.
- 8 Ibidem.
- 9 Ibidem.
- 4 Ibidem.
- 5 Escuela Colombiana de Ingeniería, “*Proyecto Educativo Institucional*”, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 2002, pp. 37-50.
- 6 Ibidem, pp. 26.
- 7 Montejo, María del Rosario, “*Comentarios a los borradores del artículo*”, Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá marzo de 2.004.

# Simulaciones de Procesos: Herramientas para Llevar la Complejidad de la Planta al Salón de Clase

Marco E. Sanjuán, Ph.D.<sup>1</sup>  
Departamento de Ingeniería Mecánica  
Universidad del Norte  
Barranquilla, Colombia

## Resumen

Si hay una realidad evidente en la actividad profesional de un ingeniero en un entorno industrial, es que los problemas no se resuelven con enfoque unidisciplinarios, ni que la información o los modelos están al pie de los equipos. Sin embargo, muchos cursos se encuentran limitados por la no disponibilidad de problemas donde el estudiante deba estructurar la forma de buscar la información, pues esta es un dado en los libros. Este artículo se centra en el desarrollo y experiencia en clase de la utilización de simulaciones de procesos industriales donde el logro a alcanzar es similar a los deseados en el proceso de formación, pero el punto de partida exige que se enfrenten escenarios de toma de decisión que difícilmente son emulados por un problema de un texto guía. Las simulaciones se desarrollaron en las áreas de Diseño y Análisis de Experimentos, Ingeniería de Control, y Control de Calidad, y fueron el resultado de un proyecto conjunto entre investigadores de la Universidad del Norte y la University of South Florida. El artículo plantea que este tipo de simulaciones, cuando se incorporan en el aula de clase, permiten desarrollar una gama de problemas y situaciones que exigen una revisión de mayor literatura por parte de los estudiantes e integran los conceptos con el quehacer del ingeniero de proceso.

## I. Introducción

Los retos a ser enfrentados por los ingenieros en los años venideros requerirán mayor capacidad de toma de decisiones. Por consiguiente, la conexión entre la teoría y la práctica en cualquier campo debe estar bien consolidada en la mente de los estudiantes. Cualquier curso con proyección aplicada directa, como lo son Diseño de Experimentos, Ingeniería de Control y Control de Calidad, si son desarrollados correctamente, deberían proveer al futuro profesional con una estructura de pensamiento y una base de conocimientos que le permita entender, analizar y mejorar su entorno. Desde esta perspectiva, el foco de la formación en áreas profesionales debe desplazarse entre el entendimiento de los fundamentos teóricos y el desarrollo de destrezas de implementación de la teoría presentada. Sin estas últimas, la formación profesional no se ha desarrollado a cabalidad, pues no se puede subestimar la complejidad de implementación de la más sencilla ecuación en el mundo real.

La formación de pregrado en ingeniería debe desarrollar un solucionador de problemas sociales, un ingeniero o ingeniera dispuesto a mejorar su entorno a la vez que cumple con metas organizacionales. De aquí surge el compromiso que debe existir en cada profesor en la creación de un fuerte nexo entre la teoría y la práctica del área de formación. Por otra parte, la educación de postgrado requiere el entendimiento de cómo los problemas reales tal como son enfrentados, para estimular el desarrollo de nuevos enfoques, métodos y soluciones, implementables en la vida real. Por tanto, ambos niveles de formación requieren la utilización de herramientas que permitan el acercamiento a la complejidad de los sistemas y equipos reales, mientras se mantenga un esquema flexible de trabajo, donde el estudiante pueda acceder a las herramientas en cualquier momento de su proceso de formación.

Este artículo presenta el enfoque y las herramientas desarrolladas y utilizadas en el período 1999-2002 por el autor y los profesores Dr. Tapas Das y Dr. Carlos Smith en la University of South Florida, y por el autor en el período 2002-2004 en la Universidad del Norte.

<sup>1</sup> Director de Departamento. Dirección: Km. 5 Autopista Pto. Colombia, Barranquilla, Colombia. Tel: +57 5 3509 272, Fax: +57 5 3509 255, [msanjuan@uninorte.edu.co](mailto:msanjuan@uninorte.edu.co)

## 2. Antecedentes

La Educación es un proceso continuo a lo largo de la vida y no un producto de la asistencia al aula. Esto significa que los estudiantes deben lograr habilidades para un desarrollo personal y profesional auto-sostenido. Por lo tanto, el profesor o instructor no es sólo responsable de lo que es enseñado, sino de cómo es enseñado y evaluado [Burton, 1998]. La educación en ingenierías ofrece retos particulares en este aspecto. Dado que “el ingeniero es el guardián de lo nuevo, el innovador, el portador creativo del cambio tecnológico” [Dillon, 1998], su educación tiene que ser consistente con lo que la sociedad espera.

La mayoría de los profesores tienen que enfrentar, en el diseño de un curso, la dualidad entre los objetivos deseado y los recursos disponibles para alcanzarlos. Existe siempre la noción de que un mejor y más integrado enfoque de cursos en el curriculum tiene que ser construido, y hay experiencias que apuntan en esta dirección. Este reto se traslada al diseño de cursos que integren los conocimientos y contextos aprendidos por los estudiantes en su experiencia previa. Por ejemplo, que el futuro de la educación en ingeniería de procesos requiere el desarrollo de currícula y materiales de clase diseñados para adoptar un enfoque sistémico en la solución de procesos de ingeniería [Perkins, 2000]. Este reto es fácilmente trasladable a cualquiera de nuestras áreas de conocimiento en ingeniería, cada día más profundas, pero a la vez más cercanas. También ha sido documentado que los estudiantes se sienten más cómodos aprendiendo un tema cuando se establecen relaciones con problemas de la vida real [Johnson, 1998]. Algunos de los esfuerzos recientes en proveer experiencias con altos niveles de pensamiento han sido el desarrollo de un programa de educación experimental usando control por computador de un sistema multi-etapas [Jung et.al., 2000], un laboratorio virtual interactivo basado en tecnología Web para ingeniería de procesos [Shin et.al., 2000], módulos de aprendizaje interactivo basado en Web para ingeniería de control [Hough et.al., 2000] y un laboratorio virtual articulado para Termodinámica para Ingenieros (CyclePad) [Forbus et.al., 1999]. Herramientas similares en el área de Control de Procesos [Sanjuán y Smith, 1999] han sido presentadas en conferencias de la American Society of Engineering Education.

## 3. Herramientas desarrolladas

Las herramientas desarrolladas son simulaciones (archivos ejecutables) que operan con Labview<sup>2</sup> Y Labview Run-Time Engine, y la mayoría no requiere que se lleve a cabo programación textual o gráfica. En general, el estudiante se enfrenta a una pantalla tipo HMI/SCADA (Human-Machine Interface / Supervisory Control and Data Acquisition) o DCS (Distributed Control System), donde se le plantean metas a alcanzar en función de la operación del sistema o el rendimiento a alcanzar. Estas simulaciones se diseñaron en tres áreas: Control de Procesos, Control de Calidad y Diseño de Experimentos.

### 3.1. Control de Procesos

La primera simulación es un tanque de estabilización, en el cual se debe implementar un diseño con lógica de compuertas para cumplir especificaciones de operación. Consta de dos pantallas de trabajo, y es la única herramienta que requiere programación gráfica (Figuras 1 y 2).

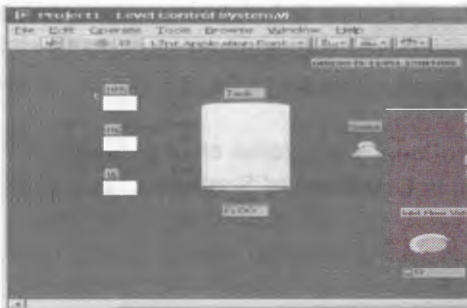


Figura 1. HMI del Tanque de Estabilización

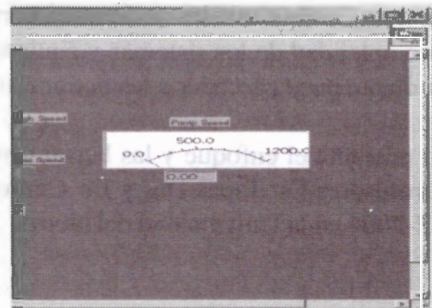


Figura 2. Pantalla de Programación

La segunda simulación es el mismo tanque, ahora con controladores PID, en la cual se puede operar en cuatro modos diferentes: Control de Nivel, Control de Flujo, Control por Sobremando sin Realimentación de Integral y Control por Sobremando con Realimentación de la Integral (Figura 3). Con esta herramienta el estudiante analiza el comportamiento del sistema en lazo abierto, práctica y visualiza el efecto de utilizar diferentes ecuaciones o métodos de sintonización, y verifica la diferencia entre operar con y sin realimentación de integral en control por sobremando. EL resultado final de trabajar con estas dos simulaciones conlleva a un reporte que compara control continuo y discreto de nivel, métodos de sintonización y la comparación entre los modos de operación en control por sobremando.

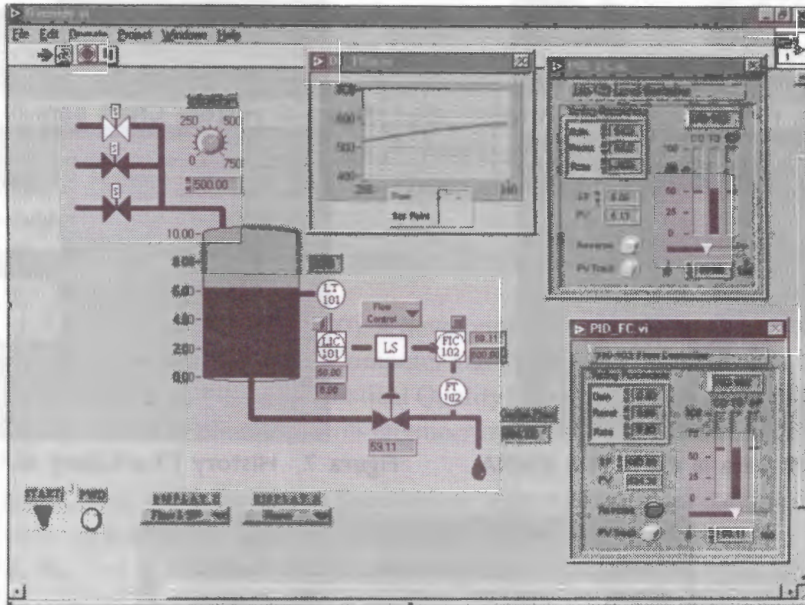
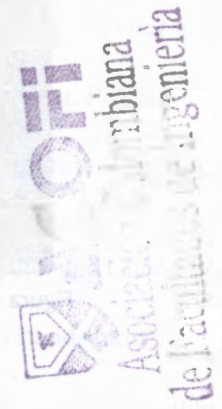


Figura 3. HMI del Tanque de Estabilización para Control Continuo



### 3.2. Control de Calidad

Para Control de Calidad se desarrolló un paquete de seis simulaciones con el mismo proceso de fabricación base:

- Carta  $\bar{X}$ -R bajo control
- Carta  $\bar{X}$ -R fuera de control (sale de control en un tiempo que varía de corrida a corrida)
- Carta  $\bar{X}$ -S bajo control
- Carta  $\bar{X}$ -S fuera de control
- Carta EWMA bajo control
- Carta EWMA fuera de control

En estas simulaciones (bajo control), el estudiante define estrategias de muestreo y diseña los parámetros de la respectiva carta. En las simulaciones que salen de control, el estudiante implementa la carta y selecciona criterios de parada. Las simulaciones con carta EWMA tienen una pantalla adicional de estimación de costos de operación, que permiten utilizar las simulaciones para un diseño económico de carta de control basado en Diseño de Experimentos [Montgomery, 2001]. Algunas pantallas de estas simulaciones son presentadas en las Figuras 4 a 7.

### 3.3. Diseño de Experimentos

Para Diseño de Experimentos se simuló una planta de procesamiento de aceite, donde hay seis variables de proceso manipulables y una variable de respuesta (viscosidad). Esta simulación se utiliza para diseños de un factor (con bloques) y factoriales (fraccionados o con bloques), y los estudiantes disponen de dinero limitado

para ejecutar pruebas (cada prueba tiene un valor asociado). Se les pide optimizar la operación o conseguir la condición más económica para alcanzar una viscosidad deseada.

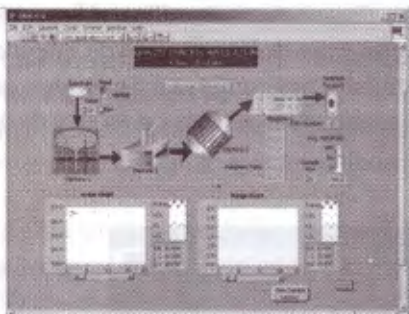


Figura 4. HMI para la Carta X-R

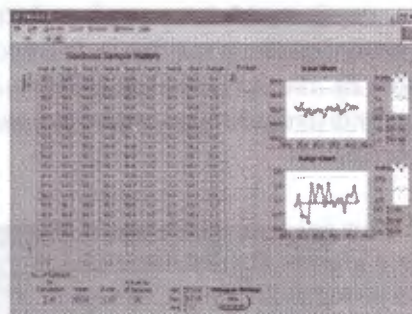


Figura 5. History Chart para la Carta X-R

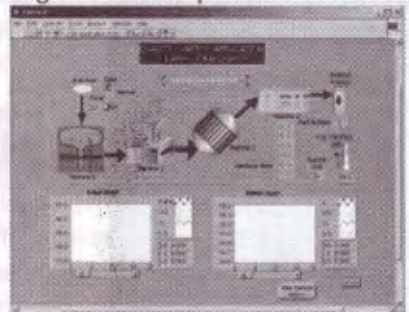


Figura 6. HMI para la Carta X e EWMA

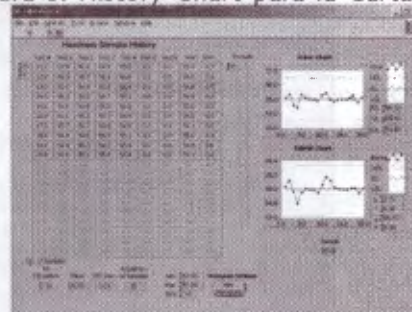


Figura 7. History Chart para la Carta EWMA

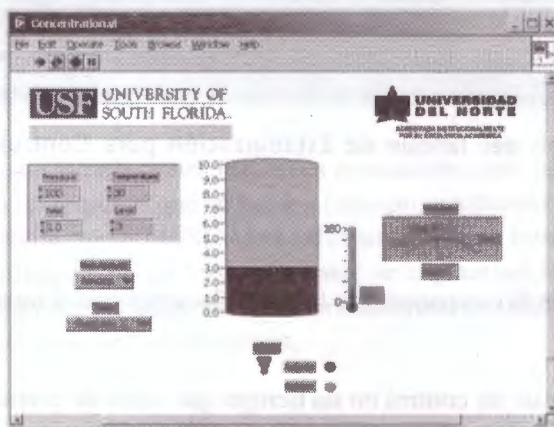


Figura 8. HMI de la unidad de procesamiento de aceite, para optimización de las condiciones de operación

#### 4. Integración curricular

Las herramientas desarrolladas han sido utilizadas en los siguientes cursos desde el año 2000:

• Design of Experiments	Pregrado	3 CR	USF
• Quality Control	Pregrado	3 CR	USF
• Automatic Controls I	Pregrado	4 CR	USF
• Ingeniería de Control	Pregrado	3 CR	Uninorte
• Statistical Design Models	Postgrado	3 CR	USF
• Automatic Controls III	Postgrado	3 CR	USF
• Diseño de Experimentos	Postgrado	3 CR	Uninorte
• Control I y II	Postgrado	3 CR	Uninorte
• Tópicos en Control de Calidad	Postgrado	3 CR	Uninorte



## 5. Trabajo futuro

La siguiente meta es la integración de un laboratorio teleoperado bajo el mismo esquema, e integrar en un sitio Web los dos tipos de herramientas. Bajo esta estrategia se están dimensionando equipos en la actualidad, y se planea generar un consorcio para el desarrollo y la implementación en cursos.

## 6. Bibliografía

1. Burton L. (1998). Undergraduate engineering education: teaching, learning, assessing - a symbiosis. *Engineering Science and Education Journal*, V 7 No. 4, p.158-160.
2. Dillon C. (1998). Engineering education: time for some new stories. *Engineering Science and Education Journal*, V 7 No. 4, p. 188-192.
3. Forbus K. D., Whalley P., Everett J., Ureel L., Mike B., Baher J., Kuehne S. (1999). Cycle Pad: An articulate virtual laboratory for engineering thermodynamics. *Artificial Intelligence*, V 114, p. 297-347.
4. Hough M., Marlin T. (2000). Web-based interactive Learning Modules for process Control. *Computer and Chemical Engineering*, V 24, p. 1485-1490.
5. Johnson A. K., Beaudoin S. P. (1998). Comparison of Teaching Styles in chemical Engineering. *Proceeding of FIE Conference 1998*, p. 783.
6. Jung J. H., Lee M., Lee J., Chonghun H. (2000). A development of experimental education program: computer control of multi-stage level control system. *Computer and Chemical Engineering*, V 24, p. 1497-1502.
7. Montgomery, D. (2001). *Introduction to Statistical Quality Control*, John Wiley & Sons.
8. Perkins J. (2000). Education in Process systems engineering past, present, and future. *Computer and Chemical Engineering*, V 24, p. 1367.
9. Sanjuan M., Smith, C.A. (1999). Computer Simulation: students take plant control in their hands. *American Society for Engineering Education, Southern Region, Clemson, S.C., April 1999*.
10. Shin D., Yoon E. S., Park S. J., Lee E. S. (2000). Web-based interactive virtual laboratory system for unit operations and process systems engineering education. *Computer and Chemical Engineering*, V 24, p. 1381-1385.



# Sistema de Evaluación de Proficiencias en Educación Superior – SERES –

Adriana Llamosa Ardila, Sandro Castellanos, Andrés Guerrero, Ruth Claudia Moreno, Liliana Paola Pinilla,  
Lilia Castellanos, Juddy Alexandra Gómez,  
Víctor Sánchez, María Isabel Benítez  
Gerardo Latorre, Ricardo Llamosa Villalba  
Universidad Industrial de Santander

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones – E<sup>3</sup>T-  
Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería  
del Software –CIDLIS–

Carrera 19 No. 35 -02 Sede UIS – Bucarica, Bucaramanga, Santander  
Teléfono: 6422809 Telefax: 6701062 e-mail: nrllamos@cidlisuis.org



## Resumen

El Sistema de Evaluación de Proficiencias en Educación Superior – SERES- permite: a) La valoración integral de la suficiencia del saber, del saber hacer y del ser, de los estudiantes durante cada una de las etapas en la Formación Profesional en Ingeniería; y, b) La gestión de conocimiento, que puede aplicarse, sistemática y sistemáticamente, en los procesos de docencia, investigación y extensión.

El SERES es un producto de investigación que está en fase de prueba y ha sido desarrollado por el Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del Software –CIDLIS- dentro marco del proyecto: “Modelo de Gestión de la Calidad en Educación Superior” –MGCES- de la E<sup>3</sup>T de la Universidad Industrial de Santander.

El SERES está estructurado para funcionar integralmente en los diversos cursos de un programa de ingeniería, sean estos cursos básicos o avanzados, bajo el requisito de formalizarlos con actividades estructuradas de práctica, investigación formativa y seguimiento y control, sustentadas en un plan de calidad, fundamentado en: el trabajo disciplinado individual y en equipo, la auto-evaluación, la co-evaluación, la evaluación y la hetero-evaluación.

La evaluación de competencias en SERES, es una deducción lógica del modelado del perfil profesional (saberes), el perfil ocupacional (competencias para hacer) y el perfil cultural (valores como persona, ciudadano e ingeniero) del egresado. Dicho modelo se despliega en guías de contenido, evaluación y gestión de conocimiento en cada uno de los cursos de un programa de formación. A partir de dichas guías, entonces, se definen los contenidos sobre el saber, el hacer y el ser, disponibles, luego, para los profesores, en el desarrollo de sus prácticas docentes. Como cierre a este proceso de aprendizaje, se establece, la valoración de los productos de la enseñanza, y, el desempeño y la competencia de los alumnos. Este patrón de valoración cuantitativa y cualitativa, es el instrumento principal de SERES, con el que sustentan las evidencias de cumplimiento de estándares de calidad, los objetivos de aprendizaje y el logro de las competencias del alumno.

## I. Introducción

El Sistema de Evaluación de Proficiencias en Educación Superior – SERES- es un medio para la gestión y valoración de suficiencia, cumplimiento y mejoramiento (interno y externo) de prácticas que conducen a las instituciones educativas a integrar la acreditación, la titulación y la certificación profesional.

Esta ponencia tiene seis apartados. El primero fija la estructura de este documento; el segundo presenta los antecedentes y el contexto de la acreditación, la certificación y la titulación; el tercero, cuarto y quinto expone el modelo, su estado de implementación y los agradecimientos, las conclusiones y el trabajo futuro de SERES; y, el sexto hace referencia a los documentos de apoyo de este artículo.

## 2. Antecedentes

### 2.1. ¿Acreditación, certificación ó titulación?

La acreditación [1] es un reconocimiento público que una organización consigue, ante la comunidad, al brindar seguridad, bienestar y confianza, con los bienes y servicios que ofrece. Es importante destacar, que dichos bienes y servicios son el producto de procesos, que combinados, sistemática y sistemáticamente, agregan valor a las cadenas productivas y a la misma sociedad.

Centrándose en las empresas acreditadas, el reconocimiento de la calidad ocupacional de las personas se certifica, no se acredita, porque la certificación es parte del acreditamiento, el cual exige que los roles de un trabajo concreto se evidencien con habilidades, destrezas y conocimiento, es decir, con competencias.

Hay dos tipos de refrendaciones:

- Los títulos o licencias, se designan por los países, quienes regulan restrictivamente las profesiones u ocupaciones. Bajo la ley, cada país plantea, las condiciones legales, que una persona debe reunir, para practicar una profesión. Este hecho induce que la diversidad de titulaciones sea una consecuencia del numero de países en el mundo y que dichas titulaciones se definan “del estado para el estado”.
- Las certificaciones [1], establecidas por organizaciones especializadas, se definen para probar cualificación (calificaciones) ocupacionales individuales en el ejercicio de una profesión o especialidad. Dado que cada certificación es voluntaria, no representa barrera para hacer un trabajo, pero si implica evidenciar conocimiento específico, práctico, hábil, eficaz y efectivo, en una ocupación. En esta perspectiva, las personas se certifican y los efectos se acreditan, es decir, la competencia refiere al proceso y la acreditación refiere al producto o servicio institucional.

### 2.2. ¿Agrupar conocimiento (titulación) y práctica (certificación)?

En el ejercicio laboral de la ingeniería el enfoque más común entrelaza lo formal y lo informal [2]; un equipo de ingeniería parte de la idea general sobre lo que se quiere construir, y aunque podría tenerse una especificación formal, la satisface, combinando informalmente conocimiento empírico y teórico de metodologías de diseño, producción y depuración; En el software, los programadores escriben código y lo ejecutan para ver funcionalidad, si no la consiguen, cambian y prueban el código tantas veces como requieran hasta lograr su funcionamiento correcto.

El enfoque de “producir – reparar” comparado con el enfoque de “producir – fijar” cuesta, toma más tiempo y requiere de muchas mejoras antes de lograr utilidad y funcionalidad, sin embargo, ha sido difícil introducir la cultura de “producir – fijar” por lo intenso y extenso del entrenamiento estratégico, técnico, organizacional y de soporte, requerido.

Por otra parte, las organizaciones líderes en el mercado de la ingeniería, siempre han creado productos y servicios prácticos, pero con una enorme brecha entre sus prácticas y las mejores practicas, sin embargo, hoy el espectro de competitividad mundial en ingeniería demanda el “producir – fijar” y la aplicación sistémica, sistemática, disciplinada y cuantificable de la gestión de los recursos que hagan rentable el hacer y mantener los bienes y servicios producidos.

Los hechos precedentes han propiciado la competitividad profesional sujeta a las mejores prácticas, y particularmente el establecimiento formal de certificaciones de competencia que tienen como requisitos:

- Las titulaciones en educación básica profesional de origen universitario<sup>1</sup> con programas de pregrado.
- El acreditamiento estatal o internacional institucional universitario como garantía calidad educativa.
- El desarrollo de proyectos que evidencien competencia y experiencia después de la titulación para que el egresado certificado en conocimiento<sup>2</sup> ejerza responsablemente su profesión, dado que la educación sola, es insuficiente para desarrollar la capacidad profesional<sup>3</sup>.

- La certificación ante organizaciones nacionales ó internacionales que exige evidenciar experiencia y competitividad y la aprobación de un examen de actualidad de conocimientos. Dicha autorización, una vez se conseguida por primera vez, debe renovarse periódicamente<sup>4</sup>.
- Las asociaciones profesionales. Los profesionales como grupo, conforman una comunidad que debe cumplir normas para el ejercicio ético y competitivo de su profesión, este hecho es el generador de las asociaciones profesionales, comúnmente dichas organizaciones se encargan de sintetizar los criterios de certificación. Por ejemplo, IEEE y ACM en Informática.
- El código de ética. Cada profesión tiene un código de ética que establece las funciones y deberes del practicante y las condiciones para la pérdida de su licencia para la practica de su profesión.

### 2.3. ¿Qué debe certificarse o qué licenciarse?

La certificación exige el análisis riguroso y sistemático de las instituciones reguladoras, encargadas de identificar y verificar elegibilidad y suficiencia. La elegibilidad se sustenta con la experiencia y la suficiencia se consigue con la aprobación de un examen de conocimiento. El establecer este procedimiento demanda una acción planificada para discutir, analizar y establecer las áreas de práctica y conocimiento por evaluar<sup>5</sup>.

La elegibilidad y la suficiencia [1] [2] [4] surge del análisis y especificación de las mejores prácticas de conocimiento. Con mínimo 9000 horas de experiencia reconocida para la elegibilidad de acuerdo a unos conocimientos válidos establecidos. El establecimiento del examen de suficiencia requiere de las siguientes etapas:

- Especificaciones de exámenes: Síntesis de cuerpos y prácticas de conocimiento para elaborar las preguntas de los exámenes.
- Desarrollo de ítems de exámenes: Proceso de construcción de un banco de preguntas después de su edición, prueba, validación y aprobación ante una muestra poblacional.
- Desarrollo, ensamble, revisión y prueba del cuerpo de exámenes para elaborar un banco de pruebas.
- Validación de exámenes, valoración estadística de una muestra poblacional para estimar corte de aprobación, confidencialidad, confiabilidad, capacidad, eficiencia y confianza de la prueba.
- El empaque, documentación y ofrecimiento<sup>6</sup> de la prueba a la comunidad, una vez validada.

### 2.4. Consideraciones políticas

Las reflexiones políticas se sustentan en:

- **Implicaciones de la acreditación y certificación.** ¿Un profesional titulado practica necesariamente su profesión?; ¿La carrera profesional involucra más de un país?; ¿Qué es más importante, la titulación o la certificación?; ¿Se necesita una red internacional para ganar conocimiento guiado por normas nacionales o internacionales y porqué la Certificación es requisito?
- **Implicaciones de la relación estado - industria.** ¿Puede la Universidad Certificar?; ¿Quién debe certificar?; ¿Quién debe titular ó licenciar?; ¿La licencia y la certificación debe renovarse?
- **Conocimiento para la certificación o licenciamiento.** ¿El cuerpo de conocimiento debe emerger de la industria o la Universidad?; ¿Deben certicarse los profesores?; ¿Quiénes deben certificar a los profesores?; ¿El currículo profesional para licenciamiento debe ser regulado por el estado?; ¿El currículo profesional para certificación debe ser regulado por el estado, por las agremiaciones de empresas o las asociaciones profesionales?

## 3. Especificación de SERES

El Sistema de Evaluación de Proficiencias en Educación Superior – SERES- (Figura No. 1) está sustentado en los siguientes aspectos conceptuales y técnicos:

- **La globalidad según Porter [2] y el “Planear - Hacer - Valorar - Actuar” (PHVA) [3] aplicado a:**
- Al pensamiento estratégico personal con infraestructura y competencias para “ser”, “saber hacer”, “hacer”, “valorar” y “mejorar” procesos, productos y / o servicios.

- La educación como servicio público regulado a través de convalidaciones estatales (certificaciones o titulaciones) o empresariales (acreditaciones).
- **El Aseguramiento de Calidad en la Educación –ACE<sup>7</sup>–** [5] [6] de acreditación de estándares<sup>8</sup> de alta calidad y registro calificado en Colombia.
- **La orientación a los procesos** [3] con estrategias<sup>9</sup> (Figura No. 2) organizacionales<sup>10</sup>, directivas<sup>11</sup>, de apoyo<sup>12</sup> y de docencia, investigación y extensión<sup>13</sup> de titulación o certificación para cerrar brechas de conocimiento, habilidad y comportamiento con el entorno laboral.

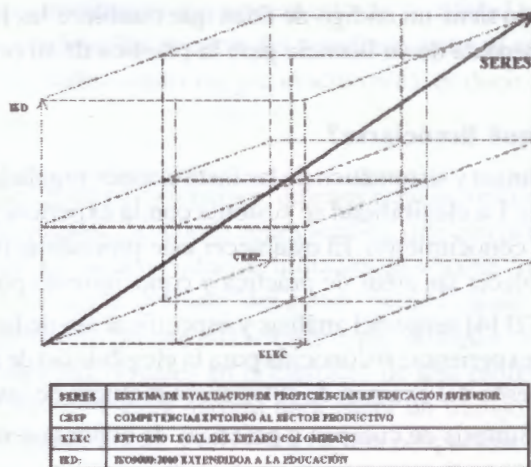


Figura No. 1. Modelo Integral de Seres

- La gestión por competencias [4] (Figura No. 3) para ofrecer un portafolio de científico, técnico y organizacional a las entidades académicas y administrativas, modeladas con el GNÓMETRO<sup>1 2</sup>.
- La Tecnología de Información y Comunicaciones orientada al trabajo individual y colaborativo con guías de conocimiento de estudio, práctica, investigación formativa y evaluación de desempeño, evaluables, auto-evaluables, co-evaluables y hetero-evaluables.

#### 4. Implementación de SERES

La implementación conceptual, educativa y experimental de SERES sugiere una institución educativa con una visión y una misión fundamentada en áreas competitivas, medidas, umbrales y horizontes temporales<sup>1</sup> que transforme individuos en seres gestores de consecuencia tecnológica, financiera, económica y social de ¿cuándo?, ¿con qué?, ¿cómo?, ¿cuánto costará?, y, ¿cuál es su alcance?

Un ejemplo de implementación es la estrategia educativa utilizada por el CIDLIS de la UIS en el pregrado para lograr el alcance integrador entre la Universidad y el sector productivo que plantea:

- Una correlación enseñanza - práctica para que el estudiante adquiera experiencia en el pregrado y el postgrado, con proyectos de ingeniería certificables por el sector productivo<sup>2</sup>.
- El desarrollo de material educativo deducido de la estratégica institucional a los distintos programas de pregrado, particularmente, a la E<sup>3</sup>T<sup>3</sup> de la UIS.

#### 5. Conclusiones, trabajo futuro y agradecimientos

El trabajo de SERES es una estrategia de acercamiento de la Universidad y el sector productivo que integra saber, hacer y ser, con investigaciones ejecutadas por grupos y centros de investigación, generando conocimiento

y haciendo experiencia con calidad y rendimiento para la mejora social. El modelo usa TIC, modelos de calidad y estándares internacionales en la docencia, la investigación y la extensión.

El trabajo conseguido hasta el momento, es el principio para hacer productos ó servicios susceptibles de transferir recurso humano calificado ó productos útiles al sector productivo. El trabajo futuro implica la validación y desarrollo de sistemas, guías y contenidos de aplicación pública con tecnologías y normas de uso en los distintos campos del saber en las diferentes regiones colombianas.

Los participantes en el proyecto agradecen la colaboración prestada por los docentes, los directivos y las demás recursos humanos de la E<sup>3</sup>T de la UIS, quienes siempre han estado atentos a colaborar con interés en nuestras iniciativas.



Figura 2. No. ISO9000: 2000 en seres

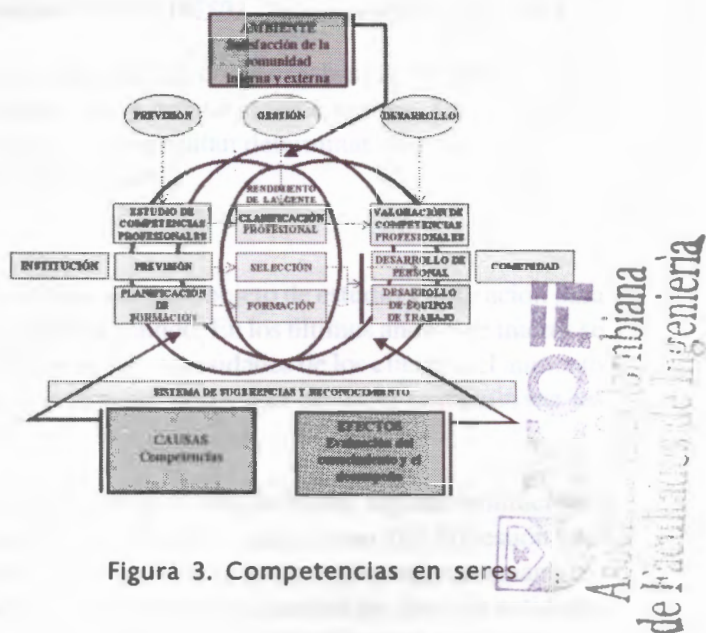


Figura 3. Competencias en seres

## Notas

1. El estado colombiano realiza exámenes (Ecades) a los recién egresados en casi todas las profesiones de la educación superior, pero no certifica o re-certifica experiencia.
2. Organismos como IEEE, ISO ó ACM definen cuerpos de conocimiento; «La Guía del Cuerpo de Conocimiento del desarrollo software» sustenta currículos de titulación y exámenes de certificación en Ingeniería del Software.
3. Por ejemplo, la residencia de médicos o la experiencia en ingeniería es exigencia de ejercicio profesional.
4. Dados los continuos cambios del conocimiento, la educación continua es una necesidad para el profesional. Por ejemplo, los cambios en medicamentos, terapias, equipo, diagnóstico ó procedimientos de tratamiento, inducen a los médicos complementar su formación inicial para asegurar competencia profesional.
5. En IEEE se conforma un comité de sectorial de expertos encargado de sintetiza las áreas y cuerpos de conocimiento proporcionado por gremios, científicos y practicantes.
6. Actualmente empresas especializadas ofrecen capacitación para preparar y hacer los exámenes por Internet.
7. © Derechos Reservados, CIDLIS de la UIS.
8. Misión y proyecto institucional; Bienestar institucional; Profesores y estudiantes; Procesos académicos; Investigación; Pertinencia e impacto social; Auto-evaluación y auto-regulación; Organización, gestión y administración; Planta física; Recursos de apoyo académico; y, Recursos financieros
9. Resultados [5] que satisfagan plena y consistentemente a estudiantes, graduados, docentes, personal, empleadores, proveedores y la sociedad en su conjunto.
10. Procesos estratégicos determinantes de la estructuración o composición y el alcance organizacional educativa.
11. LIDERAZGO para el perfeccionamiento estratégico; la gestión de la infraestructura y el ambiente de trabajo; la gestión de educadores, directivos, administrativos, financieros y economistas; y, la gestión de titulaciones.
12. Apoyo a la docencia, la investigación y la extensión y los demás procesos misionales del saber, el saber hacer y el hacer de los educandos; La comunicación interna y externa; la función administrativa; la gestión de recursos.
13. El seguimiento de la enseñanza-aprendizaje que otorga al educando reconocido sobre saber, saber hacer y hacer;
14. GNÓMETRO (© Derechos Reservados, Instituto tecnológico Iberoamericano de Informática) Sistema “Balanced Scorecard” para alinear organización, indicadores calibrables, estrategias y resultados de desempeño.
15. Utilizable en la selección de personal según competencias con entrevistas y parámetros de ingreso.
16. Atributo: cobertura. Escala de medida: demanda satisfecha. Umbral: 50 %. Horizonte temporal: 2 años.
17. Una estrategia de desarrollo de proyectos de Ingeniería en la Universidad se aprecia [9]

## Bibliografía

1. IEEE, Certification Road Map: The Journey and the Destination, Certified Software Development Professional, [http://www.computer.org/certification/cert\\_for\\_you.htm](http://www.computer.org/certification/cert_for_you.htm), 2004
2. McConnell S y Tripp L. La Certificación Profesional: Realidad ó Ficción? IEEE Software Magazine, Noviembre, 1999
3. Marmolejo L. A. y Otros, La certificación ISO 9000 y la auto-evaluación en Instituciones de Educación Superior, [www.monografias.com](http://www.monografias.com).
4. Organización Internacional del Trabajo. Calidad en organismos de formación; febrero 2004, [http://www.ilo.org/public/spanish/region/ampro/cinterfor/temas/calidad/exp\\_inst/index.htm](http://www.ilo.org/public/spanish/region/ampro/cinterfor/temas/calidad/exp_inst/index.htm)
5. Llamosa y otros. Aseguramiento de calidad en educación – ACE- CIDLIS- 2003, [www.cidlisuis.org](http://www.cidlisuis.org).
6. Llamosa y otros. “Modelo de Asociaciones Productivas Software Emergentes de Centros de Investigación y Desarrollo Universitario”, ACOFI, XXXV encuentro nacional de facultades de Ingeniería, 2003.

# Sistema de Gestión de Calidad para los Programas de Ingeniería

Martha Lucía Pérez Urrego\*  
Universidad de Ibagué - Coruniversitaria

## Resumen

La globalización de los mercados y el aumento de la competitividad en el ámbito nacional e internacional, afectan a todos los países y grupos económicos, así mismo, los obliga a establecer estrategias que estimulen el crecimiento y mejoramiento de sus organizaciones. Esto, se ve reflejado en la creación de premios, a la calidad y a la competitividad, en todo el mundo; estos premios, están determinados por características propias del país o grupo que los adopta y se basan en modelos de calidad, establecidos por las exigencias de los clientes o del medio que los rodea.

El propósito de la presente contribución es reflexionar sobre los parámetros, criterios y bases conceptuales de la calidad en la Universidad; comparar, mediante técnicas matriciales y consulta con expertos, los principales modelos de calidad para seleccionar sus características comunes, que permitan determinar los criterios para el diseño de un sistema de gestión de calidad en los Programas de Ingeniería.

## Introducción

Los procesos de mejoramiento de la calidad han sido, en los últimos tiempos, objeto de estudio y aplicación para empresas, servicios públicos y organizaciones no lucrativas en todo el mundo. En los últimos años, este interés se ha visto intensificado por la globalización de la economía, las crecientes necesidades de los clientes, el aumento de los costos por la mala calidad, las nuevas tecnologías y la urgente necesidad de hacer competitivas las organizaciones, entre otros aspectos.

La universidad no ha sido ajena a este proceso; es así como, a finales de la década de los 80, algunas instituciones de enseñanza y formación superior comenzaron a utilizar técnicas industriales de calidad, como TQM (Gestión total de la calidad), y a comienzos de los 90, la ISO 9000 es aceptada como un modelo, que permite mejorar o mantener la calidad de la enseñanza o formación que se imparte. A partir de este momento aumentan los datos de entidades formativas que adoptan estos principios, sistemas de certificación o procesos de acreditación para su gestión.

Los procesos de acreditación, en la universidad, han sido orientados hacia la autoevaluación, que se basa en herramientas de diagnóstico, diseñadas a partir de criterios y parámetros, entre los que se encuentran: el entorno institucional, estudiantes, profesores, procesos académicos, bienestar, organización, gestión, egresados, impacto social, investigación, relaciones y recursos, entre otros.

En el mundo empresarial estos procesos de acreditación son llamados de certificación, que integran el diseño de un sistema de calidad basado en normativas nacionales e internacionales, que han sido llamadas Modelos de Calidad. Los modelos, internacionalmente conocidos, han sido establecidos en los principales núcleos de desarrollo de la calidad como: Japón, Estados Unidos y Europa. En Colombia existe el Premio Colombiano a la calidad.

La universidad como ente empresarial, y los programas de Ingeniería como parte activa de la misma, pueden diseñar sus propios sistemas de gestión de calidad que les permitan preparar los caminos para la acreditación; mejorar la docencia, la investigación, la gestión, servir de instrumentos para rendir cuentas al gobierno y a la sociedad, como también, suministrar información pública y transparente al estudiante y al mercado laboral.

Los fines y propósitos de estos modelos les permiten hacer su aplicación al sector de la educación y son ellos los que dan las bases para diseñar herramientas de autoevaluación que permitan lograr certificaciones y acreditaciones por parte de los Programas académicos. Con base en estos elementos se diseña un modelo para elaborar los sistemas de gestión de calidad en los Programas de Ingeniería.



## Conceptualización

En el ámbito general de calidad, ésta es entendida como «el grado en que las características del producto o servicio satisfacen las necesidades de los clientes, ciudadanos y sociedad en general». Este concepto es aplicable a la educación, en donde el producto está relacionado con los títulos, resultados de la investigación y resultados de los servicios internos y externos; el proceso a su vez, lo está con los procesos desarrollados en la docencia, la investigación y la oferta de servicios; el cliente con los estudiantes, administrativos, empleadores, empresas, sociedad, y los beneficios con los resultados del servicio a la sociedad.

La calidad de un programa de Ingeniería se orienta desde el punto de vista del servicio, que a su vez es el producto del Programa, donde lo planeado, ejecutado y lo que el cliente espera, deben coincidir exactamente. Cuando esto sucede, se puede decir que se está bajo un enfoque de calidad total. Este enfoque permite identificar aspectos de calidad interna, relacionada con la gestión de los procesos, la que no es observada por el cliente; calidad externa, que es la percibida y valorada en el producto y, calidad corporativa que es la imagen que transmite el Programa. Estos elementos recogen lo que en el ámbito industrial se especifica como la calidad: de diseño, de fabricación y de conformidad.

Un sistema de gestión de calidad permite orientar las acciones de mejoramiento hacia el alcance de requisitos y mejores desempeños; recoge la estructura del Programa, las responsabilidades, los procedimientos, los procesos y los recursos, para definir y ejecutar métodos de trabajo que aseguren que el producto o servicio cumpla con unas especificaciones, previamente, establecidas y que satisfagan las necesidades de todas las partes interesadas. Estructurado, de esta manera, el sistema de calidad lleva a la excelencia del programa de Ingeniería.

## Metodología

El sistema de gestión de calidad de un programa de Ingeniería, se debe desarrollar a partir de un modelo de gestión, el cual es diseñado a partir de la interacción de criterios de calidad. Los criterios que se establecen, para el modelo, se han tomado a partir de los modelos de calidad internacionalmente reconocidos y que han aportado a su desarrollo. Dichos modelos son: el Europeo de Excelencia Empresarial, el Deming, el Malcom Baldrige, la norma ISO 9000 y, por pertenecer a Colombia, el Premio Colombiano a la calidad. Se utiliza el método de matrices\* enriquecido con los conceptos y aplicaciones de la matriz de relaciones, clasificada como una de las siete nuevas herramientas para la gestión de la calidad. El proceso se inicia con la elaboración de una matriz general de relaciones, que contiene los criterios de los factores de estudio, pertenecientes a cada uno de los modelos de calidad (Ver tabla 1). Posteriormente, se desarrollan matrices que permiten ir ubicando, por niveles y de acuerdo con los análisis realizados, los criterios que tengan relación entre sí, sucesivamente, hasta encontrar su máxima congruencia para obtener las relaciones comunes, entre los mismos.

Factor de estudio	Modelo Deming	Modelo Baldrige	Modelo Europeo
1 Política de la compañía y planificación	Liderazgo	Direccionamiento estratégico y despliegue	Liderazgo
2 Organización y su dirección	Política y estrategia	Satisfacción de los clientes	Planificación estratégica
3 Educación y difusión del control de la calidad	Personas	Liderazgo	Enfoque al cliente y al mercado
4 Recogida, transmisión y uso de la información sobre calidad	Alianzas y recursos (Colaboradores)	Desarrollo de las personas	Información y análisis
5 Análisis	Procesos	Gerenciamiento del trabajo diario y de la información	Desarrollo y dirección de los recursos humanos
6 Estandarización	Resultados en los clientes	Aseguramiento de la calidad	Gestión de procesos
7 Control	Resultados en las personas	Relaciones con los proveedores	Resultados empresariales
8 Garantía de calidad	Resultados en la sociedad	Desarrollo sostenible	
9 Resultados	Rendimiento final de la organización (Resultados clave)	Logros en el mejoramiento	
10 Planes futuros			

Tabla 1. Características de los modelos de calidad

Después de haber analizado cada uno de los criterios y de haber identificado algunas relaciones, se seleccionan los aspectos comunes dentro de los criterios asociados y se procede a asignar una denominación que recoja todos los elementos ubicados en cada fila, que serán los nuevos criterios que formarán parte del modelo de gestión de calidad, propuesto para los programas de Ingeniería. (Véase tabla 2).

MODELO JAPONÉS O DEMING	MODELO EUROPEO	MODELO COLOMBIANO	MODELO AMERICANO O BALDRIGE	CRITERIO PROPUESTO
•Política de la compañía y planificación	•Política y estrategia	•Direccionamiento estratégico y despliegue		•Misión y visión corporativa
	•Colaboradores •Resultados en los clientes	•Satisfacción de los clientes •Relaciones con los proveedores	•Enfoque al cliente y al mercado	•Necesidades de los clientes y proveedores
•Organización y dirección	•Liderazgo	•Liderazgo	•Liderazgo	•Organización y su dirección.
•Educación y difusión del control de la calidad	•Personal •Resultados en las personas	•Desarrollo de las personas	•Desarrollo y dirección del recurso humano	•Talento humano
•Cultura de calidad	•Procesos	•Aseguramiento de la calidad	•Gestión de procesos	•Procesos
•Recogida transmisión y uso de la información sobre calidad	•Entendimiento final de la organización	•Gerenciamiento del trabajo diario y de la información	•Información y análisis	•Medición y mejoramiento
•Resultados	•Resultados en la sociedad	•Desarrollo sostenible •Logros en el mejoramiento		•Relaciones con el entorno

Tabla 2. Selección de criterios para el modelo de Gestión de Calidad para los Programas de Ingeniería



Con el propósito de definir los criterios enunciados anteriormente, se estructura un concepto que demarca el objetivo buscado con cada uno de ellos:

**Misión y Visión Corporativa.** Muestra cómo el Programa define y desarrolla sus propósitos y estrategias que generan los valores necesarios para el éxito.

**Necesidades de los clientes y proveedores.** Corresponde al nivel en que los objetivos del Programa satisfacen las necesidades de los clientes, tanto internos como externos y las relaciones con los proveedores.

**Organización y su dirección.** Es la manera como los líderes (directores del Programa) aseguran la creación y ejecución de estrategias, sistemas, métodos y, desarrollan una fuerza de trabajo que garantiza la participación de todos y cada uno de sus integrantes.

**Talento humano.** Está relacionado con la participación de estudiantes y profesores y con las prácticas de selección, desarrollo, reconocimiento, entrenamiento y formación avanzada para su desempeño, así como, la efectiva toma de decisiones.

**Procesos.** Corresponde al análisis, diseño y desarrollo de todos los procesos del Programa, identificando aquellos clave, de soporte y de mejoramiento, para su optimización y estandarización.

**Medición y mejoramiento.** Está relacionado con la evaluación del cumplimiento de los objetivos del Programa, los procedimientos de corrección y solución de los problemas, desde su punto de origen, junto con, el desarrollo de nuevos productos que brinden valor agregado a los clientes.

**Relaciones con el entorno.** Se refiere a la responsabilidad del Programa y a sus valores éticos, en la protección, seguridad y cuidado del medio ambiente. También, a la rápida respuesta a los requerimientos del medio, que pueda tener el Programa, apoyado en la constante actualización del conocimiento y las herramientas tecnológicas, todo lo cual se refleja en el desempeño de los egresados y en la satisfacción de sus empleadores.

Los anteriores criterios fueron validados con la técnica de consulta a expertos, en donde se calificó y evaluó su aplicabilidad a los programas de Ingeniería. Posteriormente, bajo una prueba Chi Cuadrado, con un nivel de confianza del 95%, se confirmó la consistencia de los criterios de los expertos. Con base en ellos se ha diseñado el siguiente modelo.

Las relaciones señaladas en el diseño gráfico del modelo, lo presentan enmarcado en dos criterios, uno como su base filosófica representado en el mejoramiento continuo, y el otro ubicado en la parte superior, que orienta la acción, el trabajo y el propósito de los demás criterios, representado, a su vez, por la misión y visión corporativa. En otras palabras esto significa que el modelo se fundamenta en una filosofía de mejoramiento continuo en cada uno de los aspectos del Programa (incluidos los demás criterios) y el propósito fundamental o meta a conseguir que es el logro de la misión. También se puede observar que todos los criterios están interrelacionados, lo que representa la unidad de trabajo del programa de Ingeniería, entorno a los criterios y formando un sistema integral.

## Conclusiones

La implementación de un sistema de gestión de calidad, para los programas de Ingeniería, permite responder a las exigencias internas de mejora de la calidad, a contar con elementos de juicio para la toma de decisiones, en cuanto a política universitaria y, a dar cuenta ante la sociedad, del rendimiento académico y científico de los recursos que ésta pone a su disposición; también, ayuda a desarrollar metodologías y estrategias orientadas al mejoramiento de sus procesos y a su preparación para emprender acciones relacionadas con la certificación de alta calidad.

El modelo propuesto está fundamentado en una estructura de Gestión de Calidad Total que recoge los elementos definidos como prioritarios, para el logro de la calidad en el amplio contexto de los procesos de certificación y de acreditación. También, se puede apreciar que los criterios, definidos en el modelo, propician el auto-examen de los programas de Ingeniería en una cultura de la evaluación permanente.

## Bibliografía

1. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD. Premio europeo a la calidad, Pymes. 1998. 50 páginas.
2. CONSEJO NACIONAL DE ACREDITACIÓN. Lineamientos para la acreditación. Febrero de 1998. 167 páginas.
3. CORREA DE MOLINA, Cecilia. Administración estratégica y calidad integral en las instituciones educativas. 1997.
4. PEREZ URREGO, Martha Lucía. Modelo de Gestión de calidad para la pequeña empresa manufacturera del Tolima-Colombia. Julio de 2002. 450 páginas.
5. PREMIO COLOMBIANO DE LA CALIDAD. En: [www.premcol.htm](http://www.premcol.htm).
6. RODRIGUEZ GUERRA, Carlos. Gestión de la calidad del postgrado. Agosto de 2003. 50 páginas.
7. WOUTER VAN DEN BERGHE. Aplicación de las normas ISO9000 a la enseñanza y la formación. Diciembre de 1999. 20 páginas.

\*Doctora Ingeniera Industrial Profesora titular del programa de Ingeniería Industrial Universidad de Ibagué - Corunversitaria

# Sistema Integral de Medición de la Gestión para el Mejoramiento Continuo de la Calidad en la Educación

Andrea del Pilar Cortés Váquiro  
Ingeniera Industrial  
Profesional Universitario Oficina de Control Interno UTP

Fernando Cuartas Aguirre  
Ingeniero Industrial  
Especialista en Finanzas  
Docente Facultad de Ingeniería Industrial UTP

Felipe Vega González  
Economista  
Especialista en Gestión Tecnológica  
Director Oficina de Control Interno UTP



Miembros del grupo de investigación: “Gestión de la calidad y normalización técnica” de la Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira.

## Resumen

Las universidades requieren un modelo de medición soportado en la autoevaluación y la administración de indicadores. La integración de los distintos módulos que lo compongan convergiendo hacia una estructura única de medición. La evaluación del plan de desarrollo institucional, la acreditación institucional y por programas, la certificación de calidad del área administrativa, el seguimiento de los procesos misionales y de soporte y gestión, la gestión del talento humano, la evaluación del clima institucional, la administración del riesgo, complementándose para direccionar los esfuerzos de mejoramiento hacia niveles mas altos de eficiencia, eficacia y calidad.

En esencia, se trata de estructurar un modelo que permita identificar las debilidades o amenazas, con base en indicadores que funcionen como alertas frente a desviaciones con relación al cumplimiento de la misión, el logro de la visión y por lo tanto del fortalecimiento de la calidad.

## I. Sistema integral de medición de la gestión

### 1.1 El Direccionamiento estratégico y sus aplicaciones

Hablar de direccionamiento estratégico es hablar de productividad, competitividad, eficiencia, eficacia, calidad, satisfacción y mejoramiento de la calidad de vida. Estos elementos son fundamentales en el desarrollo de toda organización y cobran vida en el momento de realizar la respectiva evaluación de la gestión.

Los procesos de acreditación revisan la estructura de la planeación y la norma ISO 9000:2000 aunque no audita la planeación sí supone que éste es un proceso que ya se ha llevado a cabo en las instituciones y es el primer insumo para la implementación de un sistema de gestión de la calidad. El análisis estratégico debe ser la fuente de inspiración y generación de la política de calidad que la universidad debe establecer y de los objetivos a través de los cuáles la desarrollará.

### 1.2 El Ciclo del Mejoramiento Continuo de la Calidad

Plantea cuatro fases de carácter permanente e interrelacionadas a saber:

**1.2.1 Planear:** Desde el sistema integral de medición de la gestión se plantea que la planeación debe ser:

- **Prospectiva**

En esencia se trata de desentrañar el impacto de los escenarios futuros posibles sobre el presente. Con base en el análisis de las tendencias en todos los campos del desarrollo económico, social, político, cultural, poder dar una mayor coherencia a la acción presente a partir del proceso de la planeación estratégica que se sustente en dichas tendencias, preparando en consecuencia los recursos humanos y del conocimiento en general hacia ese desarrollo previsto.

- **Estratégica**

Genera directrices y marcos de acción hacia el futuro, identificando factores críticos o factores de éxito alrededor de los cuales deben girar las acciones de la organización. Debe estructurarse sobre la base y a partir de la planeación prospectiva y con la metodología de organización por procesos, con el enfoque común de trabajar por resultados.

La formulación e implementación de esta planeación involucra dos fases:

- *Fase Conceptual:* A través de la cual se establece todo el direccionamiento estratégico de las organizaciones, compuesto por: Análisis de todas las fortalezas y debilidades que tiene la organización y su confrontación con las oportunidades y amenazas presentes en el entorno.

Una misión concebida y armónica en términos de los resultados que la institución espera lograr en un período de tiempo determinado; una visión proyectiva, estimulante y retante para el alcance de grandes logros, indicando el tiempo en el que se espera sea alcanzada.

El establecimiento de políticas direccionadoras que generen estabilidad y posibiliten encausar el logro de los retos formulados, unas estrategias orientadoras que permitan establecer alternativas claras y precisas de actuación, un conjunto de valores y principios que orienten y estimulen el comportamiento habitual de los miembros de la Organización, hasta convertirse en parte integral de su cultura.

- *Fase Operativa:* A través de la cual se elabora en concreto el Plan de Desarrollo, estableciendo los programas, proyectos concretos, objetivos, metas, el cronograma y el presupuesto.

Enfocarse en lo fundamental es clave en el momento de determinar los proyectos concretos sobre los que se debe trabajar en una vigencia, fundamentados en la planeación prospectiva que sustente las líneas de desarrollo. Con cada línea de desarrollo se proyectan los factores claves del éxito de la organización (Investigación, Docencia, Extensión) y sobre la base de estos dos componentes se efectúa un análisis estratégico de donde emanen los resultados retantes.

Una vez establecidos los resultados que debe arrojar la organización dentro de un periodo establecido (3 a 5 años) se plantean los objetivos para cada uno y se integran dentro de proyectos que permitan su desarrollo: de esta manera queda establecido el Plan de Desarrollo de la institución.

Para la ejecución del Plan de Desarrollo se deben establecer los planes de acción en cada una de las dependencias y facultades que conforman la Institución, determinando los resultados a arrojar por cada una de ellas en el mediano plazo de un año, los objetivos a cumplir, las metas y las actividades sobre las cuales se debe trabajar.

- **Participativa**

Representantes de los tres estamentos de la institución deben estar involucrados en los procesos de planeación prospectiva y estratégica, generando así un alto sentido de pertenencia y compromiso con el cumplimiento de la misión institucional, mejorando el desempeño, la eficiencia, la eficacia y la calidad, tras el logro de los objetivos propuestos.

La participación de todos los actores es fundamental, de igual manera, en la construcción de los indicadores de gestión. Estos indicadores son los que permitirán monitorear y evaluar la gestión de la universidad y en consecuencia verificar el cumplimiento de la misión institucional.

En este aspecto juegan un papel importante los Decanos, Directores de Programas y Jefes de Dependencias, quienes son los llamados a direccionar y orientar en todo momento la vinculación del personal que tienen a su cargo dentro del proceso del ciclo de la planeación administrativa.

### **2.2.2 Hacer**

Etapa del proceso que permite definir claramente la forma de establecer las operaciones rutinarias o habituales para cumplir con los objetivos trazados y alcanzar los resultados propuestos.

Se debe partir de la definición de los resultados de rutina que la institución debe lograr. Sobre esta base se define el manual de procesos y procedimientos en el cual, las actividades, son el insumo para establecer las personas y las actividades que se requieren para lograr los resultados.

El Talento Humano que la institución requiere debe tener claramente definidas las competencias que éste debe tener de tal manera que pueda al interior de la Universidad involucrarse en el desarrollo de los proyectos del Plan de Desarrollo y en el logro de los resultados de rutina.

Identificadas las actividades que se deben llevar a cabo en la institución se establece el manual de funciones y responsabilidades base sobre la cual se establece la estructura orgánica que permita desarrollar los procesos.

El manual de procesos así establecido y el Plan de Desarrollo institucional se convierten en el insumo principal para el establecimiento del mapa de riesgos, el cual persigue identificar todos aquellos factores –externos e internos- que se interponen al logro de los resultados propuestos tanto en el día a día como en las acciones que proyectan la universidad hacia el logro de la visión.

Luego de la identificación de los riesgos inherentes a los procesos y a los proyectos planteados en el plan de desarrollo se debe pasar a la fase de análisis y valoración de los riesgos, la cual consiste en el establecimiento de la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos y el impacto que su ocurrencia causan con el fin de llevar éstos valores a una matriz de priorización que permitirá determinar cuáles requieren tratamiento inmediato; es decir, la implementación de acciones de mejoramiento que los eliminen o los reduzcan para pasar a la implementación de controles sobre aquellos riesgos que no se puedan eliminar.

Los aspectos antes mencionados permiten la implementación del Sistema de Gestión, en consecuencia se debe identificar con claridad quienes son los responsables de la realización de cada uno de ellos, cuáles son los procesos que se realizan en la universidad, la periodicidad con que se abordan y verificar si realmente se ajustan a las características propias de la misma.

### **2.2.3 Verificar.**

Es en esta fase donde cobra vida el SIMG, globalizando e integrando las dos fases anteriores. Permite hacer evaluaciones y confrontaciones – tanto particulares como de conjunto – en diferentes frentes y niveles, respecto a los resultados, objetivos, planes y programas formulados previamente y hacer las correcciones pertinentes, mediante la toma oportuna de decisiones.

El sistema concibe la organización de una manera sistémica, integra diferentes módulos que interactúan entre sí, arrojando resultados parciales que al integrarlos permite realmente conocer cuál es el grado de eficiencia, eficacia y calidad en el que se encuentra, es decir cómo realiza la gestión la Universidad y por tanto cómo es el cumplimiento de la misión Institucional.

### **2.2.4. Actuar.**

El fundamento estratégico del sistema de medición de la gestión es que sirva como base para identificar la calidad con la cual se está desarrollando el cumplimiento de la misión Institucional, en la ejecución del Plan de Desarrollo y por tanto poder introducir, de manera efectiva y continua las mejoras sobre las deficiencias y desviaciones que la medición de la gestión nos va indicando a través del tiempo.

La Misión Institucional es la que determina y compromete un tratamiento coherente, de los conceptos de eficiencia y eficacia, con la naturaleza de la organización. Esto es, medir si en la ejecución de su plan de desarrollo el comportamiento de la institución es coherente con la calidad académica requerida y si se logran los impactos proyectados en la sociedad.

Con base en esta visión, la evaluación cualitativa surge como el “momento” fundamental de todo el proceso, por cuanto es aquí cuando apoyados en las cifras, en los porcentajes que nos muestren los indicadores de los factores estratégicos, en su estado y grado de avance – eficiencia, eficacia y calidad – podremos medir la coherencia y pertinencia con la naturaleza de la entidad.

En consecuencia, el sentido fundamental de la evaluación es identificar los correctivos que conduzcan al mejoramiento continuo de la calidad y fortalecer el direccionamiento estratégico de la universidad. En el sistema de evaluación diseñado, no basta con la concreción de cifras e indicadores, sino que es indispensable deducir en el análisis de ellas las limitaciones, los obstáculos y problemas que se hayan presentado y que hayan impedido el efectivo cumplimiento de lo programado.

Los indicadores porcentuales constituyen una guía que conduce a la identificación de los elementos que humana u organizacionalmente han impedido el cabal cumplimiento de los planes en sus distintos niveles. Este proceso de análisis deberá efectuarse de manera participativa, al interior de cada dependencia académica o administrativa, en desarrollo de un proceso sistemático de autoevaluación.

El desenlace natural, dentro de la estructura metodológica que se está planteando, es la concertación e implementación de planes de mejoramiento que permitan corregir el rumbo, ajustar los planes de acción y llegar al final de cada vigencia con la ejecución y grado de avance del plan de desarrollo, sobre cuya base se entrarán a formular de manera realista los planes de acción de la siguiente vigencia.

El modelo hasta ahora planteado se resume en el siguiente gráfico 1:



Gráfico 1: Modelo de Sistema Integral de Medición de la Gestión

## Conclusiones

La presente ponencia tiene como objeto dar a conocer un sistema que permite desarrollar procesos de autoevaluación con base en indicadores de gestión establecidos en los tres niveles de medición –estratégico, táctico y operativo- y enfocado a los factores de eficiencia, eficacia y calidad. A través de dichos procesos se

crean planes de mejoramiento, tomando como insumos, los mapas de interacciones presentes en el Plan de Desarrollo y en los manuales de procesos y procedimientos de tal manera que las universidades sean vistas sistémicamente y se sustenten los procesos de acreditación y certificación necesarios.

## **Bibliografía**

1. SERNA GÓMEZ, Humberto – Indices de Gestión: Cómo diseñar un sistema integral de medición de gestión, 3R Editores, 2001
2. SERNA GÓMEZ, Humberto – Gerencia estratégica: Planeación y gestión. Teoría y metodología, 3R Editores, 2000
3. CORTES VÁQUIRO, Andrea del Pilar – “Diseño de un sistema integral de medición de la gestión para el mejoramiento continuo de la calidad en la UTP. Octubre 3 de 2003. Pereira
4. ESTADISTICAS E INDICADORES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 1999



# Software para la Gestión Académica de Programas de Educación Superior

Luz Mayela Ramírez O.  
Luz Stella Uricoechea M.  
Fernando Bermúdez  
Ramiro Merchán P.

Facultad de Ingeniería de Sistemas – Universidad Católica de Colombia

## Resumen



La cultura de la calidad en la prestación del servicio en instituciones del sector educativo, concibe un cliente que requiere de un servicio, lo recibe y se beneficia de él; su optimización es una responsabilidad social, sobre la cual recaen factores de diversa índole económica, ética, pedagógica, profesional y cultural. En la actualidad las demandas exteriores de los sistemas educativos (gobierno, estudiantes, empresarios, sector productivo) se incrementa cada vez más, presionando sobre el desarrollo de los recursos y la eficacia de la organización. El reacomodo de las formas de operar exige la adopción de herramientas informáticas de apoyo para la gestión académica y administrativa para el mejoramiento continuo. Mediante su uso, se facilita el cambio cultural requerido ante las nuevas exigencias que enfrentan las instituciones de educación superior y se convierten en factor de ventaja competitiva que garantizan su continuidad y mejora.

## Introducción

Desde varias décadas atrás el tema de la Calidad ha estado inherente a la mayoría de los sectores, principalmente el manufacturero. En el sector educación, el tema ha tomado impulso en los últimos años y especialmente se han fijado una serie de medidas desde los gobiernos tendientes a incentivar la cultura de la calidad en la prestación de este servicio: Decretos de registro calificado, lineamientos de acreditación de alta calidad, exámenes de estado de la educación superior, créditos académicos, entre otras.

No es que la aparición de dichas medidas creen la necesidad de calidad en la educación, sino que tienden a establecer parámetros básicos para determinar fortalezas y oportunidades de las instituciones, inconscientes de muchos de los aspectos relacionados con el tema de Calidad en Educación Superior.

Dentro de los procesos de gestión de calidad en las instituciones educativas, se piensa en un cliente que requiere un servicio, lo recibe y a su vez se beneficia de él, de tal manera que la optimización de dicho servicio se convierte en una responsabilidad social, sobre la cual recaen factores de diversa índole: económica, ética, pedagógica, profesional y cultural. En la actualidad las demandas exteriores de los sistemas educativos (gobierno, estudiantes, empresarios, sector productivo) se incrementa cada vez más, presionando sobre el desarrollo de los recursos y la eficacia de la organización.

En este orden de ideas, el sector de la formación continua se está convirtiendo en un sector consolidado y maduro dentro del sector productivo “servicios”. Esto significa que las escuelas, universidades y formadores deben ofrecer un mayor rendimiento, comportarse de manera más profesional y ofrecer permanentemente servicios de calidad, y comprender que la calidad:

- Se ha convertido en una exigencia de la sociedad actual (incremento del espíritu crítico sobre la educación)
- Es un factor de cambio, flexibilidad y personalización (requisitos de cualificación variables y complejos)
- Supone compromiso (responsabilidad de las IE que deben demostrar las exigencias sobre sus servicios)
- Implica a muchos agentes (administrativos, directivos, docentes, estudiantes comunidades...)
- Permite conocer resultados de las acciones formativas emprendidas
- Obliga a la transparencia, proyectada en una cultura de la calidad

## Apoyo automatizado

El concepto de calidad educativa es multidimensional, relativo y contextual, puesto que permite ser definido desde múltiples perspectivas, con intereses y en situaciones diversas. Para Bernillón y Cerruti (1989) calidad consiste en hacer bien el trabajo desde el principio, responder a necesidades de los usuarios (estudiantes, docentes, administrativos etc.) administrar óptimamente, actuar con coherencia, disfrutar y ofrecer lo mejor de uno mismo, evitar fallas, ser eficaz, eficiente y productivo. La interpretación apropiada de los conceptos de Calidad obliga a que las instituciones reacomoden sus formas de trabajo y las enfoquen de acuerdo a las necesidades de orden nacional e internacional

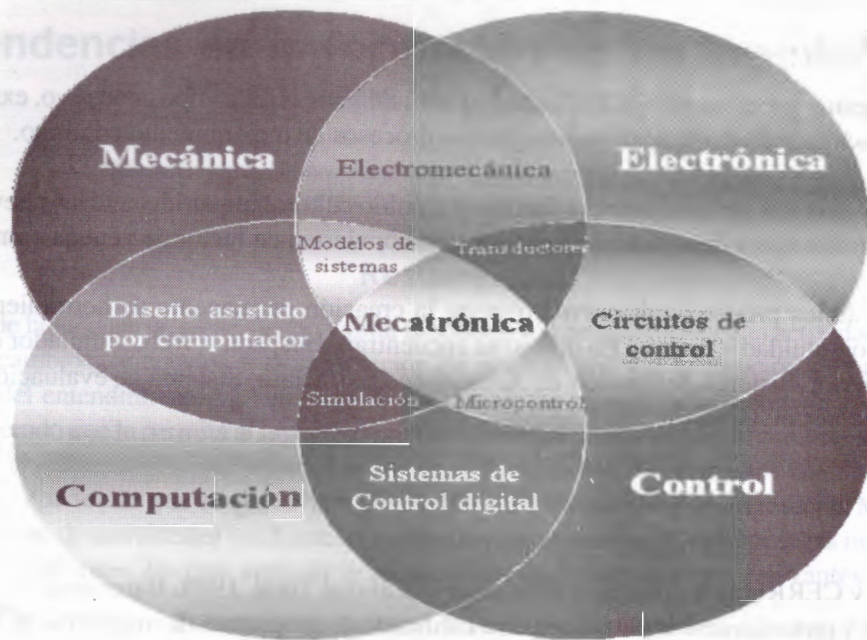


Mapa de procesos

La operativización en función de las variables expuestas en el mapa anterior, requiere la comprensión de los procesos del sistema de gestión de calidad y su personalización a los procesos específicos de la Institución Educativa. Este reacomodo de las formas de operar exige a las instituciones la adopción de herramientas informáticas para facilitar y controlar el proceso. El software existente en el mercado apoya parcialmente los procesos de gestión de calidad en la educación, por tanto, en la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Católica, el proyecto de desarrollo de herramientas informáticas de apoyo para la gestión académica y administrativa es el resultado de la siguiente metodología de trabajo:

1. Construcción del mapa de procesos de la facultad, a la luz de la personalización de los sistemas de gestión de calidad.
2. Identificación de fortalezas y debilidades de los procesos identificados
3. Identificación de requerimientos de software para apoyar los procesos
4. Integración de requerimientos en herramientas de software
5. Formulación de proyectos para el diseño y desarrollo de las herramientas de software
6. Implementación de las herramientas de software

De la personalización de los procesos se destacan, por el impacto en el mejoramiento del servicio, tres (3) grandes procesos que se apoyan en las siguientes aplicaciones informáticas:



La primera, HESPADA-C, ayuda a diseñar y administrar los cursos o asignaturas; la segunda, SIGAFIS, facilita la planificación, desarrollo y seguimiento del proceso de autoevaluación y la tercera, SIDORC, optimiza los procesos de comunicación interna a través de la estandarización de los procesos. Las características principales de las tres herramientas mencionadas se sintetizan a continuación:

- Herramienta Sistematizada para diseño de cursos (HESPADA- C)<sup>1</sup>**: Modela el trabajo en grupo para el diseño de cursos, facilita la interacción entre docentes especialistas, especialistas en pedagogía, directores de área y directivos, y permite el seguimiento sobre temáticas y desarrollo de los contenidos de los diferentes cursos o asignaturas. Es un sistema de información que facilita la administración de los procesos curriculares, incluye: diseño y desarrollo de los programas, definición de núcleos temáticos, planeación y desarrollo de cursos, temas, contenidos, prácticas pedagógicas para el aprendizaje autónomo, estrategias de evaluación, bibliografía, recursos para el aprendizaje.
- Sistema de Información para la Gestión de la Autoevaluación (SIGAFIS)<sup>2</sup>**: Apoya el seguimiento a la Autoevaluación de cada uno de los de los procesos curriculares de la Facultad, así como el control de las inquietudes, recomendaciones y expectativas que surjan de los miembros de la comunidad educativa. Fue diseñada para crear y administrar instrumentos de autoevaluación desde diferentes escenarios tales como los lineamientos para la acreditación voluntaria, los decretos de registro calificado y las Políticas institucionales, entre otros. Su diseño se fundamenta en los requerimientos de Auditorias Internas de Calidad de la Norma ISO, es decir, es un planificador y soporte para la realización de ciclos de autoevaluación. Administra la conformación de grupos de autoevaluación, notifica de la realización de evaluaciones, facilita el acuerdo entre evaluadores y evaluados, y registra hallazgos y recomendaciones para su posterior seguimiento.
- Sistema de Información para el Control de la Documentación (SIDORC)<sup>3</sup>** organiza y consulta los documentos referentes a todos los procesos académicos y administrativos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas. Se compone de los siguientes módulos: Nomenclador de documentos, administración, consultas, almacenamiento, control de documentos. Su diseño se fundamenta en el modelamiento de trabajo en grupo para mantener actualizada la documentación organizacional prevista en los postulados de documentación de la norma ISO: Responsables por la creación, modificación y eliminación de documentos, lista de usuarios autorizados para la lectura de documentos, control de versiones, sistema único de información documental y manejo de documentos obsoletos.

<sup>1</sup> Diseño, Programación y Documentación realizada por Angélica Hernández, Carlos Montoya, Samanta Quintana y Wilson Zarate, estudiantes de décimo semestre - 2002  
<sup>2</sup> Diseño, Programación y Documentación realizada por Lena Acosta, Liliana Guzmán, Luz Ángela González y Oscar Bustos, estudiantes de décimo semestre - 2002  
<sup>3</sup> Diseño, Programación y Documentación realizada por Angélica Galindo y Yesenia González, estudiantes de décimo semestre - 2003

## Conclusiones

- Los retos impuestos por el mundo globalizado, específicamente en el campo educativo, exigen de las instituciones la utilización de herramientas que apoyen los procesos de mejoramiento continuo.
- Mediante el uso de estas herramientas, se facilita el cambio cultural requerido ante las nuevas exigencias que enfrentan las instituciones de educación superior y se convierten en factor de ventaja competitiva.
- El dinamismo de los procesos educativos impone la creación permanente de herramientas de apoyo que garanticen su continuidad y mejora. En diseño se encuentran: Hespada – Web, Simulador de Exámenes de la Educación Superior, Sistema de Gestión de Actividades Extractase, Sistema de evaluación del aprendizaje, Base de Indicadores de Gestión.

## Bibliografía

1. BERNILLON y CERRUTI, Implantar y Gestionar la Calidad Total, 1989, Barcelona.
2. CNA, Criterios y procedimientos para el registro calificado de programas de ingeniería, ICFES, Bogotá, Julio 2001
3. CNA, Lineamientos para la Acreditación Institucional, ICFES, Bogotá, Junio 2001
4. DE MIGUEL, La Evaluación de los Centros Educativos. Una aproximación al enfoque sistémico, 1997 En Revista Investigación Educativa, Vol. 5, #2.
5. GAYA, Gestión Académica y Administrativa, CIDLIS, Universidad Industrial de Santander, 1999
6. NORMA ISO 9001:2000, Sistema de Gestión de Calidad, ICONTEC, Bogotá, 2000
7. PROYECTO EDUCATIVO, Diseño Curricular y Plan de Estudios, Facultad de Ingeniería de Sistemas, Universidad Católica de Colombia, 1996.

# Tendencias en la Formación de los Ingenieros Mecánicos en Colombia

María Eugenia Muñoz Amariles – [memunoz@unalmed.edu.co](mailto:memunoz@unalmed.edu.co)  
Universidad Nacional de Colombia – Medellín

## Resumen

En la prospectiva de la ingeniería, sigue siendo válida la concepción de que ésta es una actividad caracterizada por la producción de cambios, orientados a la satisfacción de necesidades y a la solución de problemas técnicos, logrados a través del entendimiento y el manejo de los conceptos científicos que respaldan la tecnología, y la aplicación de un método que le permita al ingeniero producir el mejor cambio posible, con los recursos disponibles.

En la investigación curricular que respalda la reforma del plan de estudios de Ingeniería Mecánica 2005, se desarrollaron una serie de actividades tendientes a evidenciar los aspectos que debe tener la ingeniería Mecánica en una proyección a 10 años. En éste artículo se puntualizan los resultados más relevantes del estudio en los siguientes aspectos:

- Novedades y las obsolescencias en áreas del conocimiento del plan de estudios y la realidad temática de los exámenes de estado ECAES
- La discriminación de las horas de docencia presencial por tipo de trabajo académico en cada área
- Actividades, situación y tendencias en la demanda de los ingenieros en los subsectores de la industria manufacturera nacional y regional.
- Políticas de desarrollo nacionales y regionales de interés para la Ingeniería Mecánica.
- Prospectiva de los requisitos de formación de los ingenieros en Colombia. Este fue uno de los ejes centrales de la reforma, dado que se encontró que no basta profundizar la formación en una u otra área del conocimiento para ser un buen profesional; El profesional más adecuado es aquel que, además de conocimientos, tiene habilidades, actitudes e intereses compatibles con su función. Los estudios reiteraron en la tendencia a valorar y potenciar en los profesionales el capital intelectual, el capital humano y los talentos.

## I. Introducción

La revisión de programas curriculares del ámbito internacional, el conocimiento de las políticas de desarrollo y los frentes de trabajo regionales, son ingredientes fundamentales para la estructuración de un currículo que forme a un ingeniero que atienda al movimiento internacional de la profesión, con los conocimientos fundamentales que le permitan ser capaz de responder a las exigencias del quehacer profesional en el contexto internacional, sin perder de vista las necesidades regionales y nacionales.

Para cumplir con esos fines se llevó a cabo la exploración de programas de Ingeniería Mecánica ofrecidos en el exterior y en el territorio colombiano y se analizaron dos proyectos centrados en los contenidos mínimos de la Ingeniería Mecánica en el contexto nacional e iberoamericano<sup>1</sup>, con el propósito de:

- Modernizar el currículo, tanto en los contenidos como en la incorporación de nuevas tecnologías y herramientas de simulación y Modelamiento.
- Encontrar el equilibrio entre las áreas fundamentales y complementarias del plan de estudios.
- Eliminar los contenidos superficiales, las reiteraciones, los que impliquen especialización y la obsolescencia en algunos otros.

Con ello se pretende facilitar la movilidad estudiantil entre instituciones que impartan el programa de Ingeniería Mecánica y la formación de un ingeniero de talla internacional en su formación básica.

Adicionalmente se realizó una exploración de las políticas y de los frentes de trabajo regionales de la ingeniería mecánica y las necesidades de desarrollo en los diferentes campos de acción del ingeniero mecánico en el ámbito local y nacional, con el propósito de obtener elementos para la elaboración del perfil del ingeniero e identificar y/o fortalecer los frentes de trabajo alrededor de los cuales se pueden mover las líneas de profundización, las electivas y el trabajo de grado.

## 2. Referentes internacionales y nacionales<sup>2</sup>

Se seleccionaron programas de Ingeniería Mecánica teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Seleccionar una muestra de cobertura internacional (Latinoamérica, Norte América, Europa, Oceanía, Asia) dado que la profesión es tradicional y así evitar características propias de las regiones.
- Seleccionar universidades que pertenecieran a la Asociación Internacional de Universidades, con el fin de evitar aquellas instituciones que no tienen reconocimiento internacional (análisis de la bibliografía utilizada).
- Verificar que la misión y las metas de formación estén de acuerdo con las establecidas por la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos o la establecida por la organización internacional del trabajo o la planteada por el documento de actualización y modernización del currículo en Ingeniería Mecánica.

### 2.1 Determinación de la Estructura y el Peso de Áreas y Subáreas

El estudio se centró en la determinación y análisis de las áreas y subáreas del conocimiento que tienen el carácter de obligatorias para un profesional de Ingeniería Mecánica de talla internacional, es decir, aquellas áreas que constituyen los pilares fundamentales de la formación. Para llevar a cabo esta tarea fue necesario buscar referentes externos para asegurarse de no excluir áreas por desconocimiento e incluir las de especialización del profesorado, que no estén dadas por los avances en los campos de la profesión y además eliminar áreas o prácticas que ya no se aplican. En la Tabla 1 se presenta la estructura resultante de áreas y subáreas inscritas en los campos de formación básica y profesional.

Para evaluar la realidad de planes equivalentes a nivel internacional y nacional se realizó un análisis comparativo, en tres niveles: distribución de asignaturas, distribución horaria y distribución temática en la estructura de áreas y subáreas del conocimiento en los campos de formación básica y profesional entre 40 referentes internacionales y 11 nacionales en el siguiente orden de acciones:

- Clasificación y distribución de las asignaturas<sup>3</sup>, de las intensidades horarias<sup>4</sup> y de los temas<sup>5</sup> de las asignaturas obligatorias dentro de la estructura de áreas y subáreas definidas previamente.
- Para tener una escala que permita comparar el peso de las áreas entre las diferentes instituciones, se decidió tomar como métrica el peso en porcentaje. De ese modo, cada programa tiene el 100% representado en el total de sus asignaturas, horas y temas respectivamente.
- Para la determinación del peso global de las áreas en el contexto internacional y nacional se tuvo el cuidado de evitar el sobredimensionamiento por especialidades de las instituciones analizadas en las tres distribuciones, en ese sentido se tomó la decisión de obtener el peso de las áreas mediante la aplicación de un análisis del consenso de la población (universidades). El peso elegido para el área, tanto para la muestra internacional como la nacional, es aquel que registró un consenso del 70% de las universidades (Ver Tabla 1).

El peso del componente flexible para todas las distribuciones, se determinó a partir de los resultados del análisis del consenso del 70% de las universidades en los estudios de distribución horaria, debido a la gran variedad de modalidades de actividad académica en este componente<sup>1</sup>. En la Figura 1a se presenta el resultado de los pesos por áreas sin tener en cuenta el componente flexible y en la Figura 1b se presenta el peso global del plan de estudios (componente obligatorio + flexible).

En la muestra internacional de la figura 1a observe que, aunque los 3 niveles de análisis tienen diferente grado de precisión, no se encontraron diferencias marcadas entre sus resultados, este gráfico es oportuno, porque sirve



Tabla 1. Áreas y subáreas identificadas dentro de los campos de formación básica y profesional

como instrumento para evaluar los resultados de la determinación de los pesos por los tres caminos escogidos; Con las distribuciones horarias se obtiene un peso más real del área del que puede obtenerse con la distribución por materias (una materia puede ser de 2, 4 o 6 horas), a ello se deben las leves diferencias entre ellas, pero podemos decir que la muestra de asignaturas con 40 programas en cierta forma valida los resultados de la muestra horaria de 29 programas y los de la muestra temática de 15 programas. Esta última es la que permite obtener el peso de las subáreas (tabla 1) dado que la distribución de temas se pudo hacer al nivel de las subáreas definidas.

Al considerar el peso global del plan de estudios de la figura 1b es posible afirmar que:

- En Colombia los planes de estudios se encuentran sobredimensionados en las áreas de Física y Procesos de Manufactura, subdimensionados en Mecánica y Diseño y falta un poco de trabajo en Modelamiento.
- El proyecto exámenes de estado para los IM presentan sobredimensionamiento en las áreas de Física, Química, Materiales, Procesos, Económico-Administrativa y ambiental. Y subdimensionamiento en las áreas de Mecánica y Diseño, Termofluidos y Modelamiento. En el área de Matemáticas los referentes no registraron formación en geometría, álgebra y trigonometría; se considera que el aprendizaje de estos temas se da en educación secundaria y debe hacer parte del examen del icfes para los estudiantes de grado 11. Estas diferencias se llevaron al seminario taller sobre los exámenes de estado en ing Mecánica, celebrado en Pereira y promovido por el Icfes y Acofi<sup>2</sup>, y permitió demostrar la sospecha que tenían los directores de programa asistentes al taller, de que el proyecto de exámenes tenía grandes pesos en áreas que no constituyen los pilares fundamentales de la profesión.

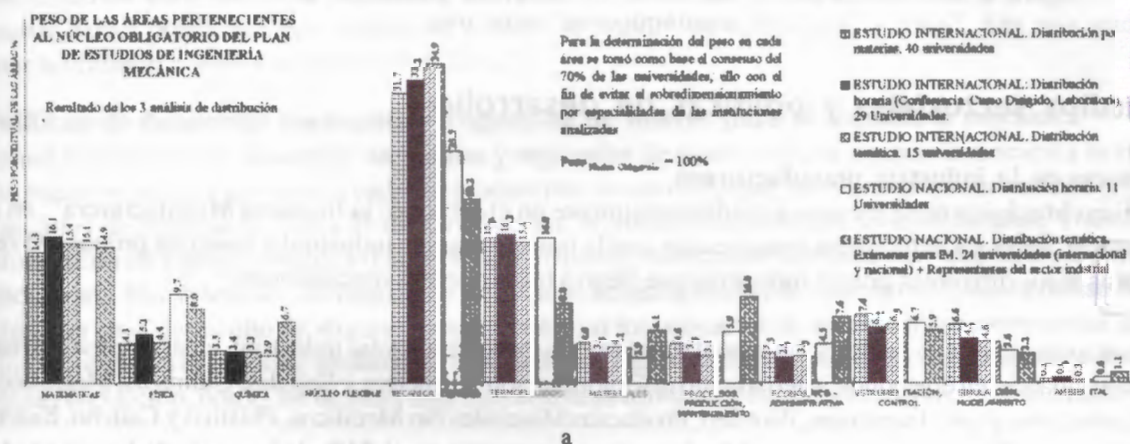


Figura 1. Resultado de los pesos de las áreas obtenidos mediante el análisis por consenso del 70% de las universidades en las 3 distribuciones estudiadas (por materias, horaria y temática). a) peso de las áreas dentro del plan obligatorio. b) peso global de las áreas (componente obligatorio + componente flexible).

## 2.2 Discriminación de las Horas de Docencia Presencial por Tipo de Trabajo Académico en cada área

Se consideró importante revisar cómo es la distribución horaria con acompañamiento del docente, de acuerdo al tipo de trabajo que es más adecuado en cada área, así por ejemplo en el área de Máquinas Termofluidas es importante que el estudiante tenga un buen soporte teórico y un acercamiento al comportamiento real de las máquinas (construya sus curvas características) ello le brinda elementos para su selección y diseño. El tipo de trabajo se discriminó de la siguiente manera:

- *Conferencias.* Son clases teóricas
- *Curso dirigido o tutoría.* Son clases en las que el estudiante participa activamente en talleres de resolución de problemas o tutorías de clases prácticas de diseño o de dibujo
- *Laboratorios o prácticas.* Incluye los laboratorios de pruebas y ensayos y el uso de sistemas computacionales (cuando las asignaturas son asistidas por computador)

La clasificación se llevó a cabo con 13 programas del contexto internacional como se ilustra en la Figura 2. la distribución se expresa como el peso porcentual de cada modalidad de trabajo dentro del peso registrado por el área.

Como puede apreciarse, sigue siendo significativo el trabajo teórico de conferencia síntesis y discusión de la teoría, es muy importante el apoyo de laboratorio o herramientas informáticas en las áreas de Química, Física, Procesos, Modelamiento y Control. Para las áreas que son pilares fundamentales de la profesión (Mecánica y Termofluidos) es esencial el trabajo de apoyo en tutorías o talleres, tanto como el de laboratorio.

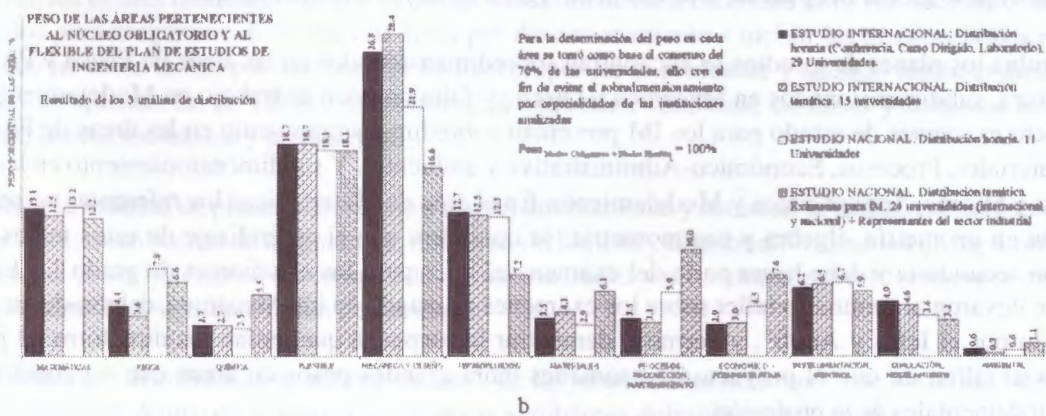


Figura 2. Discriminación de las horas de docencia presencial por tipo de trabajo académico en cada área.

## 3. Estudios sectoriales y políticas de desarrollo

### 3.1 Sectores de la industria manufacturera

El ingeniero Mecánico tiene presencia fundamentalmente en el sector de la Industria Manufacturera<sup>9</sup>; en el que se desarrollan todas las actividades relacionadas con la transformación industrial y materias primas. Al realizar los análisis de los diferentes grupos industriales se llegó a las siguientes conclusiones:

Los subsectores activos de la industria manufacturera en la producción total industrial, en el empleo permanente y en la participación en el producto interno bruto en Colombia son: Alimentos y Bebidas, Químicos, Metalmeccánico, Textil Confección, Papel-Imprimerías, Petróleo, Productos Minerales No Metálicos, Plástico y Caucho, Siderurgia, Cuero, Madera y Tabaco. La ingeniería Mecánica tiene presencia en el 73% de las actividades generadas por estos subsectores en los siguientes frentes: diseño de sistemas mecánicos, especificación y verificación de métodos de producción o instalación, establecimientos de normas y procedimientos de control para garantizar el



funcionamiento y la seguridad de máquinas y equipos industriales, organizar y dirigir el mantenimiento y reparación de máquinas, analizar aspectos tecnológicos de materiales entre otros.

### **3.2 Evaluación de las Actividades y Situación de los Ingenieros en la Industria**

En general la incorporación de tecnología se realiza con agentes internacionales, la participación nacional es poco significativa. pero ingenieros colombianos que participan en estas actividades son bien calificados por los empresarios, pero son poco importantes para negociar tecnología, de modo que es necesario que los ingenieros adquieran formación en Gestión Tecnológica.

Las actividades técnico-económicas son las que demandan mayor disponibilidad de tiempo en horas/ingeniero, en la totalidad de las empresas (ente el 35% y el 53%). Las actividades financiero-administrativas demandan entre el 20% y el 30% de la disponibilidad del los ingenieros. Las actividades de investigación y desarrollo se encuentran en tercer lugar con promedios de tiempo inferiores al 20%. En general los ingenieros Mecánicos, Industriales y Eléctricos, son los preferidos para desarrollar las actividades técnico-económicas y los industriales y de sistemas las financiero-administrativas. Para la investigación y desarrollo, los más demandados son los Químicos, Mecánicos e Industriales.

El mayor porcentaje de ingenieros vinculados en la industria corresponde a las especialidades de ingeniería mecánica (20.8% del total del sector industrial), ingeniería industrial (18.6%) e ingeniería química (16.8%).

La mayoría de los ingenieros ocupados (76%) sólo tienen nivel de pregrado; una quinta parte (20%) es especialista y es muy baja la población con mayores niveles de formación (4%), la participación relativa de los ing Químicos y Mecánicos en los ocupados con postgrado está muy por encima de la que tienen en los ocupados con pregrado.

La universidad de más tradición es la que ocupa la demanda de ingenieros en las empresas más progresistas dentro del sector productivo colombiano. Su demanda se orienta a una decena de universidades reconocidas y de prestigio, que juegan papeles relativos distintos según los programas.

### **3.3 Tendencias ocupacionales y desarrollo sectorial**

Las tendencias ocupacionales del sector metalmecánico están orientadas hacia el desarrollo de las siguientes áreas: transporte, Confección, transmisión y transformación de energía eléctrica.

La gran variedad de actividades ingenieriles identificadas para promover el desarrollo tecnológico y el mejoramiento continuo de las empresas vinculadas con el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (Tabla 2), confirman las afirmaciones de empresarios y especialistas en educación superior en las que manifiestan que “las profesiones no existen bajo la forma de disciplinas, sino bajo la forma de prácticas con soportes multidimensionales del conocimiento que implican la reunión de disciplinas”; “las tendencias en el medio laboral requieren que los ingenieros deben prepararse para adaptarse a cambios rápidos de actividades y roles”, hay una tendencia a eliminar las fronteras entre disciplinas (Ver Tabla 2).

### **3.4 Políticas de desarrollo nacionales y regionales de interés para la ingeniería mecánica**

Al evaluar las políticas de desarrollo nacionales y regionales de interés para la ingeniería mecánica se encontró, que los sectores identificados como cadenas productivas promovidas por los entes gubernamentales pertenecen a los sectores de Transporte, Fibra-Textil-Confección, Agroindustria e industria de Alimentos, Transmisión y Transformación de Energía eléctrica (también fueron identificados como sectores muy activos en la producción total industrial). En ese sentido, los ingenieros mecánicos tienen la misión de contribuir al avance industrial con su participación en el desarrollo de alianzas estratégicas y en los proyectos de inversión que promuevan la modernización tecnológica del aparato productivo: reposición de maquinaria, adaptaciones tecnológicas y diversificación de la producción, con el fin de tener una mayor competitividad y entrar al comercio internacional

Los estudio prospectivos y las políticas gubernamentales coinciden en el impulso a la incorporación de alta tecnología y a la introducción de productos de mayor valor agregados en las empresas del sector industrial con el propósito de incursionar en mercados internacionales.

Asociación Colombiana

Administración de empresas, control y capacitación de personal  
 Disminución del riesgo de accidentes de los operarios  
 Asimilación y adaptaciones tecnológicas  
 Negociación de tecnología  
 Interventoría  
 Servicios técnicos  
 Formulación de proyectos de mejoramiento continuo  
 Diseño, análisis, evaluación y control de proyectos de ingeniería.  
 Registros tecnológicos de procesos productivos  
 Ventas industriales  
 Investigaciones científicas y aplicadas  
 Desarrollo de proyectos de transferencia tecnológica  
 Diseño, construcción y puesta a punto, de equipos automáticos y líneas de procesos  
 Disminuir el porcentaje de pérdidas de productos causadas por procesos no controlados  
 Diseño, fabricación y puesta a punto de máquinas y de los componentes de un equipo, que han de insertarse en una línea de producción o de prototipos  
 Modificación del diseño (Rediseño) de máquinas y/o piezas  
 Optimización de la operación de máquinas existentes  
 Determinación de materiales, costos, tiempos y especificaciones de diseño para sistemas mecánicos y maquinaria y selección de partes y equipos  
 Definición y desarrollo de instrumentos de diagnóstico tecnológico e Implementación de procesos para evaluar líneas de producción  
 Implantar sistemas de mantenimiento productivo (correctivo y preventivo) de máquinas y equipos industriales  
 Montaje de equipos y plantas industriales  
 Identificación de proyectos de mejoramiento de la producción  
 Diseño e implementación de los procesos que intervienen en la transformación de un producto  
 Implementación de sistemas de aseguramiento de la calidad en las líneas de producción  
 Documentación de los procedimientos llevados a cabo dentro de los procesos productivos de la empresa  
 Aceleración de la cadena productiva por medio de la disminución del número de actividades o tareas que no agregan valor al producto  
 Ejecución e interpretación del Ensayo de materiales  
 Selección técnica del material más adecuado para la fabricación de elementos constructivos de sistemas mecánicos y maquinaria  
 Capacitación del personal en técnicas adecuadas de selección de materiales y procesos que lleven a reducir costos de mantenimiento

Tabla 2. Actividades en las que participan los IM, identificadas en una muestra de 303 empresas colombianas vinculadas al Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia

### 3.5 Prospectiva de los requisitos de formación de los ingenieros

Las industrias y los empresarios han expresado con frecuencia que los graduados de ingeniería tienen una sólida formación en los principios fundamentales de la ciencia, las matemáticas y la ingeniería pero que carecen de habilidades para la comunicación, el trabajo en equipo multidisciplinario y conciencia de las consideraciones sociales y éticas asociadas con la profesión. Ellos tienen la opinión de que “los ingenieros se caracterizan más por su acercamiento sistemático a la solución de problemas que por su saber específico y sostienen que el énfasis en la carrera involucra una serie de atributos que podrían no ser encontrados explícitamente en un flujograma de cursos de estudios (flexibilidad, comunicación, trabajo en grupo, etc)”.

Es importante que el ingeniero adquiera la madurez y las condiciones para enfrentar los retos que imponen las sociedades de hoy como la proliferación de información; el desarrollo tecnológico, que tiende a disminuir las fronteras entre las disciplinas; la globalización del mercado, que exige conocimientos culturales y económicos casi al mismo nivel de las habilidades tecnológicas; el deterioro del ambiente; la responsabilidad social de las estructuras corporativas participativas; los cambios tecnológicos rápidos que obligan a obtener una formación para el aprendizaje de por vida.

El énfasis del ingeniero requerido por los empresarios se dirige más hacia las definiciones de los perfiles actitudinal y/o prospectivo, los cuales van ligados a las habilidades y actitudes inherentes del individuo, estos aspectos le facilitarían interactuar en un medio donde aspectos como; el trabajo en equipo, el aprendizaje de por vida, la sensibilización hacia el desarrollo sostenible, los avances en las comunicaciones, el trabajo entre las diferentes disciplinas le darán la formación integral que requiere el profesional en la actualidad. Ir a la vanguardia es fortalecer los conocimientos específicos de la carrera y vivificar las actitudes y habilidades que le ayudan a realizar mejor su trabajo.

La propuesta del desarrollo de un proceso de formación integral en la universidad en Colombia implica la formación de profesionales éticos, ciudadanos democráticos y equitativos, recreadores de su propia cultura; profesionales competentes capaces de insertarse en los procesos de desarrollo científico y tecnológico del país y del mundo globalizado; profesionales investigadores capaces de generar y circular el conocimiento; profesionales comprometidos con el desarrollo sociocultural del país y de su región.

En el estudio realizado con 15 instituciones de educación superior y 84 empresas colombianas tecnológicamente progresistas, de 5 ciudades colombianas, se presentan en detalle las principales tendencias y recomendaciones respecto a la formación en las facultades de ingeniería: Rápido cambio de actividades y roles. La ampliación del campo de acción de la ingeniería. El trabajo en equipo. El trabajo interdisciplinario. Cambio en la naturaleza del empleo. La internacionalización. Creación de nuevos negocios.

## Notas

- 1 El proyecto Troncales Curriculares para Carreras de Pregrado, promovido por las Universidades de los países del convenio Andrés Bello. Uno de sus objetivos consiste en establecer las equivalencias en títulos de pregrado en ciencias básicas e ingeniería (incluyendo la Mecánica) a partir de la caracterización de los currículos mínimos obligatorios, del nivel de los cursos y prácticas obligatorias.  
El documento "Contenidos Básicos de la Ingeniería Mecánica" realizado dentro del proyecto exámenes para IM en Colombia.
- 2 Referentes internacionales: Michigan, Purdue, Sao Paulo, California, U Pública de Navarra, Auburn, Cadiz, San Sebastián, Western, Carlos III de Madrid, École Polytechnique de Lausanne, Queen'S, País Vasco, Leuven, Pontificia Universidad de Chile, U Autónoma De México, Tecnológico Nacional, Puebla, Florida, Buenos Aires, Virginia, Universidad de Laval, Québec Á Tríos Riviere, Montreal, Ottawa, Standford, Ryerson, Washington, Tokio Technology, Tecnológico de Monterrey, Escuela Técnica Industrial de Barcelona, British Columbia, Technion Israel Institute, Liverpool, Mit, Escuela Superior de Ingenieros Mecánicos y Eléctricos, Universidad Católica de Córdoba, L'Ecole Universitarie D'Ingeneurs de Lille, Wisconsin, Paul Sabatier, Convenio Andres Bello.  
Referentes Nacionales: Universidad Industrial de Santander, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional sede Bogotá, Universidad de Pamplona, Universidad de los Andes, Univesidad del Atlántico, Universidad del Norte, Universidad Eafit, Tecnológico de Pereira, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Universidad del Valle, Proyecto Exámenes de Estado IM Colombianos.
- 3 Clasificación y distribución de las asignaturas obligatorias de 11 planes de estudio de universidades colombianas y 40 universidades del contexto internacional. En este caso la distribución se realizó solamente sobre las áreas debido a que por el nombre de algunas asignaturas era difícil ubicarlas dentro de las subáreas; por ejemplo, en el área de matemáticas, algunas universidades tienen las asignaturas con nombres genéricos como Matemáticas I, II, III, etc, con esos nombres ¿cómo es posible saber cual corresponde a la subárea de calculo diferencial o álgebra lineal?.
- 4 Distribución de las intensidades horarias de las asignaturas obligatorias de 29 planes de estudio de universidades del ámbito internacional (de los 40 planes seleccionados inicialmente solo se pudo acceder a la información de 29) dentro de la estructura de áreas y subáreas. Dado que la distribución horaria es la métrica para la distribución curricular en la Universidad Nacional de Colombia fue necesario realizar un trabajo con las horas o el equivalente en créditos de los referentes.
- 5 Clasificación y Distribución de los temas de las asignaturas obligatorias de 15 planes de estudio del contexto internacional y la distribución de los temas obligatorios contemplados en el Examen de Estado para los IM colombianos (sin incluir el componente humanístico) dentro de la estructura de áreas y subáreas.

- 7 Por ejemplo, en las universidades en las que se tiene establecida la practica industrial; esta cuenta dentro de la distribución por materias como una asignatura a la que el estudiante le dedica en tiempo un equivalente a 4 asignaturas del plan normal. De otro lado, es imposible trabajar en distribuciones temáticas de asignaturas de libre elección de los programas analizados dada la gran diversidad de las mismas y en las que no tiene dominio el programa curricular
- 8 Seminario Taller ICFES ACOFI. Exámenes de estado de la calidad de la educación superior en Ingeniería Mecánica mayo 6 y 7 de 2002. Pereira. Todo el detalle de los temas fundamentales y mapas conceptuales de cada una de las áreas subáreas se encuentran en el documento “Soporte investigativo de la Reforma del plan de estudios de Ingeniería Mecánica” de la universidad Nacional, sede Medellín.
- 9 Sectores de la Economía Colombiana: Agropecuario, Silvicultura, Caza y Pesca; Explotación de Minas y Canteras; Electricidad, Gas y Agua; Industria Manufacturera; Construcción; Comercio, Reparación, Restaurantes y Hoteles; Transporte, Almacenamiento y Comunicación; Establecimientos Financieros, Seguros, Inmuebles y Servicios a las Empresas; Servicios Sociales, Comunales y Personales

## Bibliografía

1. ABET, 2004-2005. Criteria for accrediting engineering programs. Program criteria for mechanical and similarly named engineering programs. Lead society: American Society Of Mechanical Engine.
2. ACOFI – ICFES, 1996. Actualización y modernización del currículo en Ingeniería Mecánica, Santa Fe de Bogotá
3. ACOFI, 1998. Desarrollo de procesos de acreditación a nivel mundial. Santa fe de Bogotá: Opciones Gráficas (ed.).
4. Alcaldía de MEDELLÍN, 2001–2003. Plan estratégico de Medellín: plan de desarrollo de Medellín: [www.medicellin.gov.co](http://www.medicellin.gov.co).
5. ARAUJO, A. & Otros. Universidad sector productivo: un camino hacia la competitividad regional. Programa de fomento a la vinculación universidad sector productivo. Programa ICFES-TECNOS
6. Biblioteca Virtual Banco De La República. Biblioteca Luis Angel Arango, [www.banrep.gov.co](http://www.banrep.gov.co)
7. Bolsas de empleo colombianas. 2003. ADEMINAS –SYC, El Tiempo. Agosto.
8. BUSTAMANTE, Natalia. 1998. Los grandes grupos económicos y su incidencia en la economía nacional. Ecooe..
9. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. Estrategia de ciencia y tecnología para Medellín y Antioquia: [www.cta.org.co](http://www.cta.org.co).
10. CIBEIDER. 1998. Colombia la economía producto interno bruto.
11. CIDE & UNIANDES. 1998. Formación de recursos humanos para la innovación y el desarrollo tecnológico en Ingeniería. Estudio realizado para Colciencias y el DNP. Diciembre.
12. COLOMBIA. 1996. Estructura industrial e internacionalización, Cap: 12 y 13.
13. CONSEJO TÉCNICO. 1999. Perfil básico del ingeniero mecánico recién egresado. Santafe de Bogotá: 1-14.Mayo.
14. CONSEJO TÉCNICO. 2003. Especificaciones de los exámenes de estado de calidad de la educación superior en ingeniería mecánica. Bogotá. 42 páginas. Mayo
15. DANE. 1995/2000. Crecimiento real del PIB por sectores. [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).
16. DANE – SINIE. Caracterización del sector industrial.
17. EL TIEMPO. 2001. Los cinco sectores claves del crecimiento. Agosto.
18. ENFOQUE SOCIAL CONSULTORÍAS. 2000. Proyecto de gestión pública PNUD; Tendencias ocupacionales a mediano plazo en el Valle de Aburrá. Medellín.
19. Gómez DIEGO F. y Otros. 2003. Las actividades claves para la Antioquia del Futuro. Construcción de la agenda de innovación científica y tecnológica para Medellín y Antioquia. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia y Ecsim. Abril.
20. IEEE Transactions on Engineering Education, Volumen 43, Number 2, May, 2000. o [accreditation@abet.org](mailto:accreditation@abet.org)
21. ICFES. 2001. Estándares Mínimos de Calidad para la creación de programas universitarios de pregrado. “Las profesiones y los estándares de calidad”.
22. International association of universities [www.unesco.org/iau/](http://www.unesco.org/iau/)
23. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Plan Nacional De Desarrollo 2003-2006. [www.presidencia.gov.co](http://www.presidencia.gov.co).
24. Rugarcia A., R. M. Felder, D. R. Woods & J. E. Stice. 2000. The future of engineering education, Part 1. A Vision for a New Century.

# Un Objeto de Conocimiento Científico en Ingeniería Civil y su Significación Epistemológica y Pedagógica

Ana Sofía Figueroa I. Universidad Santo Tomás  
Carlos Ramiro Vallecilla B. Universidad Santo Tomás

## Resumen

Esta investigación se basa en una experiencia concreta en el aula de clase que pone en evidencia las complejas relaciones entre conocimiento científico y las posibilidades y condiciones de su enseñanza en el ámbito de la Ingeniería Civil.

De la mano de un instrumento pedagógico y epistemológico llevamos a cabo el seguimiento detallado de las etapas por las que pasa un estudiante de Ingeniería Civil hasta apropiarse auténticamente de una forma de conocimiento científico ( la ecuación diferencial de la placa maciza) de manera el mismo esté en capacidad de responder estas preguntas :

1. ¿Cuál es la relación entre el modelo físico- matemático deducido en el aula de clase y el objeto físico que efectivamente se construye en el laboratorio?
2. ¿Qué aspectos de ese objeto físico destaca el modelo físico- matemático?
3. ¿Qué garantiza que el modelo físico matemático suministre una información correcta sobre el objeto físico al que se refiere y que representa?

## Introducción

Este trabajo tiene por objeto llevar a cabo una presentación crítica de la génesis del conocimiento científico, tal como se construye en el aula de clase y en el laboratorio, a partir de un modelo físico matemático que explicita las cualidades esenciales de un elemento típico de la construcción: la placa maciza. Las hipótesis de este trabajo son la certeza de que todo conocimiento es susceptible de ser enseñado, que en la relación sujeto- objeto, el primero juega un papel activo en la construcción del segundo y que la ciencia, como sustrato fundamental del quehacer de la Ingeniería Civil, se construye en unas condiciones históricas y sociales que a su vez la condicionan.

Es también nuestro propósito evidenciar las complejas relaciones entre estudiante, objeto del conocimiento y docente, partiendo de las observaciones que hemos llevado a cabo en nuestras clases teóricas<sup>1</sup> y de laboratorio. Hemos querido contrastar la enseñanza de un modelo teórico con la respuesta de los estudiantes al mismo, dentro de un ámbito epistemológico. Entendemos por una indagación epistemológica aquella que se pregunta por el conjunto de condiciones que posibilitan la génesis y la fundamentación del conocimiento científico. Las preguntas que surgen de esta manera de proceder son numerosas: Si como se pretende en todo proceso pedagógico, es el estudiante quien, con la guía del profesor, construye el conocimiento científico, ¿cómo es posible entonces que aquel llegue a las mismas conclusiones a las que accede el enunciado científico, resultado del concurso de muchos hombres de ciencia y de varios siglos de experimentación y de reflexión? Esta pregunta está vinculada con otra más general: ¿qué papel juega la tradición científica en la enseñanza? (Entendida la primera como el conjunto de conocimientos científicos que nos ha sido legado). ¿No será más indicado presentar a los estudiantes, de manera rigurosa, la totalidad de teorías que conforman su campo específico del saber, la ingeniería civil en nuestro caso, para que él, en posesión de esa tradición científica, formule y resuelva los problemas específicos de su profesión?

Esta indagación tiene su origen en la comprobación sistemática, a través de nuestra práctica docente, de las enormes dificultades que representa para los estudiantes interiorizar la certeza de que la teoría debe gobernar a

<sup>1</sup> En el curso de este trabajo se entiende por teoría un conjunto de proposiciones, concatenadas de acuerdo con la lógica matemática y cuyos enunciados deben tener pertinencia empírica.

la práctica, y que el ingeniero, en lugar de ir a la naturaleza en busca de datos, debe acercarse a ella con un esquema previo y obligarla, por así decirlo, a responder ciertas preguntas de su interés.

Para llevar a cabo este estudio nos valemos de un modelo físico matemático propio del ámbito de la Ingeniería Civil: la placa maciza. De la mano de la deducción de la ecuación diferencial que gobierna su comportamiento ponemos en evidencia aspectos fundamentales del conocimiento científico y la manera como éste es construido por el estudiante. Nos interesa destacar el papel activo de este último en el proceso de apropiación del conocimiento y simultáneamente deseamos mostrar los enormes retos pedagógicos que implica la enseñanza de la Ingeniería Civil, entendida ésta como una disciplina en la que confluyen ciencia y tecnología, arte y economía.

## 2. Una forma de construcción como objeto de conocimiento

La Ingeniería Civil se nutre simultáneamente de conocimiento científico y de conocimiento empírico. En cuanto conocimiento científico, la Ingeniería Civil se apropia de un lenguaje físico matemático a través del cual formula la relación entre determinados aspectos del mundo físico que son de su interés (de una placa maciza le interesa su comportamiento flexional). En cuanto conocimiento empírico se vale de la tradición y de la información suministrada por los sentidos (el acero es más pesado que el concreto). En su interacción, estas dos fuentes de conocimiento convierten a una forma básica de la construcción - la placa maciza- en un objeto de conocimiento científico. A este difícil tránsito de formas básicas de construcción- la placa, la viga, el arco -a objetos de conocimiento científico se suma el problema de encontrar, en el ámbito del aula de clase y el laboratorio, la manera como debe enseñarse esta transición. Esta doble condición de conocimiento científico y conocimiento empírico que se presenta en la Ingeniería Civil hace que sometamos a los estudiantes a procesos de formalización avanzados, para que, una vez despojados los objetos del mundo físico propio de los ingenieros, esto es las construcciones, ellos recurran tan sólo de relaciones físico matemáticas. Al final del proceso, y en eso consiste una educación pertinente en Ingeniería Civil, los estudiantes deben estar en capacidad de, dotados de este conocimiento formal, poder aplicarlo a la solución de los variados problemas que enfrentará en su vida profesional. Este trabajo muestra el reto pedagógico que significa enseñar los contenidos propios de la Ingeniería Civil, valiéndose de los postulados del pensamiento científico, de manera tal, que estos no pierdan jamás su pertinencia empírica.

Es de notar que las formas de construcción representan antes que una ciencia, una tecnología, entendida ésta última como el conjunto de aplicaciones del conocimiento científico. Es decir que la tecnología es al plano de las soluciones (la construcción de una vivienda, de un puente, de un acueducto) lo que la ciencia es al plano de las explicaciones (los esfuerzos normales en una placa varían linealmente a lo largo de la altura de la misma). Sin embargo la tecnología no saldría del plano conjetural, de las aproximaciones sucesivas ni de los ensayos interminables si no fuera porque el conocimiento científico le proporciona el sistema de explicación y a partir de él, predicciones precisas acerca del comportamiento futuro, más allá del aquí y del ahora, de la actividad humana. En este sentido la ingeniería no puede ser solamente una tecnología, sino que debe apoyarse en la ciencia para darle validez y universalidad a sus juicios. Por ejemplo un juicio como las deflexiones en una placa son inversamente proporcionales a su rigidez flexional, tiene el carácter de una ley científica<sup>2</sup>.

Sin duda todo conocimiento supone una experiencia. Es innegable que sin una manipulación previa de los objetos físicos, es imposible un conocimiento de los mismos. En este sentido una teoría del conocimiento es una adaptación del pensamiento a la realidad aunque al final de este proceso se revelará la existencia de una interacción entre el sujeto y el objeto. Sin embargo, no todo conocimiento *procede* de la experiencia. En otras palabras, precisar el origen del conocimiento no significa resolver el problema de su *validez*<sup>3</sup>. La experiencia no puede por sí otorgar la necesidad y universalidad de las proposiciones de que se compone la ciencia, y en general de todo saber que aspire a ser riguroso. El argumento que subyace a esta afirmación es bien conocido: los juicios de la ciencia tienen el carácter de universales y necesarios. Así cuando decimos que toda placa se deforma al ser

<sup>2</sup> Bunge Mario, Causality and Modern Science, pág 27-28.

<sup>3</sup> Que el conocimiento se valga de juicios que no han sido derivados de la experiencia y que sin embargo tengan aplicación a la hora de interpretar, producir o predecir los fenómenos físicos es lo que les confiere su validez.

sometida a cargas, estamos postulando una ley científica cuyo origen no podemos remontar a la placa de concreto que ciertamente hemos construido en el laboratorio, necesariamente particular, y a la que efectivamente sometemos a una carga puntual con el ánimo de comprobar la ley antes enunciada. Estas consideraciones conducen entonces a una pregunta fundamental: ¿Cómo es posible la experiencia? ¿Cuáles son los fundamentos del conocimiento científico? Una respuesta es evidente: el conocimiento no es nunca el resultado de una simple impresión depositada por los objetos sobre los sentidos (órganos sensoriales), sino que se trata de una asimilación activa del sujeto que incorpora los objetos a los sistemas sensoriales – motrices. El aprendizaje en función de la experiencia no se origina en las impresiones aceptadas pasivamente por el sujeto sino por el contrario en la acomodación de los sistemas activos de conocimiento (las categorías en la filosofía de Kant) a los objetos. Un cierto equilibrio entre la asimilación de los objetos a la actividad del sujeto y la acomodación de esta actividad a los objetos constituye el punto de partida de todo conocimiento y se presenta desde el comienzo bajo la forma de una relación compleja entre los dos, lo que de paso supera toda interpretación del conocimiento puramente empirista o puramente apriorística, es decir independiente de la experiencia. Este trabajo toma entonces partido por la interpretación de la teoría del conocimiento según la cual, es el sujeto el que en el acto del conocimiento, construye al objeto. En esta exposición se muestra de la mano de un modelo físico matemático de gran aplicación en Ingeniería Civil - la ecuación diferencial de una placa maciza- las hipótesis y la génesis del conocimiento científico, sus conclusiones y lo que es más importante, cuál es la respuesta de los estudiantes al ser expuestos a la constitución formal de un objeto de conocimiento, siguiendo el modelo hipotético- deductivo. El camino que se recorre en este trabajo es el resultado de considerar la existencia de hechos de ciencia para buscar su fundamento y la posibilidad de su enseñanza. Se reconoce el carácter problemático de este procedimiento, al menos desde el punto de vista de la educación, pues la pedagogía busca que el conocimiento y el aprendizaje se construyan en vez de suponer que el conocimiento se aprende después de que alguien lo descubre. El énfasis está pues en la construcción de los conceptos y en su descubrimiento. Sin embargo el plan trazado en este proyecto corresponde a aquel de la filosofía moderna, la cual, ante el desarrollo monumental e indiscutible de las ciencias, no se pregunta si ésta conoce o no (es evidente que la ciencia conoce) sino bajo qué condiciones este conocimiento es posible. Este orden de razonamientos es también una hipótesis de este trabajo de investigación. Es decir que se parte de la existencia de una forma esencial de construcción - la placa maciza- y en cuanto tal se toma como un objeto de conocimiento y se abstraen aquellas propiedades – forma, peso, tipos de apoyos, elemento que resiste cargas - que se pueden expresar mediante un modelo físico matemático y que son de interés para la ingeniería, ignorando otras características suyas – color, textura, belleza- que son irrelevantes para el modelo. Se indaga además sobre las condiciones que permiten la aprehensión de este objeto del conocimiento científico por parte de los estudiantes, pregunta esta esencial en toda reflexión pedagógica. Además se da como un hecho verificable la posibilidad de comunicar y transmitir el conocimiento científico a cualquier sujeto pleno, entendiendo por este último el sujeto que, dotado de los fundamentos culturales necesarios, está en capacidad de comprender la formulación de una teoría científica acabada.

### 3. Materiales y métodos

Este trabajo se pregunta por las condiciones de posibilidad de la enseñanza de modelos físico matemáticos que describen características esenciales de formas básicas de construcción. Simultáneamente desarrollamos el análisis lógico que pone a prueba, no sólo la pertinencia de un modelo, sino las consecuencias de enunciados sobre los hechos que poseen una extensión o un alcance mayor. Así por ejemplo, cuando se afirma que las placas macizas se caracterizan por la presencia de momentos torsores, lo que en realidad se está poniendo en evidencia es la necesidad de colocar una armadura suplementaria en las esquinas (conclusión no contenida en el enunciado inicial). Otro objetivo de este trabajo es la inclusión, en el marco de la actividad docente, de los fundamentos físico matemáticos que otorgan universalidad y necesidad a las leyes que gobiernan el comportamiento de las formas esenciales de construcción. Este último rasgo le confiere una singularidad especial a esta reflexión, pues un tipo básico de construcción- la placa maciza- es tratado no solamente como un elemento estructural sino como un objeto de enseñanza.

La deducción de la ecuación diferencial de la placa maciza sirve como hilo conductor para la construcción del conocimiento científico en el aula de clase y el laboratorio. Se insiste además en el transcurso de este proceso en

la importancia de una sólida fundamentación matemática y científica de los estudiantes y en la enorme movilización de recursos pedagógicos del docente para conducir a estos hacia una auténtica apropiación del modelo físico matemático, de su significación y de sus aplicaciones.

#### 4. Modelo físico-matemático: El objeto de conocimiento: Las placas macizas.

##### 4.1 Las limitaciones del modelo físico matemático

La ecuación diferencial de Lagrange que vamos a desarrollar es válida para una placa de espesor constante, pequeño, cuya relación altura longitud es menor que 1/5. Por otra parte se admite que el material es homogéneo e isotrópico.

##### 4.2 Las hipótesis del modelo

La teoría que desarrollaremos está basada en las siguientes hipótesis:

1. La superficie media de la placa no sufre ninguna deformación en su plano. Los puntos situados sobre ésta sólo sufren desplazamientos verticales.
2. Los puntos que se encuentran en una sección plana normal a la superficie media antes de la deformación permanecen sobre una sección plana después de la deformación.
3. Los esfuerzos normales perpendiculares a la superficie neutra pueden ser despreciados.

Con estas hipótesis se pueden expresar todas las fuerzas internas (fuerza cortante, momento torsor, momento flector) así como los esfuerzos normales y cortantes mediante la ayuda de la superficie elástica  $w(x, y)$  que es función de las coordenadas  $x$ ,  $y$  del punto de la placa. Esta función debe satisfacer una cierta ecuación diferencial parcial lineal al igual que las condiciones de borde.

##### 4.3 Elemento diferencial

Para encontrar la expresión de la ecuación diferencial que gobierna el comportamiento de la placa es necesario recurrir al equilibrio de un elemento diferencial de placa de lados  $dx$ ,  $dy$  y de altura  $h$ .

##### 4.4. La indeterminación estática

Puesto que disponemos de tres ecuaciones y cinco incógnitas, el problema es estáticamente indeterminado. Para resolverlo debemos recurrir a las condiciones de deformación de la placa.

##### 4.5 Ecuación de Lagrange

La sustitución de las hipótesis y condiciones previamente enunciadas conducen a la ecuación diferencial de Lagrange, en la que  $q$  y  $B$  son dos constantes:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{B}$$

Con la formulación de la ecuación diferencial que gobierna el comportamiento de la placa maciza sometida a cargas verticales estamos en posibilidad de determinar el comportamiento de la misma, de calcular todas las variables de interés para el ingeniero. Esto es: su deformación, sus reacciones, sus momentos flectores y torsores, la fuerza cortante y los esfuerzos normales y cortantes.

#### 5. Discusión

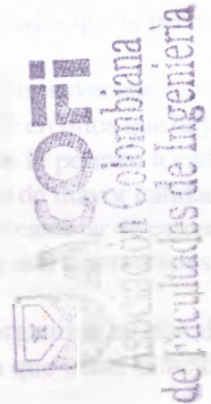
La enseñanza de los principios físico matemáticos en los que se basa la construcción del conocimiento en la Ingeniería Civil supone fundamentos epistemológicos tales como el principio de causalidad – todo efecto tiene una causa- , la posibilidad de expresar las observaciones llevadas a cabo en los modelos físicos en leyes con cierto grado de verdad y la correlación entre el modelo físico matemático y el objeto real que este simboliza (en nuestro ejemplo: la ecuación diferencial de Lagrange gobierna el comportamiento de las placas macizas) . Estos



fundamentos epistemológicos tienen en común el suponer la existencia de un espacio y de un tiempo que posibilitan la construcción de cualquier modelo físico matemático. En este trabajo partimos de la definición según la cual el espacio es un sistema que formula las relaciones de orden que rigen entre los cuerpos que pasan de un lugar a otro. El espacio no es subjetivo sino real y en cuanto tal ha posibilitado el desarrollo de la física y las matemáticas. El tiempo es a su vez, en cuanto fundamento epistemológico del conocimiento, la sucesión de fenómenos de acuerdo con un orden que la ciencia debe establecer. Por otra parte el estudio de los problemas relativos al campo de interés de la ingeniería tiene dos elementos adicionales de los cuales está desprovisto el estudio de la ciencia. El primero afirma que las construcciones deben ser simultáneamente seguras y económicas. En nuestro modelo físico - matemático la placa debe tener un espesor que garantice su seguridad al tiempo que la economía de la construcción. El segundo recurre a la experiencia del constructor, en el sentido en que éste puede de antemano tener una idea clara de las dimensiones de una construcción, el valor de las cargas a las que ésta se verá sometida, o el comportamiento aproximado de un determinado material. La Ingeniería Civil, además de ciencia, es también un oficio y un arte.

## Bibliografía

1. D.ARY. L.Ch. Jacobs. A. Resabie. Investigación pedagógica. 1994. México .256pp
2. Bachelar, G. La formación del espíritu científico. 1993. Buenos Aires. 241pp
3. Lorente García, M. La filosofía de Kant. , 1917 México.263 pp.
4. Casiller E. Kant, vida y doctrina. México, 1978. , 389pp.
5. Historia social de la ciencia en Colombia. Bogotá, 1993. Colciencias. 345pp.
6. Funge, M. La ciencia su método y su filosofía. Buenos Aires.2000. 276 pp.
7. Essen, J. Teoría del conocimiento. 1978. Bogotá. 175 pp.
8. CHALMERS, AF. Qué es esa cosa llamada ciencia? Madrid. 278 pp
9. García J,E. Y García F.F. Aprender investigando. Sevilla, 198pp.
10. Piaget, J y García, R. Psicología y Epistemología. Barcelona,1998. 200 pp



# Un Proceso de Apertura a Cambios Culturales a Partir de un Sistema de Créditos Académicos<sup>1</sup>

Ing. Rafael J. Barros B. (rbarros@ean.edu.co)

Ing. John Alexander Rojas Montero (jrojas@ean.edu.co)

Ing. Luz Marina Sánchez Ayala (lusanchez@ean.edu.co)

Ing. José Divitt Velosa (jvelosa@ean.edu.co)

Escuela de Administración de Negocios - EAN

Carrera 11 No. 78 -47

Teléfono: 5936160 ext. 154, 148

Fax: 5939160 ext. 158

## Resumen

Hasta hace un par de años la Escuela de Administración de Negocios - EAN, como muchas otras instituciones de educación superior, tenía planes de estudios organizados por semestres cuya medida de desarrollo eran las horas de clase. El sistema de pre - requisitos y la falta de electividad hacía que los planes fueran completamente rígidos. Aprovechando la necesidad de contar con un sistema de créditos, la EAN desarrolló un modelo con las siguientes características:

- **Aprendizaje Autónomo:** hacer que estudiantes con experiencias disímiles sean independientes, aprendiendo a liberarse de la costumbre de seguir siempre lo que los demás le dicen. Desde este planteamiento el concepto de autonomía cobra vigencia importante, puesto que el estudiante marca la ruta que desea seguir, construyendo su conocimiento a partir de la experiencia que adquiere al solucionar problemas reales. El docente orienta el proceso de aprendizaje, a través del acompañamiento permanente y el diseño de actividades que le permitan al estudiante incrementar sus competencias.
- **Flexibilidad Curricular:** para recuperar la flexibilidad la EAN maneja unidades de estudio transversales, créditos y ciclos. El semestre en que se encuentra cada estudiante viene dado por el número de créditos que haya cursado. El año de estudios se encuentra dividido en cuatro ciclos de 10 semanas, lo que le permite a cada estudiante concentrarse en un menor número de unidades de estudio y realizar un trabajo de mayor calidad.
- **Estandarización:** debido al establecimiento de créditos, el estudiante tiene la posibilidad de cambiar de carrera sin perder las unidades de estudio que lleve cursadas, específicamente, con aquellas que son transversales.

Estos tres elementos han generado una dinámica especial en la que cada estudiante puede organizar su plan de estudios de acuerdo con sus necesidades, asesorado por un consejero, quién lo orienta para que tome la mejor decisión de acuerdo con su proyecto de vida.

## Introducción

Todas las instituciones, independiente de su objetivo, tienen una cultura organizacional como código de comportamiento, estrategia de acción y selección de prioridades. Esto no es ajeno a las instituciones educativas, en especial por el tipo de procesos que se desarrollan y los actores que en él intervienen. Los profesores, estudiantes, directivas académicas y directivas administrativas se interrelacionan generando ambientes positivos donde el estudiante se forme como profesional competente. Todo ello sin olvidar este profesional se desempeña en la sociedad y su trabajo será el reflejo de la misión de las instituciones de educación superior.

La cultura de la organización surge de la ejecución de los procesos definidos por la institución. La comunidad académica es el reflejo de esta cultura. Ya no es suficiente que el estudiante adquiera únicamente conocimientos, es necesario desarrollar otro tipo de competencias como la comunicación, el trabajo en equipo, la apertura mental

<sup>1</sup> Un Crédito académico, según el decreto 2566, equivale a 48 horas de trabajo académico del estudiante, que comprende las horas con acompañamiento directo del docente y demás horas que el estudiante deba emplear en actividades independientes de estudio, prácticas, u otras que sean necesarias para alcanzar las metas de aprendizaje, sin incluir las destinadas a la presentación de las pruebas finales de evaluación.

a procesos de cambio y la visualización de entornos diferentes al característico individualismo de los modelos tradicionales de educación. Este tipo de competencias son el resultado de la cultura organizacional y no un proceso mecánico de transmisión de conocimiento.

Las instituciones educativas que han comprendido que la cultura organizacional impactan los procesos de formación de sus estudiantes han desarrollado estrategias que integran de forma coherente las necesidades y deseos de cada uno de los actores, y llevan a la organización a ser fuente de desarrollo para formar cambios reales y positivos en la sociedad moderna.

## Contexto

La Escuela de Administración de Negocios, EAN, ha sido artífice de procesos de cambio en su entorno y ha capitalizado el hecho que el desarrollo del país está en la formación de profesionales con aptitud emprendedora. Para la EAN el proceso del cambio es una constante debido a la naturaleza dinámica del emprendimiento. Además, las leyes y decretos emanados por el gobierno sirven como catalizadores del proceso de cambio en los últimos años y se percibe dentro de la organización, como una oportunidad al mismo.

En el año 2001, en la EAN se respiraba un ambiente de satisfacción generalizada en casi todos los ámbitos. El trabajo era cómodo para profesores y estudiantes, utilizando la metodología tradicional, adecuada en ese momento.

Los planes de estudios estaban organizados por semestres cuya medida de desarrollo eran las horas de clase. El sistema de pre-requisitos y la carencia de electividad hacía que los planes fueran completamente rígidos y relativamente fáciles de administrar. El papel que cumplía cada uno de los actores del proceso era el siguiente:

**Los estudiantes:** la metodología de cátedra magistral y la rigidez en los planes de estudios generó una pasividad notoria en los estudiantes, cuyo papel principal consistía en asistir regularmente a clases y presentar los parciales y proyectos que se desarrollaban en ese momento. A pesar de esto, para el estudiante, particularmente el nocturno, las cargas de trabajo eran bastante pesadas, ya que la jornada completa estaba dedicada a clase presencial, lo que dificultaba el trabajo en equipo, la consulta de bibliografía y la utilización de recursos como laboratorios e internet por fuera de los horarios de clase.

**Los profesores:** en ese momento, las facultades operaban con una mayoría de profesores de cátedra y algunos de planta, quienes recibían el contenido de su curso y finalmente se limitaban a realizar la cátedra magistral según el programa.

**Las directivas académicas:** quizá el único grupo insatisfecho con la situación era precisamente este ya que buscaba un mayor dinamismo por parte de profesores y estudiantes. Aunque la misión institucional estaba claramente definida y todas las facultades ofrecían cursos orientados a su cumplimiento, cada facultad hacía su propia programación.

**Las directivas administrativas:** el cobro por concepto de matrícula se hacía por semestre y cada facultad tenía sus propios valores. Sin embargo, dentro de cada programa todas las asignaturas tenían el mismo precio independientemente del número de horas de clase que tuviera asignadas.

En el año 2002, la Facultad de Ingeniería, bajo la dirección de la Vicerrectoría Académica de la EAN, inició el estudio de cambio curricular para la adopción de créditos académicos. Este proceso involucró la identificación de estándares; en particular, se tuvieron en cuenta documentos nacionales del ICFES, ACOFI, ACIS, ASCUN y las recomendaciones curriculares de asociaciones internacionales como la *Association for Computing Machinery*, ACM y la *Society of Manufacturing Engineers*, SME.

Después de participar en seminarios para procesos de adopción de créditos, se decidió seguir la estrategia de configuración curricular presentada en [5]. En junio de 2002, estos eran los puntos de vista según los siguientes actores:

**Los estudiantes:** como la cantidad de horas presenciales en clase se reducen, fue recibida inicialmente como una pérdida de tiempo. Los estudiantes preferían estar sentados en los salones de clase y no desarrollar actividades autónomas. En general, la satisfacción inicial fue deficiente.

**Los profesores:** la satisfacción por parte del cuerpo docente tampoco fue favorable. La actitud de los docentes de cátedra en cuanto a disminución de horas y aumento de trabajo en el desarrollo de actividades y talleres fue bastante negativa. Los docentes de tiempo completo vieron de igual forma un aumento en el trabajo extraclase.

**Las directivas académicas:** existe mentalidad y voluntad de cambio. Se observa el proceso de adopción de créditos como una oportunidad para el mejoramiento de la calidad académica de la institución y se observa de forma natural la resistencia al cambio.

**Las directivas administrativas:** existe voluntad de cambio; sin embargo, se manifiesta una preocupación sobre la sostenibilidad del sistema financiero al ejecutar el mismo.

En enero de 2003, se realiza una modificación importante en la duración del período académico. En conjunto con los estudiantes se toma la decisión de extender la duración a veinte semanas, en dos ciclos de 10 semanas, el semestre tiene 16 créditos académicos, distribuidos en 8 por cada ciclo. Los puntos de vista eran:

**Los estudiantes:** la ejecución del nuevo modelo impactó el trabajo autónomo de los estudiantes, en especial los nocturnos, quienes por su propia iniciativa propusieron el aumento en la duración del semestre.

**Los profesores:** se apreció inicialmente un espíritu de resignación, pero el cambio de actitud por parte de los estudiantes motivó a un grupo importante de profesores, quienes empezaron a ver con buenos ojos la nueva metodología.

**Las directivas académicas:** aunque era evidente la necesidad de ajustar el modelo, se confirmó la eficacia del mismo y se reforzó la decisión de continuar adelante.

**Las directivas administrativas:** se vió la necesidad de empezar a alinear el proceso administrativo con el proceso académico.

Cambios generados por la adopción a créditos		
Criterios	Antes	Después
Estilo de la clase	Cátedra Magistral	Participativa con énfasis en el aprendizaje autónomo
Estrategia didáctica	Catedrático Actor Principal en la clase	Orientador, guía Actor secundario en la clase
Actitud estudiantil	Pasivo, receptor y actor secundario en la clase	Activo, autónomo, toma decisiones, es el actor principal en la clase
Plan de estudios	Rígido	Flexible
Syllabus	Estático: Previamente definido	Dinámico, puede tener diferentes matices dependiendo de los problemas planteados por los estudiantes
Tipo de Aprendizaje	Repetitivo	Significativo

En noviembre de 2003, se realiza una estandarización en todos los programas de pregrado presencial en la EAN. Los puntos de vista eran:

**Los estudiantes:** en general hay una opinión bastante favorable en cuanto al modelo pedagógico y a la división del semestre por ciclos. En este momento cada estudiante puede armar su propio plan de estudios, con ayuda de un profesor consejero.

**Los profesores:** con el proceso de creación del seminario permanente de pedagogía, la buena respuesta por parte de los estudiantes y la alineación gestionada por las directivas de la Escuela hacia el nuevo modelo, la actitud general de los profesores es más abierta y favorable.

**Las directivas académicas:** se observan con optimismo los ajustes y se encuentra satisfacción en la adopción gradual de la nueva cultura académica de la institución.

**Las directivas administrativas:** se toma la decisión de fijar el valor de la matrícula por créditos, alineando el proceso administrativo con el proceso académico.

Para el próximo año, 2005, se espera tener en funcionamiento la unidad central de evaluación, enfocada en el desarrollo de instrumentos para evaluación por competencias.

Para materializar este modelo por créditos a EAN, ha desarrollado una serie de estrategias didácticas, con la colaboración de expertos invitados, quienes refuerzan dichos cambios y complementan las políticas institucionales que se han venido implementando.

Específicamente, dentro de la Facultad de Ingeniería se está utilizando una estrategia didáctica llamada ALTO (Actividad autónoma, Lectura de enlace, Taller, Observación Teórica). Esta estrategia se basa en la solución de problemas, normalmente planteados por los estudiantes, para facilitar la construcción de conocimiento en forma conjunta entre profesores y estudiantes.

En términos muy sencillos, el proceso inicia cuando el profesor asigna una Actividad Autónoma, previa a la clase. En el aula se desarrolla la Observación Teórica que va acompañada de la Lectura de enlace, la cual se puede desarrollar previamente o directamente en el aula, y finaliza con un Taller que evalúa lo aprendido por el estudiante.

**Actividad Autónoma:** Es desarrollada por el estudiante fuera de clase y está orientada a la solución de un problema planteado por él mismo, o en algunos casos por el docente, pero dimensionado en un contexto conocido para el estudiante. Esta Actividad pretende varias cosas desde el punto de vista académico:

- Que el estudiante ponga en práctica el conocimiento que ya trae.
- Que el estudiante sienta interés en abordar nuevos conocimientos que le ayuden a solucionar el problema, esto genera de un lado motivación y de otro integración del conocimiento por la variedad de disciplinas o temas que debe estudiar para encontrar la solución.
- La Actividad regularmente se trabaja en grupo y este aspecto también es evaluado tanto por el grupo como por el docente, esta situación pretende dinamizar procesos de comunicación asertiva, relaciones interpersonales, resolución de conflictos y trabajo en equipo, esto le da relevancia no sólo al aspecto académico sino que genera otro tipo de dinámicas ya que en algunas oportunidades los equipos se organizan libremente pero en otras lo hace el docente en forma aleatoria
- El desarrollo previo de la Actividad permite que el estudiante llegue a clase con conocimiento del tema y una argumentación propia lo que permite el debate con el profesor y con sus demás compañeros, ya no tiene el papel pasivo del receptor sino que hay una participación activa en la clase, mejorando de un lado su seguridad y de otro sus competencias comunicativas.

**Observación Teórica:** Recoge desde las experiencias e inquietudes de los estudiantes los elementos necesarios para llegar a las conclusiones sobre los fundamentos teóricos de los temas a tratar, en este caso el docente sintetiza los conceptos analizados durante el desarrollo de la Actividad y aclara todas las inquietudes surgidas en los estudiantes.

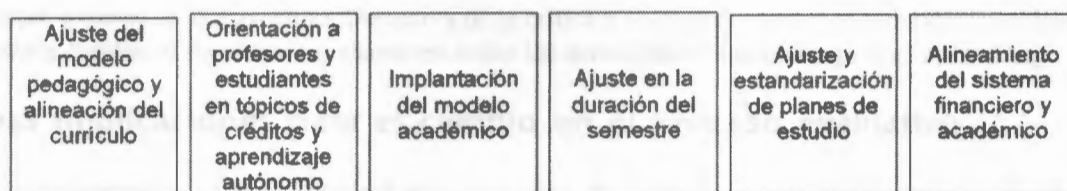
**El Taller:** Se desarrolla en el aula, individual o grupalmente de acuerdo con las necesidades y permite reafirmar la apropiación del conocimiento por parte del estudiante en una forma activa, ya que se busca que el estudiante este en capacidad de «saber hacer» obviamente fundamentado en el «saber» propio de la disciplina.

**Lectura:** Aclara, refuerza y permite interpolar, al llevar los conceptos adquiridos a otros contextos, la lectura puede ser tal, pero no necesariamente es así, también se puede utilizar un video, una película, una visita a un lugar en Internet o cualquier otro medio que el docente considere pertinente y se puede hacer dentro o fuera del aula, al comenzar el proceso, durante su desarrollo o al finalizar según sea el objetivo que se plantee.

## Conclusiones

- Debido a los profundos cambios económicos, sociales y culturales, es necesario que las instituciones educativas colombianas le den la relevancia a la cultura de una institución educativa como gestora de la formación del futuro profesional. La estructura académica y pedagógica tradicional no lo permite. La adopción del sistema de créditos, es una oportunidad para definir un proceso de cambio de una cultura rígida y lenta a una cultura dinámica, viva y cambiante.
- El cambio no es fácil ni instantáneo. Es necesario conocer muy bien el entorno actual y el deseado, establecer procesos que generen etapas sostenibles, sin olvidar que la misión de las instituciones educativas es la formación del individuo y por ello debe ser el centro de estas dinámicas.

En forma sintética el proceso general de adopción de créditos académicos en la EAN fue:



## Bibliografía

1. EAN - Vicerrectoría Académica. Modelo educativo de la escuela de administración de negocios. Formación en competencias. Compilación de fundamentos epistemológicos e instrumentos para su puesta en marcha. Bogota EAN 2003.
2. FRED R. David, Conceptos de Administración Estratégica. Naucalpan de Juárez, Edo. Prentice Hall S. A. 1997
3. EAN - Vicerrectoría de Planeación y Desarrollo Académica. Proyecto Educativo Institucional PEI. Bogota D.C. 2002
4. BARROS Rafael. GRACE Una introducción a la ingeniería. Bogota D.C. EAN. 2004
5. IEEE-ACM. Computing curricula 2001 – Computer Science. [www.acm.org](http://www.acm.org) 2001
6. ORTIZ Luis Alberto. El sistema educativo como factor de desarrollo. En: Revista Escuela de Administración de Negocios.- Bogota D.C. Bogotá No.48 (May- agosto) ; p. 98-113
7. NADIER David A., J HACKMAN Richard. Comportamiento Organizacional . Río de Janeiro- Brasil. Campus Ltda.. 1983.
8. SEINGE Peter, La quinta disciplina, escuelas que aprenden. Bogotá. Editorial Norma. 2002

# Validación de la Investigación “La Evaluación para el Desarrollo Organizacional como Soporte al Proceso de Aprendizaje de los Estudiantes Universitarios”

Maria Eugenia Torres Valdivieso<sup>1</sup>. Universidad Autónoma de Occidente - Cali

## Resumen

El presente estudio validó el Modelo Evaluativo propuesto en la investigación “La Evaluación para el Desarrollo Organizacional como soporte al proceso de aprendizaje de los Estudiantes Universitarios”<sup>2</sup>. Realizada en la Universidad Autónoma de Occidente (Enero - Junio de 2000);

La validación se realizó en la asignatura Gestión Humana del Programa de Ingeniería Industrial, entre Enero 2001 a Mayo 2004, se justificó porque enriquece el proceso de enseñanza-aprendizaje y el sentido crítico – constructivo de los estudiantes como individuos y futuros profesionales.

En ella, se verificó la participación activa del estudiante para alcanzar las competencias académicas al tener la oportunidad de exponer desde su percepción y convicción todos aquellos aspectos que consideran pertinente manifestar, a través de la estructura discursiva de la crítica y / o sugerencias. A sí mismo se constató como el rol del docente cambia al de un acompañante en todas las actividades planteadas para el aprendizaje.

## Nuevas implicaciones para el cambio en el proceso evaluativo

Como el ser humano es el actor principal en los procesos de cambio para cualquier contexto, se debe trabajar en generar nuevas estrategias, las cuales le faciliten la retroalimentación con su entorno al desarrollar su capacidad de indagación, análisis, inferencia con su entorno y de proposición de soluciones como un agente de cambio. Por lo tanto, en la medida en que las instituciones brinden alternativas más acorde con la educación centrada en el ser humano, de estructurar procesos más participativos para todos los integrantes de la comunidad académica y de apoyar a una nueva generación de docentes abiertos al cambio. se podría decir que la transformación educativa se iniciaría en casa y con una actitud distinta a la de los que esperan que el cambio provenga de afuera.

Para construir un proceso evaluativo de seguimiento al aprendizaje de estudiantes universitarios y lograr así, su mejoramiento y desarrollo; es importante precisar la educación no como un simple evento de instrucción o de información sino tener presente que ella incide directamente en dimensiones muy concretas para la formación integral de las personas.

Rafel Flórez Ochoa (1999) afirma lo anteriormente expuesto, al indicar que: “Educación significa no sólo socializar a los individuos, sino también actuar en ellos sembrando inquietudes, preguntas, espíritu crítico, de conjetura y de creatividad que les permita rescatar de sí mismos lo más valioso de sus talentos y capacidades innovadoras, su potencialidad como personas, su compasión y su solidaridad”<sup>3</sup>.

En este sentido, es preciso contar con lineamientos transformadores para los diferentes protagonistas de estos cambios: Uno será el docente, el cual debe orientar individualmente a cada estudiante para que reconozca sus fortalezas y falencias con el fin, de abrirle un espacio de reflexión que le facilite autoevaluarse de manera permanente, para constatar conjuntamente sí realmente se están alcanzando las competencias y metas establecidas. El otro protagonista, es el estudiante quien al autoevaluarse permanentemente se le estimula el desarrollo de sus potencialidades y a la responsabilidad del cambio para el logro de su aprendizaje.

## Fundamentos Teóricos para el Proceso Evaluativo

Para lograr el desarrollo del modelo evaluativo propuesto en la investigación en referencia, se apropiaron los planteamientos pedagógicos establecidos por varios autores, a saber: **Carl Rogers**<sup>4</sup> precursor de “la educación centrada en la persona”, la cual se concibe como un proceso dinámico donde el estudiante es partícipe de su

propio aprendizaje y desarrollo integral; Jacques Delors<sup>5</sup> quien en el informe de la UNESCO, propone al ser humano fundamentado desde una perspectiva interaccional, motivando así a los diferentes países a reflexionar y rescatar al hombre como ser pensante, quién interactúa y le hacerle frente a los retos del mundo actual en beneficio y mejoramiento de la sociedad. Cayetano Stévez Solano<sup>6</sup> analiza para la evaluación integral los diferentes procesos encaminados al crecimiento y mejoramiento de las personas participantes de él. Continuando con esta línea, se retomó aspectos importantes del Plan Decenal de Educación en Colombia<sup>7</sup> (1996-2005). Donde la educación trasciende el sentido social y se centra en el ser humano llevándolo a una reflexión profunda de sus capacidades y talentos, además permitiéndole la realización plena de sus potencialidades. Complementando lo anterior se tuvo en cuenta lo señalado por Henry C. Ellis sobre el aprendizaje; quien afirma que: “es un proceso relativamente permanente que se infiere de los cambios en la ejecución y que se debe a la práctica”<sup>8</sup>.

Fue necesario extrapolar del ámbito organizacional, algunos elementos fundamentales de la evaluación, a saber: identificar el potencial de desarrollo de las personas, estimular la autoevaluación, estimular el análisis crítico de su desempeño laboral para determinar las brechas a mejorar, facilitar la interacción permanente directivo-colaborador, lograr una constante retroalimentación, servir de herramienta de gestión, definir de metas de mejoramiento, efectuar seguimiento permanente a metas, constatar el avance y crecimiento del colaborador, determinar el plan de mejoramiento; los cuales son fundamentales para el desarrollo y crecimiento del trabajador y por ende el de la organización.

Dichos elementos al ser desarrollados en el ámbito académico permiten mirar la Evaluación Educativa desde una perspectiva cualitativa, centrada en la persona y basada en la confianza, la participación y la autonomía del individuo en su proceso de aprendizaje.

## Metodología para el desarrollo del modelo evaluativo

El Modelo Evaluativo propuesto en la investigación de referencia implica una interdependencia situacional entre el Aprendizaje y el Desarrollo, en donde el fundamento siempre será el aprendizaje; pero la evaluación estará presente en cada actividad o situación lo cual facilita la permanente retroalimentación, el ajuste y/o la modificación del comportamiento de los estudiantes para alcanzar su desarrollo.

Para facilitar la implementación del modelo propuesto y lograr el aprendizaje de los estudiantes se establecieron tres estrategias: En la primera se identificaron las categorías y los criterios del aprendizaje soportados por cuatro pilares de la educación, según la UNESCO (1.996) obteniendo como resultado tres categorías y nueve criterios. A estos últimos, se les efectuó una modificación para realizar la validación, porque la información contenida en el documento Defining the Outcomes: A Framework for EC 2000, el cual fue patrocinado por la National Science Foundation e Engineering Education: Assessment Methodologies and Curricula Innovations; permite actualizar los criterios iniciales y establecer los nuevos acorde a las competencias académicas para las ingenierías. La EC 2000 (Engineering Criteria 2000) es un nuevo conjunto de criterios implementados para la Acreditación de programas de Ingeniería y Tecnología en Norte América (ABET). A continuación se relacionan las categorías y los criterios definitivos utilizados para la validación del modelo. Se indican con un asterisco (\*) los modificados:

Construcción de conocimiento: adquisición de fundamentos teóricos, capacidad de reflexionar para emitir juicios y desarrollar autoaprendizaje perfeccionando su perfil competitivo(\*).

Desarrollo de actitudes y convivencia: capacidad de análisis crítico, capacidad de trabajo en equipo y respeto y valoración de opiniones.

Adquisición de habilidades y destrezas: capacidad creativa en la toma de decisiones (\*), identificar, formular y solucionar problemas (\*) y aplicación practica de fundamentos (\*).

La segunda estrategia consistió en diseñar el formato de evaluación para el desarrollo (Ver Cuadro 1.), el cual permite al final de cada módulo la autoevaluación de los estudiantes, permitiendo constatar lo aprendido y las



dificultades presentadas en las diferentes temáticas; por lo tanto el estudiante efectúa una descripción de ellas y junto al docente se establecen las metas y el tiempo de cumplimiento, a fin de disminuir las dudas del estudiante.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE		Nombre: _____ Código: _____ Asignatura: _____															
FORMATO DE EVALUACIÓN PARA EL DESARROLLO		Área: _____			Semestre: _____			Período Académico: _____									
CONVENCIONES:	Autoevaluación	Construcción de Conocimiento			Actitudes y Convivencia			Habilidades y Destrezas			PLAN DE DESARROLLO Fijación de metas y seguimiento						
		Adquisición de conocimientos Teóricos	Capacidad de reflexión para emitir juicios	Desarrollar autoaprendizaje	Capacidad de análisis crítica	Capacidad de Trabajo en equipo	Respeto y Valoración	Comunicación oral	Comunicación escrita	Formación de actitudes	Identificación de problemas y solución	Aplicación práctica de conocimientos	DESCRIPCIÓN DE LAS DIFICULTADES (Estudiante)	METAS PROPUESTAS (Estudiante - Docente)	AVANCE Semanas	ACCIONES DE SEGUIMIENTO (Docente)	
MÓDULO 1: PROCESO SISTÉMICO DE GESTIÓN HUMANA	A															1	2
	D													Firma			
MÓDULO 2: SUBSISTEMA DE OFERTA Y VINCULACIÓN DEL TALENTO HUMANO.	A																
	D													Firma			
MÓDULO 3: SUBSISTEMA DE DESARROLLO DEL TALENTO HUMANO	A																
	D													Firma			
MÓDULO 4: SUBSISTEMA DE MANTENIMIENTO Y SUBSISTEMA NOEAMATIVO DEL TALENTO HUMANO.	A																
	D													Firma			
MÓDULO 5: SUBSISTEMA DE CONTROL DE TALENTO HUMANO.	A																
	D													Firma			

Cuadro 1. Formato de evaluación para el desarrollo

La tercera estrategia estableció el **cuestionario de diagnóstico** que contiene preguntas básicas sobre las temáticas de cada módulo que integran la asignatura. Es importante clasificarlas de acuerdo con las tres categorías planteadas anteriormente. El prediagnóstico y diagnóstico final facilita al docente conocer la apropiación de los prerrequisitos, y al final del semestre la adquisición del aprendizaje.

### Validación y resultados en la aplicación del modelo

Con el objeto de validar el modelo y determinar su beneficio para el aprendizaje, se aplicó en el Programa de Ingeniería Industrial a estudiantes del ciclo profesional y pertenecientes a la jornada diurna, concretamente en la asignatura: Gestión Humana durante el periodo (Enero 2001 a Mayo 2004). Como la autoevaluación recomendada en la investigación de referencia era fundamental para el aprendizaje, se crearon para la validación soportes orientados hacia ella, de la siguiente forma: Una bitácora personal de desempeño para cada sesión (Ver cuadro 2.), una Guía para la Coevaluación de exposiciones (Ver cuadro 3.) y un trabajo de aplicación práctica de las temáticas. Lo anterior corresponde respectivamente a cada categoría: Construcción de Conocimiento; Desarrollo de Actitudes y Convivencia; y Adquisición de Habilidades y destrezas.

El correspondiente estudio se efectuó para: 117 estudiantes, distribuidos en semestre de la siguiente forma: Año 2001-1: 27 estudiantes y 2001-2: 9 estudiantes; Año 2002-1: 20 estudiantes y 2002-2: 19 estudiantes; Año 2003-1: 15 estudiantes y 2003-2: 10 estudiantes; Año 2004-1: 17 estudiantes. Dichos estudiantes tenían en promedio de edad 22 años, donde el 43% eran mujeres y el 57% eran hombres.

La validación determinó los siguientes resultados al comparar el prediagnóstico y el diagnóstico: 102 estudiantes(87.18%), presentaron una gran apropiación conceptual de los temas, siendo necesario ampliar y profundizar en algunos temas en los cuáles no existe la suficiente claridad, como en: plan de carrera, indicadores de gestión y balance social. Se destaca además, que al final de los diferentes periodos académicos ningún estudiante manifiesta falencias en su aprendizaje, debido a que las diferentes actividades desarrolladas en cada sesión y el trabajo práctico, les ha permitido mejorar su capacidad de auto aprendizaje.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE BITÁCORA PERSONAL DE DESEMPEÑO PARA CADA SESIÓN											
NOMBRE _____			CODIGO _____			E-mail: _____					
ASIGNATURA _____			EQUIPO DE TRABAJO _____								
		SESIONES POR SEMESTRE									
FACTORES		FECHA									
Puntualidad											
Preparación previa											
Participación oral coherente, aporte significativo al tema											
Capacidad de gestión en el equipo											
Apropiación del tema											
Observaciones frente a su aprendizaje											

Cuadro 2. Bitácora personal de desempeño

Así mismo, el diligenciamiento de la bitácora (Ver cuadro 2.) y el cuestionamiento de su desempeño en cada sesión, le permitieron a los estudiantes elementos para definir sus fortalezas y falencias frente a las temáticas presentadas, generando en ellos actitudes y habilidades para su auto evaluación permanente.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE GUIA PARA LA COEVALUACIÓN DE EXPOSICIONES											
INTEGRANTES DEL EQUIPO DE TRABAJO _____											
	EQUIPOS A EXPONER										
ASPECTOS A EVALUAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Originalidad en el planteamiento de las ideas											
Coherencia expresadas en las ideas											
Ayudas didácticas empleadas											
Capacidad de síntesis											
Manejo del tiempo											
Creatividad e innovación											
Presentación de ejemplos prácticos											
Otros											

Cuadro 3. Guía para la Coevaluación de exposiciones

Esta validación permitió además determinar la capacidad y el análisis crítico desarrollado por los estudiantes al participar activamente en el proceso de Coevaluación (Ver cuadro 3.) de sus compañeros, desarrollando así habilidades que tenían latentes y no las conocían para la ejecución de su futuro papel de liderazgo profesional.

En el Cuadro 4. Se presentan en forma general los resultados obtenidos al aplicar el formato de evaluación para el desarrollo durante el periodo de la validación del modelo, lográndose con el seguimiento permanente del docente el cumplimiento de las metas de mejoramiento.

INDICADORES	2001	2002	2003	2004
<b>OBSERVACION Y AVANCES LOGRADOS</b>	En las tres categorías los grupos en general se opusieron de los contenidos, presentando buen dominio de ellos, lo cual se demuestra en la capacidad de análisis crítico, el trabajo en equipo y la aplicación práctica de los fundamentos adquiridos. Observando un gran compromiso por su autoaprendizaje.	Los grupos asimilaron bien los contenidos desarrollados en cada módulo, avanzando notablemente en el respeto y valoración de las opiniones de los demás, notándose performance por las actividades prácticas (visitas empresariales) y en los debates propuestos en las sesiones.	Los grupos mostraron de oposición para trabajar constantemente, valorando las opiniones de los demás, al participar activamente en los debates sobre las temáticas, afirmando su capacidad para emitir juicios y posicionando crederosamente soluciones a los problemas que día a día venían las empresas frente a la gestión humana.	El grupo presentó dudas diferentes respecto al autoaprendizaje puesto que los profesores van a trabajar laboralmente. Sin embargo, en la práctica de los módulos. Motivados a través de actividades y subtemas problemas, como en su capacidad crítica para tomar decisiones frente a los casos planteados en los módulos.
<b>DEBILIDADES</b>	Des estudiantes presentaron dificultad en relacionar el tema línea a staff. Un estudiante presenta dificultad para determinar el candidato adecuado en el proceso de selección. Dos estudiantes consideraron que el tema de indicadores de gestión debería tratarse en un tiempo más amplio. Nueve estudiantes expresaron que el tiempo es muy corto para desarrollar la temática de evaluación del desarrollo (desempeño).	Ocho estudiantes a pesar de profundizar en los conocimientos como entrevista de selección, diagnóstico de necesidades de capacitación y medición del clima organizacional, indicaron que no han tenido la oportunidad de complementar con experiencia laboral. Un estudiante manifestó la necesidad de aprender más sobre las regulaciones internas en una empresa. Un estudiante presentó dudas frente a la implementación del plan de carrera en una organización.	Dos estudiantes presentaron dificultad para recopilar información de exposición en actúas del docente. Diez estudiantes expresaron que el tiempo es muy corto para poder desarrollar el último módulo de subtema de control, debido a modificaciones de fechas por parte de la Universidad. Dos estudiantes manifestaron que la elaboración del balance social se les hizo muy complicada.	Des estudiantes manifestaron una inquietud por profundizar más en competencias laborales. Un estudiante desea profundizar en la medición del clima organizacional como apoyo a su trabajo laboral. Dos estudiantes solicitaron asesoría en evaluación del desarrollo para elaborar una propuesta donde laboran.
<b>METAS PROPUESTAS</b>	Trabajar comprometidamente para trabajar en una sesión, la estructura organizacional y su incidencia en la línea a staff. Validar de fuentes de reclutamiento y análisis de resultados para la selección de candidatos. Desarrollar el autoaprendizaje comprendiendo y analizando información sobre indicadores de gestión. Analizar material soporte de la evaluación de desarrollo y asistir al módulo del diplomado.	Realizar práctica empresarial donde se puedan aplicar las temáticas. Reforzar el material existente en el código sustantivo del trabajo e investigar en dos empresas una pública y una privada. Entregar material de reforzamiento y se prevé visita a empresas donde lo aplican.	Entregar la copia del material de exposición por parte del docente. Entregar el material y casos prácticos como soporte de las temáticas del Subtema de control. Entregar para el Balance Social se entrega modelos prácticos de empresas.	Entregar el material sobre el diplomado en competencias laborales. Reforzar con asesoría práctica en la medición del diagnóstico del clima organizacional. Se brinda apoyo en dos sesiones para trabajar en la propuesta de la evaluación del desarrollo.
<b>ACCIONES DE SEGUIMIENTO</b>	Se entregó material sobre estructura organizacional y con casos prácticos se solucionó la dificultad. Para tres cargos se práctica en una empresa real y se propone un proceso de decisión coherente. A través de casos prácticos y debates se demuestra el autoaprendizaje en los indicadores de gestión. Se trabaja el reforzamiento individual y el cual se edara con la participación en el diplomado de gerencia del talento humano.	Se trabaja con casos específicos de la guía práctica, además, se complementa con las visitas empresariales realizadas para aclarar las dudas en esas temáticas. Se cumple con los compromisos adquiridos y se efectúa un análisis comparativo de la empresa pública y privada. Presenta un caso real de plan de carrera, frente a visita de dos entidades financieras.	Se trabaja en el reforzamiento individual y con los casos prácticos se profundiza en la temática. Sobre el material entregado, se realiza una propuesta para una empresa.	Se invita conferencista para reforzar el tema de competencias laborales. Se efectúa seguimiento a la propuesta empresarial. Se concreta acciones de asesoría empresarial.

Cuadro 4. Resultados del Formato de Evaluación para el Desarrollo. Período 2001 - 2004

## Conclusiones

- Se constató la aceptación de los estudiantes a este tipo de evaluación porque la responsabilidad de su aprendizaje está centrada en ellos; al participar dinámicamente desde su percepción y convicción, en todos aquellos aspectos que consideran pertinente manifestar al docente para su mejoramiento. Es de esta forma, donde el rol del docente cambia y se convierte en un orientador cercano que camina junto a ellos durante su vida universitaria.
- La autoevaluación se determinó como una variable fundamental para el proceso de aprendizaje de los estudiantes, ya que ella permite mejorar el perfil competitivo de cada individuo cuando éste se comprometen a participar en su plan de desarrollo.
- Se garantiza el cambio comportamental del estudiante porque el asumen con mayor facilidad las consecuencias de sus propios actos; siendo factible observar y verificar la manera como piensa, actúa y se interacciona con los demás, para perfeccionar su autoaprendizaje.
- Desarrollar el sentido crítico - constructivo del estudiante a través de la aplicación permanente de estrategias participativas en su cuestionamiento como individuo y futuro profesional.

## Bibliografía

1. HINESTROZA, TORRES V. Maria Eugenia, La evaluación para el desarrollo organizacional como soporte al proceso de aprendizaje de los estudiantes universitarios, 2001, Cali, p. 121
2. FLÓREZ, O. Rafael, Evaluación pedagógica y cognición, 1999, Santa fe de Bogotá, p. XX, en la Introducción.
3. GONZÁLEZ GALARZA, Ana María, El enfoque centrado en la persona: Aplicaciones a la educación, 1987, México, p. 60.

4. DELORS, Jacques, La educación encierra un tesoro: De la educación básica a la universidad, 1996, Santillana, p. 18 - 19.
5. STEVEZ, S. Cayetano, Evaluación integral por procesos: Una experiencia construida desde y en el aula, 1996, Santa fe de Bogota, p. 38.
6. COLOMBIA, Ministerio de educación, Plan decenal de educación 1996 – 2005 educación para la democracia, el desarrollo, la equidad y la convivencia, 1996, Santa fe de Bogota, p. 16.
7. ELLIS, Henry, Fundamentos del aprendizaje y procesos cognitivos del hombre, 1980, México, p. 21.
8. SILICEO A. Alfonso, CASARES A. David, GONZÁLEZ m. José Luis, Liderazgo, Valores y Cultura Organizacional: Hacia una organización competitiva, 1999, México, p.220
9. SOTO Eduardo, Comportamiento organizacional, 2001, México, p. 252



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

Vicerrectoría Académica

## PROGRAMAS EN EL ÁREA DE INGENIERÍA

### PREGRADO

Ingeniería Eléctrica  
Ingeniería Mecánica  
Ingeniería Industrial  
Ingeniería de Sistemas y Computación  
Ingeniería Física

### PROGRAMAS EN JORNADA ESPECIAL

(Nocturnos y fines de semana) 6 años  
Ingeniería Mecánica  
Ingeniería Industrial  
Ingeniería de Sistemas y Computación  
Ingeniería Electrónica

### MAESTRÍAS

Sistemas Automáticos de Producción  
Ingeniería Eléctrica  
Enseñanza de la Matemática  
Instrumentación Física  
Biología Vegetal

### ESPECIALIZACIONES

Administración del Desarrollo Humano  
Gerencia de Prevención y Atención de Desastres  
Docencia Universitaria  
Gestión Ambiental Local  
Gestión de la Calidad y Normalización Técnica

### GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN EL ÁREA DE INGENIERÍA

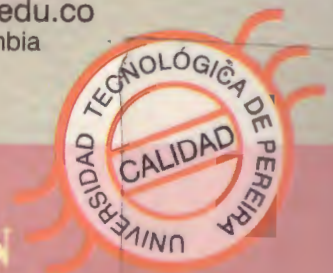
1. PLANEAMIENTO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS (Reconocido en Colciencias)
2. CONTROL E INSTRUMENTACIÓN (Reconocido en Colciencias)
3. SISTEMAS TÉRMICOS Y POTENCIA MECÁNICA (Reconocido en Colciencias)
4. ELECTRÓNICA DE POTENCIA
5. SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE
6. SISTEMA DE POTENCIA FLUIDA Y CONTROL
7. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS
8. INFORMÁTICA
9. DESARROLLO HUMANO Y ORGANIZACIONAL
10. GESTIÓN DE CALIDAD Y NORMALIZACIÓN TÉCNICA
11. ADMINISTRACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA
12. ENSEÑANZA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES (GEIO)
13. CENTRO DE PRODUCTIVIDAD E INVESTIGACIÓN INFORMÁTICA

Centro de Investigaciones y Extensión (CIE) Teléfono 3213292  
correos electrónicos [cie@utp.edu.co](mailto:cie@utp.edu.co) o [lellamo@utp.edu.co](mailto:lellamo@utp.edu.co)

“ Un compromiso  
permanente con  
la CALIDAD ”

Aquí Todos Trabajamos  
para la EXCELENCIA

La Julita ó A.A. 097  
PBX: 3215693 - 3215708 - 3216012  
Fax Conmutador 3213206  
Página web: [www.utp.edu.co](http://www.utp.edu.co)  
Pereira, Risaralda, Colombia



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
CAMINO A LA ACREDITACIÓN  
INSTITUCIONAL